



Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

Anadolu Journal of Agricultural Sciences

<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/omuanajas>



Derleme/Review

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 30 (2015) 307-316

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/anajas.2015.30.3.307-316



Tarımsal mekanizasyon, erozyon ve karbon salınımı: Bir bakış

Yasemin Vurarak*, M. Emin Bilgili

Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana, Türkiye

*Sorumlu yazar/corresponding author: yvurarak@hotmail.com

Geliş/Received 05/12/2014

Kabul/Accepted 29/06/2015

ÖZET

Küresel ısınma ve iklim değişikliği nedeniyle sulmuş ve kuru tarım alanları için farklı stratejilerin geliştirilip uygulanmasına ihtiyaç vardır. Türkiye’de kuru tarım alanları, sulmuş tarım alanlarından daha fazladır. Kuru tarım alanlarının eğimleri genel olarak %9-12 civarındadır. Bu alanlarda %14’ünde hafif, %20’sinde orta, %63’ünde şiddetli ve çok şiddetli derecede erozyon görülmektedir. Erozyon geri dönüşü olmayan toprak ve karbon kayıplarını artırarak arazilerin bozulmasına, toprakların verimsizleşmesine ve uzun vadede iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Spesifik bölgelerde toprak organik karbonun izlediği yolları doğru tespit etmek oldukça önemlidir. Organik karbon uygun şartlarda çok uzun süre topraklarda muhafaza edilebilir. Ancak arazi kullanımındaki değişim ve yoğun toprak işleme ile artan erozyon toprağın karbon stoklarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu alanlarda farklı tarımsal uygulamalar ve toprak şartlarında göre organik karbon kayıpları ve karbondioksit salınımının tespit edilmesini amaçlayan yeni araştırmalar yapmak önem arz etmektedir. Tarım makinalarının kullanımı ile meydana gelen organik karbon kayıpları ve karbondioksit salınımı ile ilgili farklı sonuçları içeren ulusal ve uluslararası pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu derlemede sulmuş ve kuru tarım alanlarında yapılan tarımsal uygulamalar değerlendirilerek elde edilen sonuçlara göre kuru ve eğimli tarım alanları için bir yol haritası oluşturulması amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler:

Erozyon
Karbon salınımı
Kuru Tarım
Tarımsal mekanizasyon

Agricultural mechanization, erosion and carbon emission: A review

ABSTRACT

It is essential to develop and application of different strategies for irrigated and dry agricultural areas because of global warming and climate change. Dry farming areas in Turkey is more than irrigated area. The slope of this areas is generally more than 9-12%. It can be observed mild erosion, moderate erosion, severe and more severe erosion in this respectively 14%, 20%, 63%. Increasing irreversible soil and carbon loss, erosion causes land degradation, infertile soil and climate change in long-term. Identify of the paths of the soil organic carbon accurately in the specific regions is important. Organic carbon can be preserved for a long time in the soil in suitable. However, changes in land use and with intensive tillage is caused significant decrease in soil carbon stacks. It is important to make new researches on organic carbon loss and carbon dioxide emissions, and this researches should be on different applications and soil conditions. There are lots of national and international literatures on carbon losses and carbon dioxide emission by uses of agriculture mechanization. According to this results we aimed to determine the applications for dry and slope farmland.

Keywords:

Erosion
Carbon emission
Dry farming
Agricultural mechanization

© OMU ANAJAS 2015

1. Giriş

21. Yüzyılın en önemli konularından biri olan sera gazı etkileri ve küresel ısınma, toprak, insan, iklim unsurlarının yanlış etkileşimiyle ortaya çıkan atmosferik bir olaydır. Birçok literatürde belirtildiği gibi, küresel ısınmanın ana nedenlerinin %75’ini fosil yakıtların kullanımına bağlı

olarak büyüyen şehirleşme, endüstri ve ulaşım, geriye kalan %25’ini ise tarımsal faaliyetler oluşturmaktadır (Maccracken, 2001; Houghton, 2005; Pathak ve Wassmann, 2007). Bu %25’lik pay, sera gazı etkisi ve küresel ısınma, hayvancılık faaliyetleri ve tarımsal üretimde topraklarının işlenmesi, işleme sırasında kullanılan motorların egzoz gazları, gübre miktarları, sulama şekli, toprağın yapısı,

eğimi, nemi, sıcaklığı gibi birçok bileşeni bir araya getiren faktörlerin bütününe geniş bir çerçeveden bakılmasını gerekliliğini kanıtlamaktadır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Raporu'na (IPCC) göre; atmosfere karbon salarak dünyayı en çok kirleten ilk üç ülke 5.5 milyar ton ile ABD, 2.8 milyar ton ile Rusya ve 1.3 milyar ton ile Japonya gibi sanayileşmiş ülkeler olduğu bildirilmiştir. Türkiye bu sıralamada 2004 yılında atmosfere bıraktığı 294 milyon ton ile 13'ncü olarak üst sıralarda yer almıştır. Raporda Türkiye'nin 1990-2004 yılları arasında %72,6'lık bir artış kaydederek atmosferi kirletme konusunda dünyada en hızlı artış kaydeden ülke olmasını endişe verici olarak değerlendirmektedirler (Anonim, 2015a).

Tarım, atmosfer şartlarından direk etkilenerek çalışan bir fabrikadır. Tarımsal üretim teknikleri ne kadar gelişirse gelişsin iklimsel faktörler tarımsal üretimi önemli ölçüde etkilemeye devam edecektir (Kaplukan, 2013). İnsanoğlunun yaşamını sürdürebilmesi için güvenli çevre ve güvenli gıdaya ihtiyacı vardır. Artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak için geliştirilen tarım teknikleri ile bir noktaya kadar verimlilik artışı sağlanmış ancak uzun vadede verimliliğin küresel ısınmaya dönüşmesiyle kendi canavarını da yaratmıştır. Çoğu araştırmacı yapmış oldukları çalışmalarda ileri tarım teknikleri altında geliştirilen bazı uygulamaların artık toprak, su ve çevre sağlığını tehdit etmeye başladığını bildirmektedirler. Doğrudan ekim sisteminin uygulanması sırasında yabancı ot miktarındaki artışı önlemek amacıyla kimyasal kullanımında artış ya da toprağın havalanması ve daha iyi bir tohum yatağı hazırlamak için kullanılan toprak işleme aletleri ile gevşetilen topraktan CO₂ salınımının artması gibi örnekler bu fikri doğrulamaktadır.

Tarımsal faaliyetler, toplam küresel ısınmanın %25'inden sorumlu olmasına rağmen, etkileri hem atmosferde hem de maliyeti hesaplanamaz doğal bir kaynak olan topraklarda yüzyıllarca kalıcı olmaktadır. Dolayısıyla konuyla ilgili alınacak tedbirler, yapılacak uygulamalar ya da yaptırımlar hayati derecede gereklidir. Konunun hayati olduğunu düşünen ülkeler, karbon stoklarını korumaya yönelik tedbirler (özellikle orman ve mera alanlarını koruma ve erozyonu önleyici tedbirler) almaya başlamışlardır. Ayrıca karbon salınımını azaltıcı uygulamalar (azaltılmış toprak işleme, uygun dozlarda gübre kullanımı vb) ve karbon tutulumunu artırıcı (hayvansal ve tarımsal atık ve artıkların yeniden kullanımı, organik madde miktarını artırmak, toprak işlemeyi azaltmak vb.) çalışmalara da hız verilmiştir. Kısaca, dünyada bir karbon bütçesi ve piyasası platformu oluşturulmuş, bu piyasada etkin rol oynamak isteyen ülkeler bir araya gelmişlerdir.

