

# Toprak ve iklim

## Organik toprak yönetiminin iklim üzerindeki etkisi

Tarım, iklim değişikliğinde önemli bir rol oynar. Sera gazlarının başlıca üreticilerinden biri olan tarım, küresel ısınmaya katkıda bulunmakla birlikte, iklim değişikliğini hafifletme konusunda da büyük bir potansiyele sahiptir. Aynı zamanda, tarımsal üretim ve çevre, iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından etkilenir.

Organik tarım, tarımı iklim değişikliğine adapte etmenin bir yoludur. Organik tarım yapılan topraklar, konvansiyonel muadillerine göre, iklime zarar veren nitroz oksidi daha az yayar. Aynı zamanda, organik topraklarda bulunan daha aktif ve çeşitli mikrobiyal topluluk, ekinlerin iklimle ilgili stres durumlarına uyum sağlama kapasitesini artırabilir. Azaltılmış toprak işleme, organik çiftliklerin üst toprakta depolanan organik karbon miktarını korumalarına ve artırmalarına yardımcı olabilecek bir toprak organik maddesi yönetim tekniğidir.

### Tarım - iklim değişikliğinde kilit bir oyuncu

#### Atmosferik karbon konsantrasyonunda artış

Diğer sera gazları (SG) arasında karbondioksit (CO<sub>2</sub>), yeryüzündeki ortalama küresel yıllık sıcaklığın +15 °C'de kalmasından ve dolayısıyla bildiğimiz şekliyle yeryüzündeki yaşamdan sorumludur. Ne kadar çok SG varsa, yeryüzünün yüzeyi ve atmosferi o kadar sıcak olur. Son 250 yılda, insanların SG emisyonları, atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 280 ppm'den halihazırda 405 ppm'ye yükselmesine yol açmıştır. Bu artışa, (2017'ye kadar) yıllık ortalama küresel sıcaklıkta 1 °C'lik bir artış eşlik etmektedir. Örneğin İsviçre'de aynı dönemde 2 °C'lik bir sıcaklık artışı kaydedtik!

#### Tarımdan kaynaklanan yüksek emisyonlar

Tarım, küresel SG emisyonlarının %11,2'sine doğrudan neden olmaktadır<sup>(1)</sup>. Ancak, kimyasal gübre ve pestisit gibi tarımsal girdilerin sağlanması ve hayvan yemi üretimi için ormansızlaşmadan kaynaklanan emisyonlar gibi dolaylı emisyonlar da dahil edildiğinde sektör, küresel SG emisyonlarının %21-37'sine katkıda bulunmaktadır<sup>(2)</sup>. İsviçre'de tarım, 2018 yılında toplam SG emisyonlarının %12,8'inden sorumludur. <sup>(3)</sup> Şekil 2, 2015 yılında İsviçre tarımından kaynaklanan emisyonların dağılımını göstermektedir<sup>(4)</sup>. Şeklin sadece yeşil kısımları resmi olarak tarım sektörüne atanan emisyonları temsil ederken, şekil aynı zamanda arazi kullanımı değişiklikleri, yakıtlar ve yanıcı maddelerden kaynaklanan dolaylı tarımsal emisyonların yanı sıra gübre üretimi vb. kaynaklı emisyonları da göstermektedir.