Karbon canlılığın ana yapı taşıdır. Karbon ve oksijenin bir formu olan karbondioksit, bitki yapısının %50'den fazlasını oluşturan karbonun temel kaynağını oluşturmaktadır (Gültekin ve Örgün, 1994). Toprakta bulunan karbon toprağın işlenip gevşetilmesiyle daha fazla oksijenle temas ederek karbondioksit (CO₂) formuna dönüşür ve atmosferde birikmeye başlar. Toprak ekosistemi özelliklerine bağlı olarak topraktan salınan CO₂ miktarı değişiklik göstermektedir. Bu özellikler arasında toprak nemi, organik madde miktarı, toprak sıcaklığı, toprağın havalandırma miktarı ve eğimi bulunmaktadır (Jabro ve

ark., 2008; Akbolat, 2009). Toprak verimliliğinin temelini organik karbon oluşturmaya rağmen çeşitli nedenlerle atmosfere yayılmakta olan aşırı karbondioksit, kükürt ve azot bileşikleri içeren gazların yağışlarla tekrar toprağa dönen kısmı toprağa zarar vermekte ve verimsizleştirmektedir (Ceritli, 1997; Şenyiğit ve Akbolat, 2010). Atmosferde artış gösteren sera gazları bumerang etkisi yaratarak havanın ısınmasına ve kuraklık etkilerinin görülmesine neden olmaktadır. Bu döngünün durdurulması mümkün değildir. Ancak etkilerinin yavaşlatılması son dönemde yapılan çalışmaların ana amacını oluşturmaktadır. Ülkemizde de son yıllarda organik karbon, karbondioksit salınımı, sera gazı etkileri ve tarımsal uygulamalarla ilgili bazı çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan bazıları Özden ve Özden (1997), Başaran (2004), Akbolat ve ark. (2007), Akbolat ve ark. (2009), Şenyiğit ve Akbolat (2010), Erşahin (2010), Polat ve ark. (2012), Polat ve Manavbaşı (2012), Akbolat ve ark. (2014), Sezer (2014) olarak sıralanabilir. Ayrıca TÜBİTAK ve Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne bağlı araştırma enstitülerince de yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Ankara Toprak Gübre ve Su Kaynakları M.A.E. Müdürlüğü'nce 2011-2016 tarihleri arasında yürütülmekte olan ve toprakların verimliliğinin artırılması amacıyla Orta Anadolu koşullarında uygulanan nadas-buğday ve baklagil-buğday ekim nöbetlerinde koruyucu toprak işleme (azaltılmış ve sıfır toprak işleme) tekniklerinin geleneksel toprak işleme tekniği ile karşılaştırılması ve sistemlere ait karbon döngüsünün takip edilmesi; 2014-2017 tarihleri arasında devam edecek ve artırılmış CO₂ konsantrasyonları ile sıcaklık değerlerinin buğday bitkisine olan etkileri takip edilerek bölgelere uygun iklim modelleri oluşturulması; 2011-2015 tarihleri arasında devam edecek olan ve Türkiye topraklarının organik karbon içerikleri belirlenerek coğrafi veritabanının oluşturması çalışmaları bulunmaktadır. Ayrıca GAP Tarımsal A. E. M. tarafından 2014-2015 tarihler arasında yürütülmekte olan Harran Ovası topraklarında 12 ay boyunca belli dönemlerde toprak solunum (CO₂), sıcak ve neminin takip edildiği bir çalışmada devam etmektedir. Selçuk Üniversitesi ve Konya Toprak Su Çölleşme ile Mücadele A.İ.M. tarafından 2011-2015 tarihleri arasında yürütülmekte olan bir çalışmada ise alternatif toprak işleme sistemlerinin enerji, erozyon, emisyon üzerine etkileri değerlendirilmektedir. Bu çalışmada koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamalarına örnek olabilecek 5 farklı alternatif toprak işleme sisteminin buğday üretimindeki; enerji bilançoları, rüzgar erozyonu ve CO₂ emisyonu üzerindeki etkileri ve toprak işleme uygulamaları esnasında ortaya çıkacak partikül madde konsantrasyonları ölçülerek erozyon arasındaki ilişkiler ortaya konulması amaçlanmıştır. Atatürk Toprak ve Su Kaynakları ve Tarımsal Meteoroloji A. İ. tarafından 2013-2016 tarihleri arasında yürütülmekte olan ve farklı eğimlerdeki (%0-25) mera alanları için uygulanan farklı minimum toprak işleme yönteminin mera toprağının yapısına olan etkisi belirlenmesinin hedeflendiği bir dizi çalışmayı örnek olarak vermek mümkündür (Anonim, 2015b).

Başaran (2004) çalışmasında, FAO (1992) verilerini değerlendirerek arazi kullanımındaki değişiklikleri takiben (özellikle orman alanlarının ve doğal çayır meralarının

bozularak tarla tarımına açılması gibi) sonraki 20 yılda topraktaki organik karbon miktarının en düşük seviyeye kadar gerileyebileceğini bildirmektedir. Aynı zamanda bu topraklarda organik karbon miktarını artırmak için yaklaşık yüz yıllık zaman dilimine ihtiyaç bulunduğu da bildirilmektedir. Arazi kullanım durumunda yapılan değişikliklerle beraber toprak erozyonu artarak dünyada her yıl ortalama yaklaşık 25 milyon ton toprağın erozyon ile kaybolduğu ve bu toprakların %4 organik karbon içerdikleri, ülkemizde ise yaklaşık 1 milyar ton karbonun erozyon ile uzaklaştığı aynı çalışmada vurgulanmaktadır. Ulukan (2010) çalışmasında, küresel ısınmanın etkilerinden biri olarak topraklardaki tuzluluğun artacağını, aşırı yağışlardan dolayı besin maddelerinin yıkanıp toprağın alt katmanlarına kadar sızarak bitkilerin kullanamayacağı bölümlerde birikmesine neden olacağını bildirmektedir. Bu durumun ürün verimini de düşürerek toprakların erozyona açık hale geleceğini de bildirmektedir.

Tarımın, küresel ısınmayı teşvik edici etkilerinin yanı sıra küresel ısınmanın da tarım üzerinde olumsuz yönde etkileri mevcuttur. 2030 yılı itibarıyla 8 milyara ulaşması beklenen dünya nüfusunun bugünkü gıda ihtiyacını karşılamak için mevcut üretimin %60 oranında artması gerektiği ve tarımsal faaliyetlerin atmasıyla birlikte erozyonun artacağı, tarımsal işlemlerde güçlüklerin oluşacağı, hastalık ve zararlıların artacağı, dolayısıyla ürünlerin verim ve kalitesinde düşüşlerin olacağı bildirilmektedir (Korkmaz, 2007). Ancak bir taraftan da, diğer koşulların optimum olduğu durumlarda atmosferde artan CO₂ yoğunluğu bitkilerin su kullanım etkinliklerini ve fotosentetik aktivitelerini teşvik edeceği ve ürün verimlerinin %10-50 oranlarında artacağı gibi tahminleri bulunmaktadır. Kapur (2010), Çukurova koşullarında buğdayda yapmış olduğu bir çalışmada sıcaklık değerinin 1 °C bile artmasıyla çiçeklenmenin 5, olgunlaşmanın ise 9 gün kısılacığını ve artan CO₂ miktarının kardeş sayısını %69, başak sayısını da %15 oranında artırarak verimin bir miktar artıracığını tespit etmiştir. Genel olarak, artan sıcaklık değerlerinin tarım ürünlerini olumsuz yönde etkileyeceğini ve görülen hastalıklarda sıcaklıkla birlikte artış olacağını söylemek mümkündür. Dolayısıyla, kurak bölgelerdeki çiftçiler hem daha çok sulama hem de daha fazla tarım ilacı kullanma eğiliminde olacaklardır (Pathak ve Wassmann, 2007). Artan su ihtiyacı yarı kurak ve kurak bölgelerde karşılanmadığı takdirde önemli verim azalmasına neden olacağı için su kayıplarının önlenmesi, su rezervlerinin korunması ve daha az su tüketen bitki çeşitlerinin geliştirilmesi üretkenlik ve sürdürülebilirlik açısından son derece önem arz etmektedir (Korkmaz, 2007).