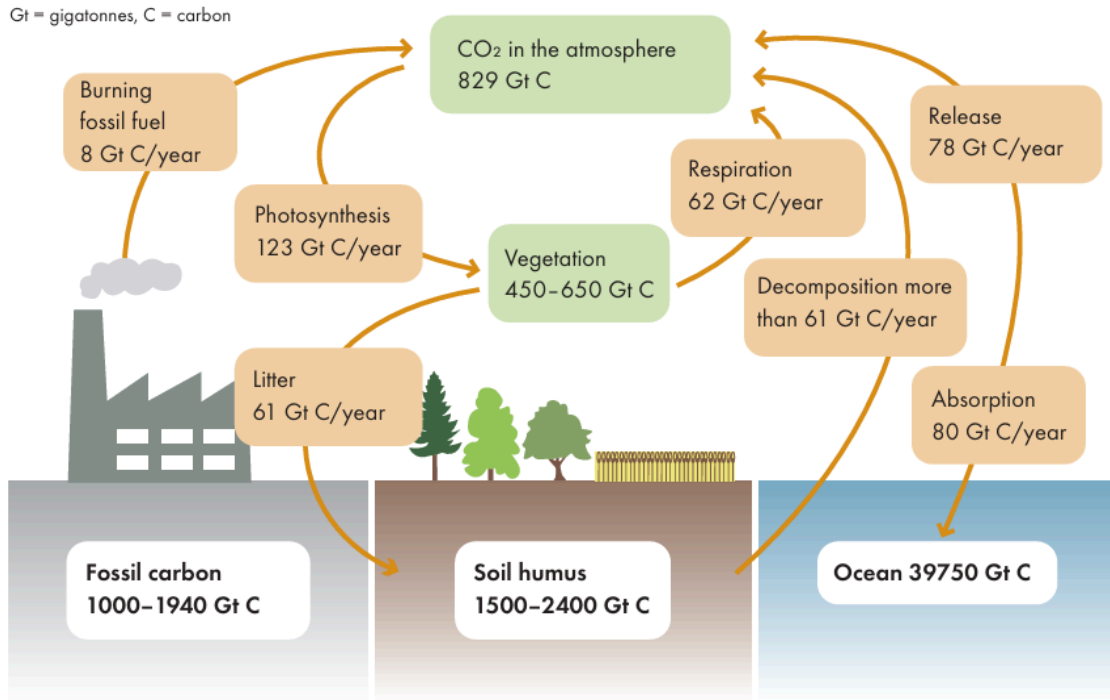
**Sera gazları:** Dünya atmosferindeki başlıca SG'ler, su buharı, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve nitroz oksit (N<sub>2</sub>O). CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O, insan faaliyetlerinden en çok etkilenen SG'lerdir. Buna karşılık, su buharı ve ozon konsantrasyonları uzun vadede sabittir veya insanlardan sadece dolaylı olarak etkilenir. Tarımdan kaynaklanan küresel SG emisyonlarının %46'sı N<sub>2</sub>O, %45'i CH<sub>4</sub> ve %9'u CO<sub>2</sub>'dir.

Florokarbonlar, yalnızca insan faaliyetleriyle üretilen tek SG'lerdir. Atmosferde yalnızca düşük konsantrasyonlarda bulunurlar, ancak son derece yüksek ısınma potansiyelleri nedeniyle (CO<sub>2</sub>'den 14.800 kata daha yüksek) iklim üzerinde önemli bir etkiye sahiptirler. Biyolojik ayrışma ve solunum süreçlerinden kaynaklanan CO<sub>2</sub> büyük ölçüde fotosentez ile dengelenmektedir. Orman veya otlak alanlardan ekilebilir alanlara doğru arazi kullanım değişikliği, fosil yakıtların yakılması ve kireçleme, insan faaliyetlerinden kaynaklanan başlıca CO<sub>2</sub> kaynaklarıdır. CH<sub>4</sub>, esas olarak topraktaki anaerobik ayrışma süreçlerinden (çeltik ekimi ve sulak alanlar) ve geniş getiren hayvanların anaerobik sindirim süreçlerinden kaynaklanır ve N<sub>2</sub>O, organik veya endüstriyel kaynaklı olsun, özellikle anoksik koşullar altında azotlu gübrelerin uygulanması sırasında ve hemen sonrasında üretilir.

**CO<sub>2</sub> eşdeğerleri:** CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O SG'leri farklı küresel ısınma potansiyellerine (KIP) sahiptir. KIP'lerini karşılaştırmak için ve tüm sektörlerde CO<sub>2</sub> açık ara en önemli sera gazı olduğundan, CO<sub>2</sub> için KIP 1'e eşit olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, metanın (CH<sub>4</sub>) KIP'si 24 ve N<sub>2</sub>O'nin 298'dir. KIP tanımı, SG'lerin atmosferdeki ömürlerini içerir.

**Gigaton (Gt):** Gigaton, SG miktarları için yaygın olarak kullanılan bir birimdir. Bir gigaton 1.000.000.000 ton (1 milyar) olup 1×10<sup>15</sup> veya bir trilyon grama karşılık gelmektedir. Aynı büyüklük için kullanılan bir başka terim de bir petagramdır (Pg).

Humus ve toprak organik maddesini, ölçülen organik karbonun 1,72 ile çarpımına dayanarak eş anlamlı olarak kullanmaktayız.



Humus oluşumu ve ayrışması, iklimle ilgili karbon döngüsünde önemli bir rol oynar. Atmosferin CO<sub>2</sub> içeriği halihazırda yılda 3.3Gt C artmaktadır. Açık ara en büyük karbon yutağı olan karbonat kayaları ile C değiş tokuşu çok daha yavaştır ve bu nedenle burada listelenmemiştir. Kaynak: Heinz Flessa tarafından tasarlanan grafik, FiBL tarafından IPCC verileri kullanılarak uyarlanmıştır<sup>[2]</sup>

### Şekil 1 - Küresel karbon döngüsünün basitleştirilmiş gösterimi

Gt = gigaton, C = karbon

Yanan fosil yakıt 8 Gt C/yıl  
Atmosferdeki CO<sub>2</sub> 829 Gt C  
Fotosentez 123 Gt C/yıl  
Bitki örtüsü 450–650 Gt V  
Solunum 62 Gt C/yıl  
Salınım 78 Gt C/yıl  
Ayrışma yılda 61 Gt C'den fazla  
Çöp 61 Gt C/yıl  
Emilim 80 Gt C/yıl

Fosil karbon 1000–1940 Gt C  
Toprak humusu 1500–2400 Gt C  
Okyanus 39750 Gt C

#### Toprak - önemli bir CO<sub>2</sub> yutağı

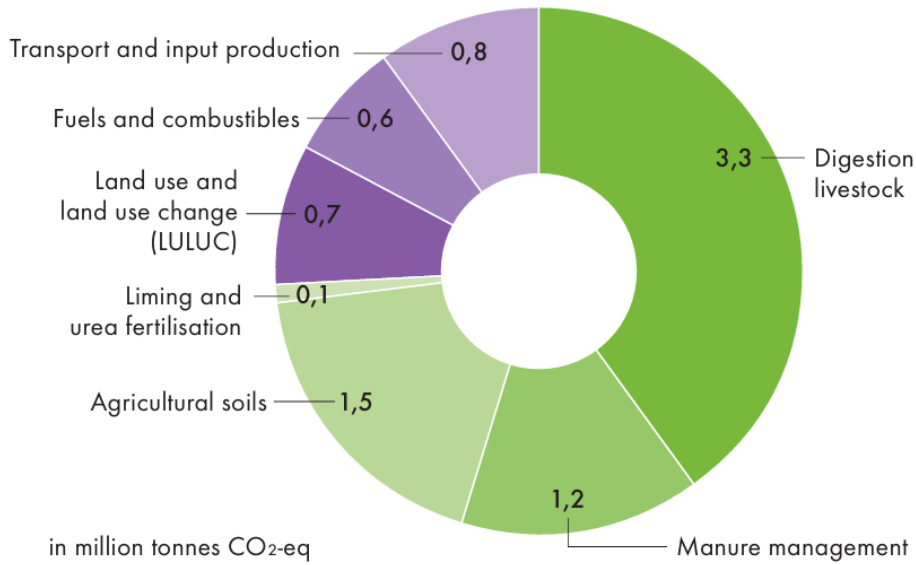
2018 yılında dünya çapında 34 gigatona eş değer CO<sub>2</sub> salınımı gerçekleşmiş olup, bunun büyük bir kısmı fosil yakıtların yanması yoluyla gerçekleşmiştir. Küresel karbon döngüsü bağlamında, bu yıllık emisyonlar aslında oldukça düşüktür (Şekil 1). Yeryüzünde toplam 75 milyon Gt karbon bulunmaktadır ve bunun %99.94'ü kireçtaşına bağlıdır. 0.05'i okyanuslarda ve sadece %0.0037'si

topraklarda bağlıdır. Topraklar, atmosfer ve karasal biyokütlenin toplamından iki kat daha fazla karbon içerir ve her biri %0.001'i temsil eder (Şekil 1). Çeşitli kaynaklardan ve sera gazlarından kaynaklanan emisyonları karşılaştırmak için CO<sub>2</sub> birleşik para birimi olarak kullanılır ve genellikle CO<sub>2</sub>-eş değeri (CO<sub>2</sub>-eq.) olarak ifade edilir.

İnsanlar sadece atmosferin, toprağın ve bitki örtüsünün karbon içeriğini etkileyebilir. Bu bağlamda tarım, iklim değişikliğinin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Toprak organik maddesi oluşturularak atmosferden daha fazla CO<sub>2</sub> tutulur. Toprak karbon havuzundaki küçük değişiklikler iklim üzerinde önemli etkilere sahip olabilir.