Organik karbon uygun şartlarda çok uzun süre topraklarda muhafaza edilebilir. Ancak arazi kullanımındaki değişim (yeni tarım alanlarının açılması gibi) ve tarımda yoğun toprak işleme ile artan su ve rüzgar erozyonu toprağın karbon stoklarını (gevşeyen toprak partikülleri arasına rahatlıkla oksijenin girmesi ile organik karbon CO₂ ye dönüşerek topraktan uzaklaşır) önemli ölçüde azaltacaktır (Polat ve ark., 2011). Erozyon geri dönüşü olmayan toprak kayıplarından ve etkilediği alanın genişliğinden dolayı arazi bozulma türleri arasında en zarar vereni olarak kabul edilmektedir. Ülkemizde başta su erozyonu olmak üzere %14'ünde hafif, %20'sinde orta ve

%63'ünde şiddetli ve çok şiddetli derecede erozyon görülmektedir (Özdemir, 1995; Doğan, 2011). Başaran, (2004) çalışmasında, toprak işlemenin azaltılarak erozyonunda azaltılmasına yönelik çalışmaların önemli araştırma faaliyetleri arasında yer alacağını bildirilmektedir.

Ulusal ya da uluslararası çalışmalarda küresel ısınma ve iklim değişikliğinden en çok kurak ve yarı kurak iklimlere sahip ülkelerin etkileneceği bildirilmektedir. Türkiye'de ilk kuraklık belirtileri de Doğu Akdeniz Havzasında 1970'li yıllarda görülmüştür (Kapluhan, 2013). Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz İklimine sahip bölgelerin su kıtlığı, kuraklık ve toprak erozyonu sorunları ile karşı karşıya olması, Türkiye'yi küresel ısınmanın zararlı ve şiddetli etkilerini en önce yaşayacak ülkeler arasına sokmaktadır (Doğan, 2005; Korkmaz, 2007; Doğan, 2011; Sönmez, 2012).

Türkiye'de tarım topraklarımızın %80'inde kuru tarım yapılmaktadır (Sönmez, 2012). Bu durum kuru tarım alanları için farklı stratejilerin geliştirilip uygulanmasını gündeme getirmektedir. Ülkemizde, kuru tarım alanları genel olarak sulu tarım alanlarına göre daha meyilli alanlardan oluşmaktadır. Erozyona açık bu alanlarda CO₂ salınımını azaltacak üretim tekniklerinin tespit edilmesi sürdürülebilir çevre ve gıda arayışlarının en önemli adımını oluşturacağı şüphesizdir. Çünkü bu alanlar erozyona açık toprak ve topografik yapıya sahip olup, karbon yoğunluğunun da erozyon derecesine göre ters orantılı olarak azalmakta olduğu sorunlu arazi potansiyeli yüksek arazilerdir. Literatürler incelendiğinde, erozyona maruz kalmış toprakların, maruz kalmamış topraklara göre daha düşük karbon yoğunluğu içerdiklerini bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Başaran, 2004; Sezer, 2014). Her ne kadar toprak nemindeki artış CO₂ çıkışını artırsa da kuru tarım alanlarında toprak nemini artırıcı yönde olan yağmur, erozyon etkisi ile üst toprak katmanlarındaki porları yırtarak CO₂ çıkışına karşı geçirimsiz bir tabaka oluşturmakta; CO₂ çıkışı azalmaktadır. Ancak ilerleyen süreçlerde toprak nemi artışı nedeni ile topraktan çıkan CO₂ miktarı yağmur öncesine göre artmaktadır (Patton, 2008). Dolayısıyla spesifik bölgelerde organik karbonun izlediği yolları doğru tespit etmek, CO₂ ye dönüşüm sistematüğünü belirlemek, hangi uygulamalarla, hangi toprak şartlarında karbon kayıplarının arttığını tespit etmek için yapılacak araştırmalara ihtiyaç vardır.

Ülkemizde, başta tarımsal mekanizasyon olmak üzere tarım teknolojilerindeki gelişmeler 1950-1984 dönemleri arasında birçok tarım ürününde verim ve üretim artışına neden olmuştur. 1990'lı yıllara gelindiğinde ise bu verim artışının toprak ve su kaynakları ile çevre için aynı rolü üstlenmediği belirlenerek, tarım alanında öncelikli koruma tedbirlerinin alınması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Toprağa yaptığı etkilerin yanı sıra, kullanımları ülkeden ülkeye değişen çeşit ve sayıda tarım makinaları, birincil olarak karbonlu ve azotlu bileşiklerin atmosfere salınımlarını arttırmışlardır (Sönmez, 2012).

Kuru ve eğimli tarım alanları, ikinci ve daha üst sınıflara ait tarım alanlarında yer almaktadır. Bu alanlar, yapılacak yanlış tarımsal uygulamalarıyla su erozyonuna maruz kalabilecek yapıdadırlar. Toprak derinliği az, eğimleri %12 den fazla, organik madde miktarları düşük olan bu alanlar toprak işleme sırasında karbon salınımı yönünden riskli alanları teşkil etmektedirler. Türkiye'de

genel olarak kuru tarım alanlarında yağışa dayalı ziraat yapan çiftçilerin ekipmanları incelendiğinde toprak işleme aletleri içinde daha çok devirme işlemi yapan kulaklı pullukların bulunduğu bilinmektedir. Dünyada kulaklı pulluk kullanımında %40 oranlarında azalma varken ülkemizde özellikle kuru tarım alanlarında yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir (Akbolat, 2014). Bu alanlarda devirme yapmadan toprağı yarararak işleyen ekipmanların pulluğa alternatif olarak tercih edilmesi oldukça önemlidir. Kuru ve eğimli tarım alanlarında hem toprağı yapısının bozulmaması, hem yağışların verime dönüştürülerek erozyonla toprak kayıplarının engellenmesi için daha bilinçli seçeneklerin üreticilere sunulması gerekliliğı bulunmaktadır.

2. Türkiye'nin Tarımsal Alt Yapısı, Erozyon ve Küresel Isınma

Dünyada tarımın ilk başladığı yer olarak bilinen Anadolu'da doğal kaynakların düzensiz ve aşırı şekilde kullanılmalarının doğurduğu sorunlar arasında erozyon, çoraklık ve toprak kirliliğı gibi fiziksel sorunlar yer almaktadır. Küresel ısınma bu sorunların atmosferde yaratmış olduğu etkilerden açısından en önemlisidir. Aşırı sera gazı salınımından kaynaklanan küresel ısınmayı artıran faktörler tamamen durdurulmuş olsa bile etkileri yüzyıllarca silinemeyeceğinden, insanoğlunun geleceğı için büyük riskler barındırmaktadır. Öyle ki; sera gazı olarak bilinen CO₂ (karbondioksit) 5-200 yıl, CH₄ (metan) 12 yıl ve N₂O (azot oksit) 114 yıl atmosferde kaldığı bilinmektedir (Arıkan, 2003; Başaran, 2004).