Ancak bunun ötesinde tarım, insan kaynaklı iklim değişikliğini hafifletmek için daha fazla strateji sunarken, tarımsal üretimin halihazırda harekete geçmiş olan değişen iklim koşullarına uyum sağlamasına olanak tanır.

## Şekil2: 2015'te İsviçre tarımının sektörler arası toplam sera gazı emisyonları



Çiftlik hayvanlarının sindiriminden (geviş getiren hayvanlardan kaynaklanan metan), çiftlik gübresi yönetiminden, tarımsal topraklardan (gübreler ve turba toprakların kullanımı) ve kireçleme ve üreyle gübrelemeden kaynaklanan emisyonlar, ulusal sera gazı envanterinin tarım sektöründe raporlanmaktadır. Arazi kullanımı ve arazi kullanım değişikliği ise arazi kullanımı sektöründe; yakıtlar, ulaşım ve girdi üretimi ise enerji sektöründe raporlanmaktadır<sup>[4]</sup>.

Ulaşım ve girdi üretimi  
Yakıtlar ve yanıcı maddeler  
Arazi kullanımı ve arazi kullanım değişikliği (LULUC)  
Kireçleme ve üreyle gübreleme  
Tarımsal topraklar  
Çiftlik hayvanlarının sindirimi  
Gübre yönetimi

milyon ton CO<sub>2</sub>-eş değer

## Organik tarım - iklim dostu bir alternatif

İsviçre Therwil'deki DOK deneyi, İsviçre Frick'teki toprak işleme deneyi, literatür çalışmaları (meta analizler), AB Horizon 2020 projesi iSQAPER'den elde edilen sonuçlar ve Agroscope tarafından yapılan çiftlik karşılaştırmaları gibi uzun vadeli deneyler, organik tarımın iklime etkisine ilişkin aşağıdaki sonuçların çıkarılmasına olanak tanımaktadır:

- Rotasyonunda ot-yonca bulunan ve gübre olarak hayvan gübresi ve bulamaç kullanılan organik çiftlikler, toprak organik maddesinin korunması veya artırılması için iyi koşullar sunar.
- Organik tarımda azaltılmış toprak işleme, üst topraklarda toprak organik maddesini biriktirebilir.
- Daha düşük azot girdileri ve iyileştirilmiş toprak verimliliği sayesinde, organik tarımda nitroz oksit emisyonları konvansiyonel tarıma göre %40 daha düşüktür.



Organik tarım, toprak organik maddesinin oluşmasına yardımcı olarak toprak verimliliğinin, yapısının ve su tutma kapasitesinin geliştirilmesine katkıda bulunur. Böylece toprağın uzun vadeli performansını garanti altına alır, ekinler için su teminini artırır ve erozyondan kaynaklanan toprak kayıplarını azaltır.

- Topraktaki daha çeşitli ve aktif mikrobiyal topluluklar sayesinde, organik olarak ekilen topraklar, kuraklık stresi sırasında bitkide kullanılabilir azotu organik kaynaklardan daha verimli bir şekilde mineralleştirir. Bu nedenle iklim değişikliğinden kaynaklanan tehditlere daha iyi adapte olurlar.
- Birim verim başına, DOK denemesindeki organik çiftçilik sistemleri, konvansiyonel sistemlere göre %19 daha az enerji kullanmıştır. Birim arazi başına enerji kullanımı, konvansiyonel sistemlere göre %30-50 daha düşük olmuştur.

## Humus ile daha fazla karbon tutma

Kapsamlı bir literatür taramasında, organik tarım yapılan toprakların konvansiyonele kıyasla hektar başına yıllık 170-450 kg daha fazla karbon depoladığı gösterilmiştir<sup>[5]</sup>. Aradaki fark temel olarak ekilebilir rotasyonlarda yonca-çim ekiminden ve organik gübrelemeden kaynaklanmaktadır.

Topraktaki daha yüksek humus içeriği, toprağın su sızma ve depolama kapasitesinin yanı sıra toprak agregatlarının stabilitesini de artırarak toprak erozyonunu önler<sup>[6]</sup>. Ayrıca, toprak organik maddesinin aktif oranı bitki sağlığını iyileştirebilir<sup>[7,8]</sup>.