Türkiye'nin 1995'de kişi başına 3.49 ton olan sera gazı emisyonu bulunurken, sadece ABD'nin emisyon miktarı kişi başına 19.88 ton ile dünya sera gazı emisyonlarının %20'sini yayararak ilk sırada yer almıştır (Başaran, 2004). Kayıkçıoğlu ve Okur (2012) çalışmalarında TÜİK (2012) verilerine atıfta bulunarak Türkiye'nin 2010 yılı toplam sera gazı salınımı değerinin 401.9 Tg (10¹⁵g)-CO₂ eşdeğeri olduğunu ve bunun %7'sinin tarımsal faaliyetler sonucu oluştuğı bildirilmektedirler. Sera gazı bazında değerlendirildiğinde, 2010 yılı toplam CO₂ salınımının %4'ü, CH₄ salınımının %30'u, N₂O salınımının ise %74'ü tarımsal kaynaklı olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2012). Türkiye'nin vejetasyon ve toprak dâhil olmak üzere ormanlar, çayır mera alanları, tarım ve yerleşim alanlarında ve göl akarsularında depolanan toplam organik karbon miktarı yaklaşık 7.7 milyar ton, toplam üretimi ise 217 milyon ton/yıl'dır (Kayıkçıoğlu ve Okur, 2012).

Ülkemizde kış yağışları hâkim olup yıllık yağışların %35'ini kış aylarında almaktadır (Kaplukan, 2013). Yıllık yağış dağılımı 250-2500 mm arasında değişmekte ve aşındırma etkisi 15-481 ton-m/ha'dır (Doğan, 2011). Bunun anlamı; yağışların bölgelere göre 15-481 ton toprağı 1m yüksekliğe kaldıracak kadar enerjeye sahip olduğudur. Yağışlarla beraber tarım alanlarında oluşabilecek minimum ve maksimum toprak sürüklenmelerinin miktarı hesaplanmış olan aşındırma etkisine göre değişmektedir. Yıllık yağış ortalaması 640 mm civarında olmasına rağmen yağış dağılımının düzensizliğinden dolayı birçok bölgede su sıkıntısı ve kuraklık yaşanmaktadır. Kurak bölgelerde ise nem eksikliğinden ve yüksek değişkenlikteki yağıştan dolayı kuraklığa karşı daha hassas konumdadırlar.

Ülkemizde en fazla yağışlı günlere sahip olan bölge Karadeniz Bölgesidir (138-141 gün/yıl). Diğer taraftan Akdeniz Bölgesinde yağışların yılın belli dönemlerinde düşmesi nedeniyle yağış miktarı ve yağışlı gün sayısının toplamı fazla değildir. Özellikle Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri yıllar arası yağış değişikliklerinin en fazla olduğu bölgelerdir. Bölgesel olarak yağış değişikliklerini göstermek için kullanılan varyasyon katsayısı, yağış ortalamalarının %36 ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde olduğunu gösterirken, Akdeniz Kıyı Kuşağında %25 ve Karadeniz Bölgesi'nde ise %20'nin altına düşmektedir. Genel bir yaklaşım olarak varyasyon katsayısının %20'nin üzerinde olduğu bölgelerde yağıştaki değişiklikler sebebiyle kuraklığın şiddet ve sıklığının en fazla olabileceğı yerleri ifade etmektedir (Kaplukan, 2013).

Türkiye'de toplam tarım yapılan alanlar, 2001 yılında 40 967 bin hektar, 2013 yılında 38 428 bin hektar olarak kayıtlara geçmiştir. Traktör varlığı 2001 yılında 948 416 adet, 2013 yılında 1 213 560 adet ve biçerdöver varlığının 2001 yılında 12 053 adet, 2013 yılında 15 486 adet olarak kaydedilmiştir. 2009-2013 yılları arasındaki gübre kullanım durumu incelendiğinde ise; 2009 yılında azotlu, fosforlu ve potaslı gübre kullanımı sırasıyla 6 730 852 ton, 3 416 978 ton, 130 901 ton iken, 2013 yılında 7 542 247 ton, 3 662 099 ton ve 211 410 ton olarak kaydedilmiştir (TÜİK, 2014).

Ülkemizde ekonomik olarak sulanabilecek arazi varlığı ise 8.5 milyon hektardır. Bu alanın 5.1 milyon hektarı sulamaya açılmıştır (Sönmez, 2012). Sulanan alanların büyük bir bölümünde yüzey akışı geri dönmeyen yüzey sulama yöntemleriyle sulanmaktadır. Bu sulama yönteminin yapımında harcanan (kurulum) karbon eşdeğeri miktarı 24.6-9.4 CE/ha arasında değişmekte iken damla sulama sisteminde 84.9 CE/ha, hareketli başlıklı yağmurlama sulama sisteminde 23.3 CE/ha ve center pivot yağmurlama sisteminde 21.6 CE/ha olduğu bildirilmiştir (Sezer, 2014). Seçilecek sulama sistemlerinin kurulum karbon eşdeğerleri dikkate alınarak kuru tarım alanlarına en uygun olabilecek sistemlerin teşvik edilmesinde fayda bulunmaktadır. Tarım alanlarımızın %80'ninde kuru tarım yapılıyor olması sulama sistemlerinin seçiminin güvenli gıda ve güvenli çevre arayışları için ne derecede önemli olduğunu bir kez daha hatırlatmaktadır (Sönmez, 2012).

Arazi yetenek sınıfları sistematığının ilk dört sınıfında tarımsal üretim yapılabilen ancak II., III. ve IV. sınıf arazilerde tarımsal üretimi gerçekleştirilirken giderek artan oran ve şiddette sorunların mevcut olduğu bilinmektedir (Sarı, 2014). Bu arazilerde önlem alınmadan tarımsal faaliyetlerin yapılmasıyla başta erozyon olmak üzere toprak kayıplarıyla birlikte ciddi anlamda organik karbon kayıplarının da yaşanacağı açıktır. İlk dört sınıf arazilerin toplamı, Türkiye'nin toplam arazi varlığının %34.6'sını oluşturmaktadır. Tarım yapılabilen bu arazilerin %18.7'si I. sınıf (Türkiye genelinin %6.5'i), geri kalan yaklaşık %81'i II., III. ve IV. sınıf arazilerdir (Sarı, 2014). Ayrıca, topraklarımızın %35.7'si %0-12 arasında geri kalanı ise %12'den daha fazla eğime sahiptir (Doğan, 2011).

Tarımsal altyapı verileri değerlendirildiğinde, ülkemizin kuru tarım alanlarında en önemli sorununun erozyon ve erozyonla birlikte, organik madde, karbon kayıpları olduğunu söylemek mümkündür. Yüksek sıcaklık ve yetersiz yağış nedenleriyle kuraklığın hüküm sürdüğü kıraç

alanlar için sulu tarım alanlarından daha farklı sürdürülebilir tarım politikalarının oluşturulması gerektiği bulunmaktadır (Göksu ve ark., 2009). II. sınıf arazilerden başlayarak IV. sınıf arazilerini de kapsayacak şekilde tarım arazilerinin tamamı özellikle su, bir miktarda rüzgâr erozyonuna açık alanları teşkil etmektedirler. Bu alanlarda mutlak olarak koruyucu tedbirlerin alınması gerekmektedir. Koruyucu önlemlerin başında da karbondioksit salınımını azaltarak, toprakta karbon tutulmasını artıracak başta toprak işleme, gübreleme ve anız yönetimi tekniklerinin uygulanması kaçınılmazdır.

Erozyon geri dönüşü olmayan toprak kayıplarından ve etkilediği alanın genişliğinden dolayı arazi bozulma türleri arasında en zarar vereni olarak kabul edilmektedir. Çarman ve Marakoğlu (2009) çalışmalarında doğrudan ekim sistemlerinin, tarla trafiğini azaltarak, toprak sıkışmasını engellediğini, toprak nemini koruyarak, yüzeyde geleneksel toprak işlemeye göre daha fazla bitki artışı bırakması sebebiyle erozyon tehlikesi bulunan alanlarda kullanılmasını önermektedir. Ayrıca çalışmalarında Koruyucu ve Kirişçi (1988)'nin çalışmasına da atıfta bulunarak Türkiye tarım alanlarında yanlış toprak işlemeden kaynaklanan erozyon nedeniyle yılda 150 ton/ha' a varan toprak kaybının bulunduğu bildirmektedir. Bu konuda yapılan başka çalışmalarda ise Türkiye'de farklı nedenlerle toplamda erozyonla her yıl 500 milyon ton toprak ve bu topraklarla birlikte yaşamın yapı taşı olan karbonda azımsanmayacak ölçüde kayıpların olduğu vurgulanmaktadır (Özdemir, 1995; Sarı, 2014). Türkiye'de, 1 km² alandan oluşan ortalama yıllık toprak kaybı; Avrupa'da oluşan kaybın 10 katı, Avustralya'da oluşan kaybın 3 katı ve Amerika'da oluşan kaybın 2 katıdır. Dünyada kişi başına düşen erozyonla yitirilen toprak miktarı yılda 4 ton iken, ülkemizde 10 tondur (Özdemir, 1995; Doğan, 2011).

Türkiye'de yapılan bir çalışmada düz ya da kuzeye bakan hafif eğimli, organik maddece zengin alanlarda iklim değişikliğinin kendini diğer tarım alanlarına göre daha hızla göstereceği bildirilmiştir (Erşahin, 2010). Topraklarımızın %64'ü organik maddece fakir düzeydedir. Toprak, topraklarımızla birlikte karbon, gübre, organik madde kayıplarının da paralel olarak artacaktır. Organik maddenin az olması toprak aşınma duyarlılığını artırmaktadır. Nadasa bırakmak, anız örtüsünün değerlendirilememesi, bitki artık ve atıklarının yönetilememesi, toprak işleminin eğime paralel ve uygun olmayan ekipmanlarla, uygun olmayan mevsimlerde yapılması gibi yanlış tarımsal uygulamalar ile zaten az toprak derinliğine sahip eğimli arazilerdeki derinliğin giderek azalmasına neden olmaktadır (Doğan, 2011). Neufeld ve ark., (2002) ve Dexter, (2004) yaptıkları çalışmalarda killi toprakların organik karbon içeriklerinin kumlu topraklara göre daha yüksek olduğunu, bunun nedeninin ise killerin organik maddeleri tutarak ayrışmaya karşı dirençli hale getirmeleri olduğunu bildirmektedir. Eğimli toprakların organik karbon içeriği düz ve taban arazilere göre daha fazladır (Birkeland, 1984). Çünkü eğimli topraklarda bitki örtüsü nispeten daha zayıf ve yüzey akışları nedeniyle yıllık toprağa katılan organik madde girdisi daha düşüktür. Diğer taraftan aynı iklim ve eğim koşullarında kuzeye bakan yamaçlardaki toprakların organik madde içeriği güneye bakan yamaçlardaki topraklara nazaran daha yüksektir (Fanning ve Fanning,

1989). Çalışmalar kuzeye bakan yamaçlardaki karın daha yavaş erimesi nedeniyle suyun yüzey akışa geçmeden toprağa sızması nedeniyle erozyonun daha yavaş olduğunu ve bunun sonucu olarak da kuzeye bakan toprakların daha derin ve derinlik ile birlikte vejetasyonun daha iyi dolayısıyla toprağa düşen organik madde miktarının da fazla olduğu bildirmektedir (Birkeland, 1984).

3. Bazı Tarımsal Mekanizasyon Uygulamalarının Erozyona ve Karbon Salınımına Etkisi

Gelişen teknolojinin kullanımı ile birlikte tarımsal faaliyetlerden ve bu faaliyetlerde kullanılan traktör ve benzeri motorlu araçlardan daha az sera gazı salınımı hedeflenmektedir. Toprağa yapılan uygulamaların yanı sıra bu işlemleri yapan traktör ya da diğer motorlu araçların egzoz gazları da CO₂ miktarının artmasına etki etmiştir. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan dizel motorlar ile ilgili bilimsel çalışmalarda yakıtın yanması sonucu açığa çıkan sera gazlarının tamamı karbondioksit gazı olarak nitelenmektedir (Labeckas ve Slavinskas, 2003). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de alternatif olarak bitkisel kökenli yakıtlar üzerinde çalışmalar bulunmaktadır. Ancak teknik ve ekonomik nedenlerden dolayı yaygınlaşmamaktadırlar (Vatandaş ve Ekmekçi, 2002). Tarımda traktör kullanımının artmasıyla, yakıt kullanımında da artış olması atmosfere salınan hava kirleticilerinin seviyelerinin Avrupa Birliği direktiflerinde belirttiği sınır değerleri aştığını bildirmektedir (Viesturs ve ark., 2011; Polat ve Manavbaşı, 2012). Kullanılan yakıtın cinsi, makinanın ya da aletin kullanıldığı toprak, iklim, topografya koşulları ve kullanım süreleri atmosfere salınan egzoz gazının miktarını da etkiler (Goering, 1992; Arapatsakos ve Gemtos, 2008). Özgüven ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada Türkiye'nin tarımsal yapısı ve mekanizasyon durumu incelenmiş ve mevcut traktör parkının yarıya yakınının (%43) mekanik ömrünü doldurmuş traktörlerden oluştuğunu bildirmişlerdir. Bu traktörlerin tarımsal faaliyetlerde kullanılmasıyla yenilerine oranla yılda daha fazla yakıt tükettikleri ve havayı 10 kat daha fazla kirlettikleri bildirilmektedir. Türkiye'nin traktör, biçerdöver ve kendi yürür tarım makineleri varlığındaki artışa paralel olarak kullanılan motorin ve yağ tüketiminin de sera gazı oluşumuna etkileri olduğu söylenebilir.

Tarımsal üretimde en önemli ölçüt, az maliyetle yüksek verim artışı sağlanmasıdır. En pahalı girdilerden biri olan mekanizasyon girdisini düşürmek önemlidir (Acaroğlu ve ark., 2003). Tarımsal üretim faaliyetlerinde mekanizasyon; toprak hazırlığından ürün hasadına kadar geçen zamanda toplam tarımsal üretim girdilerinin yaklaşık %40-50'sini oluşturmaktadır (Ruiyin ve ark., 1999; Sümer ve ark., 2010; Polat ve Manavbaşı, 2012). Yapılacak tarımsal faaliyetlere göre makina parkının oluşturulmasıyla atıl kapasitelere ulaşması engellenebilir. İyi bir planlama yapılarak makina alımına ayrılan sermayenin azaltılması, karlılığın artırılması ve tarla trafiğinin azaltılarak çevreye yaptıkları olumsuz etkilerinin de sınırlandırılması mümkün olabilecektir.

Tarım makinelerinin verimli çalışabilmesi için kullanıldıkları arazilerin topografik yapısının yanı sıra büyüklükleri de oldukça önemlidir. Arazi büyüdükçe kullanılan makinelerinde verimlilikleri artmaktadır. Dolayısıyla arazi toplulaştırmalarının CO₂ salınımını azaltıcı