Organik ve konvansiyonel çiftçilik sistemleri arasında dünya çapında yapılan en uzun karşılaştırmalı deneme olan, İsviçre'de Basel yakınlarındaki DOK denemesinin 40 yıllık süresi boyunca 2.000 toprak örneğinin analizlerine göre:<sup>(1)(9)(10)(11)</sup>

- Humus içeriği, tamamen mineral gübreleme ile yapılan konvansiyonel yetiştiricilikte önemli ölçüde azalır.
- Humus içeriği, tamamen mineral gübreleme ile yapılan konvansiyonel yetiştiricilikte önemli ölçüde azalır.
- Hem organik hem de mineral gübrelemenin kullanıldığı konvansiyonel yetiştiricilikte ve organik yetiştiricilikte humus içeriği neredeyse sabit kalmaktadır.

DOK denemesinde 42 yıl boyunca altı ürün rotasyonu döneminin ortalaması olarak tüm ekinlerin verimi, konvansiyonel sistemlere kıyasla organik sistemlerde %20 daha düşük olmuştur. Bu, önemli ölçüde daha düşük gübre kullanımı ve sentetik kimyasal pestisitler olmadan elde edilmiştir.

## Azaltılmış toprak işleme – azaltılmış emisyonlar

Azaltılmış toprak işleme sadece toprağın korunması için iyi değildir, aynı zamanda iklimin korunması için de potansiyele sahiptir. Derin sürüm yerine toprağın daha sık, çoğunlukla ters yüz etmeden işlenmesiyle humus içeriği, sürümlü organik tarıma kıyasla önemli ölçüde artabilir<sup>[11]</sup>. FiBL'in Frick'teki 13 yıllık toprak işleme denemesinde, üst 50 cm'deki humus içeriği %8 oranında artmıştır. Deneyin tüm süresi boyunca humus içeriği, azaltılmış toprak işlemeyle hektar başına yıllık yaklaşık 700 kg karbon artarken sera gazı emisyonları sabit kalmıştır<sup>[12,13]</sup>.

İsviçre Ulusal Araştırma Programı "NRP 68 Toprak Kaynakları" çerçevesinde yapılan bir çalışmada, 60 adet, pulluk kullanılan organik, pulluk kullanılan konvansiyonel ya da toprak işlemesiz konvansiyonel kışlık buğday tarlasından alınan toprak örnekleri karşılaştırılmıştır<sup>(1)(14)(1)</sup>. Çalışma, organik tarımın humus oluşumunu üst toprak katmanlarında toprak işlemesiz konvansiyonel tarım kadar iyi desteklediğini göstermiştir. Toprak işlemesiz çiftliklerde hiç pulluk kullanılmamakta, ancak yabancı otlar, glifosat içeren Roundup herbisiti ile kimyasal olarak kontrol edilmektedir. Toprak işlemesiz ve konvansiyonel çiftliklerle karşılaştırıldığında, organik çiftliklerin toprakları daha aktif ve karmaşık bir biyolojik topluluğa sahiptir<sup>[15]</sup>.



Doğrudan karşılaştırma: solda pulluk ile geleneksel toprak işleme ve sağda kültivatör ile azaltılmış toprak işleme.

## Daha düşük nitroz oksit emisyonları

Organik ve konvansiyonel tarlaların topraklarından  $N_2O$  emisyonlarına ilişkin bilimsel literatürün bir meta çalışma, organik arazi birimi başına konvansiyonelden daha az  $N_2O$  yaydığını, ancak verim birimi başına biraz daha fazla  $N_2O$  yayıldığını göstermektedir<sup>[16]</sup>. Bu meta çalışmaya göre, verimle ilgili  $N_2O$  emisyonlarını konvansiyonel sistem seviyesine indirmek için organik üretimde %9'luk bir verim artışı gerekli olacaktır.

FiBL tarafından 40 yıllık DOK denemesinde yürütülen bir çalışma<sup>[16]</sup>, organik ve biyodinamik sistemlerde alanla ilgili  $N_2O$  emisyonlarının konvansiyonel sistemlere göre ortalama %40 daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, özellikle biyodinamik sistemde daha düşük N gübrelemesi ve daha iyi toprak kalitesi ile açıklanabilir<sup>[17]</sup>.



Sera gazlarının bir buğday tarlasına yerleştirilen gaz geçirmez haznelerde tutulması. Haznelerdeki SG gaz birikimi, art arda birkaç gaz örneği alınarak ölçülür. Bunlar laboratuvara getirilir ve burada gaz kromatografisi ile analiz edilir.