yönde etkileri bulunmaktadır. Türkiye’de işletme büyüklükleri genel olarak 5.5-6.0 ha olup, küçük işletmelerdir. Bu işletmelerde bile parçalılık durumu olduğundan tarım makinalarının verimli şekilde işletilebileceği büyüklükte toplulaştırma yapılması çok doğru bir yaklaşım olacaktır. Polat ve Manavbaşı (2012) çalışmalarında arazi toplulaştırmalarının sonucunda, toplulaştırma yapılan alanlardan seçilen işletmelerde çiftliklerin günlük olarak işletme merkezi-tarla parseli arasındaki gidiş-dönüş yol uzunluklarında ortalama 26.68 km kısalma ile yakıt tüketiminin hektar başına ortalama 10.86 L ve CO₂ salınımında 28.93 kg düşürdüğünü belirlemişlerdir. CO₂ salınımına bağlı olarak km başına en az 1.90 kg, en fazla 20.77 kg olmak üzere toplam 7.89 kg karbon eşdeğeri azalma olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, çalışmada buğday üretiminde bir sezon boyunca toprak hazırlığından ürün taşımaya kadar olan tüm tarımsal faaliyetler için toplulaştırma öncesi 181.6 Lha⁻¹ yakıt tüketilirken, toplulaştırma sonrası bu rakam 132.8 Lha⁻¹ yakıt tüketildiği tespit edilmiştir. Türkiye’de bu çalışmaların desteklenmesi ve arazilerin parçalanmasına izin verilmemesi gerekmektedir. ABD ve AB ülkelerinde farklı sera gazlarının salınım miktarları karbon eşdeğeri (CE) olarak ortak bir birimde ifade edilmektedir. Genel özelliklere sahip bir traktör için (55 HP, 2110 kg, boş ağırlıkta 15-20 kmh⁻¹ ortalama hızda kullanılabilen) kilometre başına ortalama 0.407 L motorin tükettiği kabul edilmektedir. Bu traktörle çizel pulluk kullanımında 10 cm iş derinliğinde 4.56-4.82 Lha⁻¹, 20 cm iş derinliğinde 9.32-9.52 Lha⁻¹ olmaktadır. Genel değerlendirmeler sonucunda bu değer 4.75 Lha⁻¹ olarak alınmıştır (Koga ve ark., 2003). Tarımsal üretimin ilk aşaması olan tohum yatağı hazırlığı, topraktan çıkan CO₂ gazı çıkışını etkileyen faktörlerden birisidir (Akbolat, 2009). Tarımsal faaliyetler, anız yakma, pullukla toprak işleme ve münavebe uygulanması CO₂ çıkışı artışında çok önemli role sahiptir (Lal ve Kimbele, 1997). Kulaklı pullukla toprak işlemede eşdeğer karbon emisyonu 13.4-20.1 kg CE/ha arasında değişirken tarla kültüratörün kullanımında bu değer 3.0-8.6 kg CE/ha, döner çapa makinasında ise 1.2-2.9 kg CE/ha ya düşmektedir. Bazı ekim, bakım hasat işlemlerinde eşdeğer karbon emisyonları ise; herbisit ilaçlamada 0.7-2.2 kg CE/ha, gübrelemede 5.1-10.1 kg CE/ha, ekim-dikim işlerinde 2.2-3.9 kg CE/ha, mısır silaj makinası kullanımında 13.2-26.0 kg CE/ha arasında değerler almaktadırlar. Sulama sistemlerinin ilk kurulum karbon eşdeğerleri ise en fazla yağmurlama sulamada (hareketsiz başlık) 121.3 CE/ha, en düşük ise elle hareketli yağmurlama sisteminde 16.3 CE/ha olarak belirlenmiştir (Sezer, 2014).

Tarımsal faaliyetler topraktan CO₂ çıkışını, nitrat birikimini ve mikrobiyal aktiviteyi dolayısıyla toprak ve atmosferik çevrenin kalitesini etkilemektedir (Calderon ve Jackson, 2002). Azaltılmış toprak işleme ve sıfır sürüm tekniklerinin toprak erozyonunu önlemek, toprak nemini korumak, toprağın organik madde içeriğini artırmak gibi önemli etkileri vardır. Bazı çalışmalarda, atmosferdeki CO₂ miktarını azaltmak için sıfır sürüm uygulaması etkili ve acil önlemler arasında yer alabileceği bildirilmiştir (Yokuş ve ark., 2009). Ancak başka çalışmalarda farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Şöyle ki; araştırmacılar toprak işlemez tarım ve geleneksel tarım yöntemleri uygulanan alanlarda toprak kaynaklı sera gazı salınımları (CO₂, N₂O, CH₄)

hakkındaki küresel verileri değerlendirmişlerdir. Toprak işlemez tarıma yeni dönüştürülen sistemlerin geleneksel sistemlere oranla, N₂O salınımındaki artış nedeniyle daha büyük küresel ısınma potansiyeline sahip olduklarını ortaya koymuşlardır. Sıfır toprak işleminin küresel ısınma potansiyelini sadece uzun dönemlerde (20 yıldan fazla) ve nemli iklim bölgelerinde azaltacağını belirlemişlerdir. Kurak bölgelerde de, çok kesin olmamakla birlikte küresel iklim potansiyelindeki azalma 20 yıldan sonra kendini gösterebileceği kaydedilmiştir. Bu durum, sıfır toprak işleminin teşvik edilmesinin karbon tutulması amacıyla yapılan diğer tarımsal uygulamaların her zaman çok geçerli olmayacağını göstermektedir. Çünkü bunların net sera gazı değerleri üzerinde etkisinin yüksek değişkenlik gösterdiği, birçok faktörün etkisi altında ve zamana bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Six ve ark., 2004; Smith ve Conen, 2004). Ayrıca, sıfır toprak işleme ile birlikte yabancı ot kontrolü için daha fazla herbisit kullanılması gerekeceği, bu durumda da karbon emisyonunu ters yönde etkileyeceği bilinmelidir. Herbisitlerin eş değer karbon emisyonlarına bakıldığında 1.7-12.6 kg CE/kg arasında aldığı değerlerle en yüksek bitki koruma kimyasalları olduğu insektisitler ve fungusitlerde bu değer 1.2-8.1 kg CE/kg arasında değiştiği unutulmamalıdır (Sezer, 2014). Toprağa yapılan etkilerin yoğunluğunu gösteren toprak işleme sistemlerinde, en fazla CO₂ çıkışı toprağın çok fazla havalandırıldığı, alışlagelmiş toprak işleme sistemlerinde gerçekleşmiş, diğer azaltılmış toprak işleme sistemlerinde daha az gaz çıkışı tespit edilmiş, en az CO₂ çıkışı ise toprak işlemez tarım sistemlerinde gerçekleşmiştir (Akbolat ve ark., 2009). Reicosky (2003), yol tapanının pulluk, çizel, disko ve dip kazandan sonra bir geçişli olarak toprağı sıkıştırmak için kullanılmasının CO₂ çıkışındaki ani düşüşe sebep olduğunu ve dördüncü geçiş ile çok daha az CO₂ çıkışı elde edildiği bildirilmiştir. Bu ani düşüşün sıkışma sonrası toprak hacim ağırlığındaki artışla da doğrudan ilgili olduğunu bildirmiştir. Türkiye’de yapılan bir çalışmada, 45 ve 60 kg’lık tapanlar ekim sonrasında kullanılmış ve hiç tapan kullanılmamış parsellerle CO₂ çıkışları, penetrometre değerleri, hacim ağırlıkları ve porozite değerleri karşılaştırılmıştır. CO₂ çıkışı en fazla tapan çekilmeyen konudan (0.104 gm⁻²h⁻¹) elde edilirken, daha sonra 45 kg (0.043 gm⁻²h⁻¹) ve son olarak da 60 kg’lık tapan (0.037 gm⁻²h⁻¹) daha fazla karbondioksit gazının çıktığı belirlenmiştir (Akbolat, 2009). Ball ve ark. (2008), topraktan CO₂ ve N₂O çıkışında 1 kPa ve 6 kPa değerindeki sıkışmanın etkisinin incelendiği kısa dönemli bir çalışmada, sıkışma ile topraktan salınan her iki gazın da azaldığını bildirmiştir. Jensen ve ark. (1999), traktörün beş kez geçişi ile üst katmanlarda hava geçişinin azalması CO₂ çıkışını da azaltmakta olduğunu vurgulanmıştır. Thomas ve ark. (2004); Teepe ve ark. (2004) çalışmada toprak sıkışması sonrasında topraklardan daha yüksek N₂O salınımları gerçekleştiği belirtilmektedir. Her iki çalışmada da sıkışmanın toprakların atmosferik CH₄ kullanma ve okside etme yeteneklerinde %30-90 arasında bir azalma sağlanabileceği bildirilmiş ve topraklara uygulanan hafif sıkıştırmada N₂O salınımının %20 oranında azaldığı, şiddetli sıkıştırmının N₂O salınımını 2 katına çıkardığı vurgulanmıştır. Mosquera ve ark. (2007) ise killi topraklarda N₂O salınımının arttığı, kumlu topraklarda ise daha az olduğu çalışmalarında bildirilmiştir.