## Organik topraklar iklim değişikliğine daha iyi uyum sağlar

İklim değişikliğinin daha şiddetli yağışlara ve kuraklıklara yol açması muhtemeldir. FiBL araştırma sonuçları, organik olarak ekilen toprakların, konvansiyonel muadillerine göre bu zorluklara daha iyi uyum sağladığını göstermektedir.

Örneğin, DOK denemesindeki organik topraklar, daha yüksek humus içeriğinin bir sonucu olarak daha iyi agregat stabilitesi göstermektedir<sup>[18]</sup>. Dolayısıyla, bu topraklar şiddetli yağış olaylarından kaynaklanan erozyona karşı daha iyi korunmaktadır.

Yapılan bir literatür taraması, organik olarak yönetilen topraklardaki mikrobiyal aktivitenin, proteaz aktivitesi de dahil olmak üzere konvansiyonel topraklara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur<sup>[19]</sup>. Proteaz, organik olarak bağlı azotun mineralizasyonunu katalizleyen bir enzimdir. FiBL'den araştırmacılar, DOK deneyinden elde edilen topraklarla yapılan bir saksı deneyinde, kuraklık stresi koşulları altında, konvansiyonel tarım topraklarına kıyasla organik tarım topraklarının yeşil gübreden elde edilen azotu %30 daha fazla mineralleştirdiğini göstermiştir<sup>[20]</sup>. Organik olarak ekilen toprakların gelişmiş mineralizasyon performansı, mikroorganizma çeşitliliğinin artmasıyla açıklanabilir. Yakın zamanda yayınlanan bir çalışma, daha çeşitli mikrobiyal topluluklar sayesinde, ekilebilir topraklar ve çayır topraklarında geniş çaplı ekimin kuraklık stresine karşı daha iyi adaptasyona yol açtığına dair bu bulguyu doğrulamaktadır<sup>[21]</sup>. Daha başka FiBL çalışmaları, bakteriyel ve fungal inokülantların düşük girdili sistemlerde, özellikle Akdeniz ve kuru subtropikal iklimde verimi önemli ölçüde artırdığını göstermiştir<sup>[22],[23],[24]</sup>. Bu durum, bu inokülantların düşük girdili sistemlerde ekin performansı ve verimle ilgili iklim dengesi için potansiyelini göstermektedir.

## Organik - daha enerji verimli

Kaynak kullanım verimliliği, bir üretim sisteminin sürdürülebilirliğinin temel bir göstergesidir. Enerji verimliliğini hesaplamak için, doğrudan enerji kullanımına (örneğin traktörler için yakıt) ek olarak, girdileri (örneğin gübre veya pestisitler) üretmek için gereken dolaylı enerji de dikkate alınır.

DOK denemesindeki organik tarım yöntemleri, altyapı ve makineler için konvansiyonel tarıma göre birazcık daha fazla enerji gerektirirken (örneğin mekanik çapalama ve tırmıklama için), gübre ve pestisitler için çok daha az enerji gerektirmektedir. Organik çiftçilik sistemleri, 20 yıl boyunca ortalama olarak bir verim birimi üretmek için %19 daha az enerjiye ihtiyaç duymuştur<sup>[25]</sup> ve arazi alanına bağlı olarak bu oran %30-50 daha da azdır.



Daha yüksek humus içeriğine ve gelişmiş agregat stabilitesine sahip organik topraklar, iklim değişikliğinin neden olduğu aşırı hava olaylarıyla daha iyi başa çıkmaktadır. Karşılaştırma için, bir yağmur olayından sonra DOK deneyinden iki fotoğraf: solda, gübre uygulaması olmadan konvansiyonel yetiştiricilik ve sağda, kompost gübre uygulaması ile biyodinamik yetiştiricilik.

## Sonuçlar

### İklim azaltma potansiyellerinden daha iyi yararlanmak

Sonuç olarak, organik ilkelere göre toprak yönetimi, tarımın iklim üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmakta ve organik çiftçilik sistemleri iklim değişikliğine daha iyi adapte olmaktadır.

Organik koşullar altında (herbisitler olmadan) azaltılmış toprak işleme, organik tarımı daha da iklim dostu hale getirmek için hayati bir araçtır. Ancak, yabancı ot kontrolünü daha da verimli hale getirmek için yoğun araştırmalara ihtiyaç vardır<sup>[11,26]</sup>. Hassas tarım tekniklerinde büyük bir potansiyel yatmaktadır.