Akbolat ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, rototiller (RT) ve diskaro (DT) kullanılarak elma bahçelerinde ağaç aralarında oluşan yabancı otların kontrolünün sağlanması sırasında ortaya çıkan CO₂ gazının miktarını ölçmüşlerdir. Yapılan ölçümlerde RT ve DT sırasıyla ortalama olarak 0.768 ve 0.811 Mmol.m⁻².s⁻¹ CO₂ çıkışı belirlenmiştir. Scala (2001) ise çalışmasında, diskaro, diskli tırmık, rototiller ve çizelin kullanıldığı orta vadeli ölçümlerin yapıldığı bir uygulamada çizelin 15 günlük ölçüm içinde en fazla CO₂ çıkışı gösteren uygulama olduğu (toprak işleme göre 74 gCO₂.m⁻² daha fazla) tespit etmiştir. Reicosky ve Archer (2007) çalışmalarında, pullukla farklı derinliklerde toprak işlemenin CO₂ çıkışına etkilerini belirlemişler ve işleme derinliği artışı ile CO₂ çıkışının arttığı tespit etmişlerdir. Tarımsal üretimlerde toprağı parçalayarak karıştıran aletler ve bu aletlerin toprağı yaptığı etkilerin bir sonucu olarak topraktan atmosfere CO₂ gazı çıkışı olduğunu vurgulayan çalışmalar bulunmaktadır (Lal ve Kimbele, 1997; Callendor ve Jackson, 2002). Ellert ve Jansen (1999), buğday ve üzerine uyguladıkları münavebe sisteminde ağır kültüvator ile toprak işleme sonrasında işleme öncesine göre 2-4 kat CO₂ çıkışlarının arttığını ancak 24 saat sonra çıkışların eşitlendiğini bildirmişlerdir.

Toprak işleme, organik maddelerin oksidasyonunu artırır. Buna bağlı olarak yıkanma ve gaz şeklinde kayıplar artar. Toprak işleme, üst olarak toprağın tahribine neden olmakta ve kısa süreli olarak toprağın oksijen seviyesini artırmaktadır. Ayrıca yüzey atıklarının toprak partikülleri ile daha yakın temasını sağlayarak, mikrobiyel faaliyeti için uygun ortam sağlamakta ve mikrobiyel faaliyeti artırmaktadır (Smith ve ark., 1992). Yapılan başka çalışlarda ise toprak işleme nedeniyle karbon kayıplarının yaşışla arttığı ve killi topraklarda en az olduğu bildirilmiştir (Alvarez ve ark., 1995; Akbolat ve ark., 2004). Mikroorganizma faaliyetlerinin artışı ile birlikte, O₂'nin tüketilerek dışarıya CO₂ vermesi, ortamdaki mikrobiyel faaliyetlerin yoğunluğunun bir göstergesidir. Karbondioksit çıkışı, kontrollü laboratuvar koşullarında ölçüldüğü gibi, arazi koşullarında da ölçülebilir. Toprakta standart bir solunum daima vardır ve bu solunum normal bir tarla toprağında CO₂ salınımı olarak 0.5-10.0 mg CO₂.m⁻² gündür (Haktanır ve Arcak, 1997). Toprak işlemeden sonra, bitkisel atıkların ayrışması kısa, orta ve uzun dönemli CO₂ çıkışının ölçülmesi ile belirlenmektedir. Kısa dönem ölçümleri, genel olarak 48 saat süreli olduğu gibi, toprak işlemeden 5 dakika sonra veya 62 ya da 102 gün sonra yapılanları da literatürlerde yer almaktadır (Doran ve Linn, 1994; Reicosky, 1997; Angers ve Recous, 1997). Ancak uzun yıllar içinde en az yılda bir alınan çalışmalar daha yaygındır (Ma ve ark., 1999). Kısa dönemli çalışmaların birçoğunda işleme sonrası CO₂ salınımının aniden yükseldiği ve daha sonra birden düştüğü ve düşük seviyelerde uzun süre ayrışma tamamlanmaya kadar devam ettiği bildirilmektedir (Reicosky, 1997; Reicosky ve ark., 1997; Rassmussen ve Rohde, 1988; Angers ve Recous, 1997). Alışıl gelmiş toprak işlemeye oranla, korumaya yönelik toprak işleme, enzim aktivitesinin daha fazla olduğu bildirilmiştir (Klein ve Koths, 1980; Angers ve ark., 1993). Genel olarak, toprak işlemez sistemlerde toprakların yüzey katmanlarında mikrobiyel biyokütle ve mikrobiyel süreçler, toprak işleme yapılmış topraklara

göre önemli ölçüde yüksektir. Bununla birlikte alt katmanlarda durum tam tersidir (Angers ve ark., 1993, Farrell ve ark., 1994; Deng ve Tabatadai, 1996; Deng ve Tabatadai, 1997; Ahl ve ark., 1998).

Arapatsakos ve Gemtos (2008) çalışmalarında, sektörel olarak en önemli sera gazı sorununun CO₂ salınımından kaynaklandığını, tarım için en önemli sera gazının ise hayvansal üretim dikkate alındığında CH₄ bitkisel üretim dikkate alındığında ise N₂O olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada buğday ve silajlık mısır yetiştiriciliğinde tarla içi faaliyetleriyle atmosfere salınan sera gazları içinden CO₂ salınımının azotlu ve hidrokarbonlu bileşiklerden daha fazla olduğunu da vurgulamışlardır. Topografya tarım topraklarındaki N₂O salınımlarını etkilemektedir. Izaurrade ve ark. (2004), çalışmalarında suyun toplanma eğiliminde olduğu bölgelerde, eğimli alanlara göre N₂O salınımları daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. N₂O, gözlemlenen küresel ısınmanın %6'sını gerçekleştirmektedir (Dalal ve ark., 2003). En çok N₂O salınımı azotlu gübre kullanımı ve toprak bozunumundan ileri gelmektedir. Tarım topraklarına uygulanan her kg N girişi, 1.4-14.0 kg CO₂ ye karşılık gelmekte ve ortalama olarak 4.65 kg CO₂ olarak kabul edilmektedir (Snyder ve ark., 2009). N₂O salınımındaki artış ise sistem içindeki sera gazı dengesini bozacak bu da artan C depolamadan elde edilen faydaları azaltma potansiyeli taşıyacaktır (Six ve ark., 2004). Gübreler içinde eşdeğer karbon emisyonu en fazla olan 0.9-1.8 kg CE/kg ile azot gübresidir. En az ise 0.1 - 0.2 CE/kg ile potasyum gübresi yer almaktadır (Sezer, 2014). Bu yüzden özellikle erozyon ve buharlaşma azaltılarak azot (N) kullanım etkinliğinin artırılması ve biyolojik azot fiksasyonuna önem verilmesi gerekmektedir. Yapılan pek çok çalışmada toprak sıkışması sonrasında topraklardan daha yüksek N₂O salınımları gerçekleştiği belirtilmektedir (Thomas ve ark., 2004; Teepe ve ark., 2004). Sıkışmanın toprakların atmosferik CH₄ kullanma ve okside etme yeteneklerinde %30-90 arasında bir azalma sağlanabileceği bildirilmiştir. Yine aynı çalışmada topraklara uygulanan hafif sıkıştırmada N₂O salınımının %20 oranında azaldığı, şiddetli sıkıştırmadan N₂O salınımını 2 katına çıkardığı belirlenmiştir. Ayrıca killi topraklarda N₂O salınımının arttığı, kumlu topraklarda ise daha az olduğu bildirilmiştir (Mosquera ve ark., 2007).