Organik tarımın iklim etkisi açısından göreceli avantajı büyük ölçüde arazinin verimliliğine bağlıdır; bu da konvansiyonel koşullarda reaktif azot ve pestisit eklenerek yönetilebilir. Burada organik tarımın, daha düşük verim nedeniyle arazi gereksinimi daha yüksektir. Bu nedenle, uyarlanmış çeşitler için ıslah, daha etkili organik bitki koruma ve kentsel yeşil atık kompostu ve biyogaz üretiminden elde edilen digestatların gübre olarak kullanılması yoluyla organik tarımın daha da geliştirilmesi belirleyicidir. Biyogübrelerin ekin verimini artırma potansiyelinden, özellikle kurak ekosistemlerde hala yararlanılması gerekmektedir. FiBL araştırmacıları, organik tarımın yaygınlaştırılmasıyla mevcut tarım arazilerinin erozyona karşı daha iyi korunması sayesinde önemli ekolojik faydalar elde edilebileceğini göstermiştir. Dünya genelinde her yıl 10 milyon hektar ekilebilir arazi, rüzgar ve su erozyonu nedeniyle kalıcı olarak kaybedilmektedir. Bu nedenle organik tarım yapılan alanın daha da genişletilmesi, toprağın korunması açısından da önemlidir<sup>[27]</sup>.

Bununla birlikte, toprağın ve iklimin etkili bir şekilde korunması, gıda israfının ve insanlar aynı gıda maddeleri (tahıllar, mısır ve soya fasulyesi) için rekabet ettiği için, özellikle domuz ve kümes hayvanlarından elde edilen et tüketiminin azaltılması gibi daha fazla önlem alınmasını gerektirmektedir. Bunu yaparken, küresel ekilebilir arazi alanının organik tarımdaki artışla genişletilmesi gerekmeyecektir<sup>[28]</sup>.

Genel olarak organik tarım, halihazırda iklimin korunmasına önemli bir katkıda bulunmakta ve aynı

zamanda halihazırda devam etmekte olan iklim değışikliklerine daha iyi uyum sağlamaktadır.



FiBL Araştırması: Frick azaltılmış toprak işleme deneyinde çiftlik gübresi uygulaması. SG emisyonları, en yüksek emisyonların beklendiği olaylarda ölçülür.

## Açık sorular

Bazı alanlarda hala bilimsel açıklama ihtiyacı bulunmaktadır.

- Toprak organik maddesi ve toprak kalitesi alanında, bitki beslenmesini hesaba katarak belirli bir toprağın humus içeriğini stabilize etmek, humus üretimini artırmak için optimum gübreleme sağlamak ve optimum humus içeriğini sağlamak için projeler devam etmektedir.
- SG emisyonları alanında, tüm ürün rotasyonları boyunca ve gübre depolama ve uygulama sırasında ve ayrıca hayvancılıktan kaynaklanan metan emisyonları için emisyon ölçümlerine ihtiyaç vardır.
- Siyasi alanda, gıda güvenliği, iklimin korunması, biyoçeşitlilik ve kaynak verimliliğine göre tarımın teşvik edilmesi için en uygun araçlara ilişkin araştırmalar yürütölmektedir.

## Referanslar

- 1 Tubiello et al. (2015). The Contribution of Agriculture, Forestry and other Land Use activities to Global Warming, 1990-2012. *Global Change Biology* 21, 2655-2660.
- 2 IPCC, (2019). *Climate Change and Land - Summary for Policymakers*.
- 3 FOEN (2020). *Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2018: National Inventory Report and reporting tables (CRF). Submission of April 2020 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol*. Federal Office for the Environment, Bern.
- 4 AgroCleanTech, (2019). *Übersicht der landwirtschaftlichen Treibhausgase inkl. Vorleistungen, Treib- und Brennstoffen und Bodenkohlenstoff (LULUC) 2015*.  
[https://www.agrocleantech.ch/images/Klimaschutz/Treibhausgasemissionen\\_Landwirtschaft/THG\\_2015\\_Kreisdiagramm\\_gross.png](https://www.agrocleantech.ch/images/Klimaschutz/Treibhausgasemissionen_Landwirtschaft/THG_2015_Kreisdiagramm_gross.png).

- 5 Gattinger et al. (2012). Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *Proceedings of the National Academy of Science*, 109: 18226-18231.
- 6 Bünemann, et al. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry* 120, 105-125.
- 7 Bongiorno et al. (2019a). Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. *Ecological Indicators* 99, 38-50.
- 8 Bongiorno et al. (2019b). Soil suppressiveness to *Pythium ultimum* in ten European long-term field experiments and its relation with soil parameters. *Soil Biology & Biochemistry* 133, 174-187.
- 9 Mäder et al. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296, 1694-1697.
- 10 Fliessbach et al. (2007). Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture Ecosystems & Environment* 118, 273-284.
- 11 Cooper et al. (2016). Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 36: 22.
- 12 Krauss et al. (2017). Impact of reduced tillage on greenhouse gas emissions and soil carbon stocks in an organic grass-clover ley - winter wheat cropping sequence. *Agriculture Ecosystems & Environment* 239, 324-333.
- 13 Krauss et al. (2020). Enhanced soil quality with reduced tillage and solid manures in organic farming – a synthesis of 15 years. *Scientific Reports* volume 10, Article
- 14 Büchi, L., Walder, F., Banerjee, S., Colombi, T., van der Heijden, M.G.A., Keller, T., Charles, R., Six, J., 2022. Pedoclimatic factors and management determine soil organic carbon and aggregation in farmer fields at a regional scale. *Geoderma* 409, 115632.
- 15 Banerjee et al. (2019). Agricultural intensification reduces microbial network complexity and the abundance of keystone taxa in roots. *The ISME journal*, doi.org/10.1038/s41396-019-0383-2.
- 16 Skinner et al. (2014). Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management — A global meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 468–469: 553-563.
- 17 Skinner et al. (2019). The impact of long-term organic farming on soil-derived greenhouse gas emissions. *Scientific reports*, 9(1), 1702.
- 18 Siegrist et al. (1998). Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long-term field study on loess in Switzerland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 69, 253-264.
- 19 Lori et al. (2017). Organic farming enhances soil microbial abundance and activity – A meta-analysis and meta-regression. *PloS one* 12, e0180442.
- 20 Lori et al. (2018). Distinct nitrogen provisioning from organic amendments in soil as influenced by farming system and water regime. *Frontiers in Environmental Science*, 1-14.
- 21 Lori et al. (2020). Compared to conventional, ecological intensive management promotes beneficial proteolytic soil microbial communities for agro-ecosystem functioning under climate change-induced rain regimes. *Scientific Reports* volume 10, Article number: 7296
- 22 Mäder et al. (2011). Inoculation of root microorganisms for sustainable wheat–rice and wheat–black gram rotations in India. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(3), pp.609-619.
- 23 Schütz et al. (2018). Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization—A global meta-analysis. *Frontiers in plant science*, 8, p.2204.
- 24 Mathimaran et al. (2020). Intercropping transplanted pigeon pea with finger millet: Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria boost yield while reducing fertilizer input. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, p.88.
- 25 Nemecek et al. (2011). Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural systems*, 104(3), 217-232.
- 26 Armengot et al. (2015). Long-term feasibility of reduced tillage in organic farming. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1), 339-346.
- 27 Bai et al. (2018). „Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China.“ *Agriculture, Ecosystems & Environment* 265: 1-7.
- 28 Muller et al. (2017). Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature communications*, 8(1), 1290.

## Künye

Yayıncı: Research Institute of Organic Agriculture FiBL Ackerstrasse 113, P.O. Box 219, CH-5070 Frick

Tel. 062 865 72 72, info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Yazarlar Paul Mäder, Markus Steffens, Maike Krauss, Andreas Fliessbach, Hans-Martin Krause, Colin Skinner, Martina Lori, Giulia Bongiorno, Matthias Klais, Christine Arncken, Hansueli Dierauer, Else Bünemann, Adrian Müller, Urs Niggli, Andreas

Gattinger

Editör: Vanessa Gabel, Jeremias Lütold (FiBL)

Tasarım: Brigitta Maurer (FiBL)

Editör: Lauren Dietemann

Fotoğraflar: Thomas Alföldi (FiBL İsviçre): s. 3, s. 5(1), Hansueli Dierauer (FiBL İsviçre): s. 4, Andreas Fliessbach (FiBL İsviçre):

s. 6, Matthias Klaiss (FiBL İsviçre): s. 1, Else Bünemann (FiBL İsviçre): s. 5 (2), Alfred Berner (FiBL İsviçre): s. 7

FiBL Sipariş No: 1349

ISBN-Download: 978-3-03736-432-1

Broşür, [shop.fibl.org](http://shop.fibl.org) adresinden ücretsiz olarak indirilebilir. © FiBL 2022