Sulama ve farklı toprak işleme sistemlerinin araştırıldığı bir çalışmada, sulamalardan sonra tüm konulardan CO₂ çıkışı sulama öncesine göre arttığı belirtilmiştir (Calderon ve Jackson, 2002). Bunun nedeni olarak toprak nemindeki artış ile toprağın fiziksel ve biyolojik aktivitelerinin artması olarak ifade edilmiştir. Lee ve ark. (2009) çalışmalarında toprak nemi ile toprak solunumu arasındaki ilişkinin yetiştirilen ürüne göre de değiştiğini bildirmişler ve toprak nem içeriği ile mısırdaki CO₂ çıkışının doğrusal olarak arttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında nohut ve ayçiçeği için aynı doğrusal ilişkiyi tespit edemediklerini de bildirmişlerdir. Haktanır ve Arcak, (1997) toprak nem düzeyinin önemli miktarda CO₂ çıkışını artırdığı bildirmişlerdir. Akbolat (2009) ise çalışmasında toprak sıcaklığının artması ile de mikroorganizma faaliyetlerinin ve buna bağlı olarak CO₂ çıkışlarının da arttığını, toprak sıcaklığının düşmesi ile CO₂ çıkışının doğrusal olarak azaldığını bildirmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

İster dünya ister Türkiye ölçeğinde olsun çeşitli tedbirlerle tarım yapılabilir kuru tarım alanları, sulu tarım alanlarından daha fazladır. Kuru ve eğimli tarım alanları ile ilgili verilecek stratejik kararlar gelecek nesiller için önem arz etmektedir. Yanlış tarımsal uygulamalarla hızlı bir şekilde bozuluma uğrama potansiyeli yüksek olan hafif eğimli ve eğimli alanlarda (II, III. ve IV. sınıf tarım arazileri) “Nasıl tarım yapılması gerektiği?” ile ilgili soruların cevabı sürdürülebilir çevre açısından önemli olacaktır. Küresel ısınmadan dolayı sulu tarım alanlarında su kısıtlamasına gidileceği ve verimin zaman içinde düşme eğiliminde olacağı tahmin edilmektedir. Artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak için kuru tarım alanlarının da daha verimli kullanılması gerekliliği bulunmaktadır. Bu öngörüden yola çıkarak kuru tarım alanları için daha özel amaçlı araştırmalara ihtiyaç duyulacağını da şüphesizdir. Ancak, kuru ve eğimli tarım alanlarına özel yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır.

Toprakta organik karbon tutulması her yönüyle kazanç sağlayan bir süreçtir. Verimliliğini kaybetmiş toprakların rehabilitasyonundan, kaynağı belli olmayan kirliliğin azaltılarak yüzey, yeraltı sularının temizlenmesi gibi yan faydalarla ekosistem kalitesinin yükseltilmesine ve fosil yakıt emisyonunu azaltarak atmosferdeki CO₂ miktarının azaltılmasına kadar birçok yönü vardır. Nitekim yapılan bilimsel tespitler; toprak işleme yöntemleri, tarımsal ormancılık (ağaç tarımı) gibi uygulamalar ile hektar başına 1.3 tona kadar organik karbonun toprakta tutulmasının sağlanabildiğini göstermiştir. Bu uygulamaların bir an evvel kuru tarım yapılan alanlara da kaydırılmalıdır (Anonim, 2015a)

Toprak ekosistemlerinin sera gazlarının tutulması ya da yayılması rollerinden hangisini üstleneceği, sisteme dâhil olan ve sistemden ayrılan faktörlerin dengesine bağlıdır. Bu denge toprağa yapılan uygulamalar ile doğrudan ilgilidir. Genel bir sonuç olarak sulu ya da kuru koşullarda net sera gazının salınımını azaltıcı tedbirlerden bazıları olarak azaltılmış toprak işleme, doğrudan ekim yöntemlerinin yaygınlaştırılması, salma ya da yüzey sulama uygulamalarının azaltılması ve yerine damla ya da toprak altı basınçlı sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması, sulamada yenilenebilir enerji kullanımının desteklenmesi, bitki anız ve kalıntı yönetiminin etkin olarak uygulanması, örtücü bitki uygulamalarının yaygınlaştırılması, azot kullanım etkinliğinin artırılması, hayvan gübresi ve diğer biyo-yakıtların kullanımının desteklenmesi, tarım arazilerinin kullanım sınıfına uygun olarak değerlendirilmesi, tarım arazilerinin toplulaştırılması çalışmalarının genişletilmesi, orman ve mera alanlarının ıslah edilip korunması, biyolojik mücadele uygulamalarının destek verilmesi ve girdi yönetimi en etkin şekilde uygulayabilen hassas tarım uygulamalarının desteklenmesi sayılabilir.

Toprak bünyesi ne olursa olsun yağış sularını biriktirmeye yetecek derinlikte olmayan toprakların geleneksel sistem olan nadasa bırakılmasıyla, ertesi yıl ekilecek bitkinin su ihtiyacını ekonomik seviyede bir verim alacak ölçüde karşılamının her zaman mümkün olmadığı bilinmektedir. Kuru tarım alanlarında 90 cm veya daha az derinlikte olan topraklarda nadas döneminde tutulan suyun

tamamına yakın bir kısmı buharlaşarak kaybolur. Böyle yüzlek alanlarda nadas yapmak arazinin bir yıl boş kalmasından başka bir şey değildir (Yeşilsoy, 1976; Göksu ve ark., 2009). Dolayısıyla, nadas yapılmadan ve toprak yapısını bozup erozyonu teşvik etmeden suyu toprakta muhafaza edebilecek iyi tarım uygulamalarının teşvik edilmesi iyi bir çözüm olacaktır. Bu sistemlerin uygulanmasında en etkin yol mekanizasyon faaliyetlerinin toprak özelliklerine göre düzenlenmesiyle mümkündür.

Ekolojik sistem, artık tarım sektörünün temiz su talebini karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Yağmur sularının ise tarımda kullanımı önemli bir yaklaşım olmasına rağmen, atmosferdeki birikmiş sera gazlarının bir kısmının yağmur suları ile yeniden toprağa düşmesiyle toprak kirlenmektedir. Bu kısır döngüden kurtulabilmek kolay olmasa da yavaşlatmak insanoğlunun bazı tedbirler almasına bağlıdır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde, yağış çok az ve mevsim içinde büyük değişiklikler göstermektedir. Buna bağlı olarak zayıf vejetasyon, yüzeyi kaymak bağlamış sığ topraktan yüzey akışı ve buharlaşma ile yağmur sularının büyük bir kısmı içine toprak ve karbon stoklarını da alarak ürünün kullanımına sunulmamaktadır. Yağmur sularından azami fayda sağlanabilecek stratejilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir. Sulama, kuraklığa karşı en etkili çözüm olsa da pahalı ve yetersiz miktarda olması günümüzde daha düşük maliyetli, pratik alternatifler aramakta ve bu da su hasadı olarak bilinmektedir (Örs ve ark., 2011; Kayıkçıoğlu ve Okur, 2012). Eğimli alanlarda su hasadı yöntemlerinin kullanılmasıyla toprak yapısında toprak işleme ile bozulup erozyona maruz kalabilecek alanlar korunabilir.

Kuru tarım alanlarında sürdürülebilir üretim, karbon stokları, toprak ve ürün verimliliğinin korunması yanında çevre sağlığının da teminat altına alınması bazı tedbirlerin alınmasına bağlıdır. Bu tedbirler içinde en önemlisi, kuru tarım alanları için bir kontrol mekanizması oluşturulmasıdır. Bu mekanizma ile dönemsel olarak topraklardaki karbon kayıpları takip edilmelidir. Kayıt altına alınan takip verileri ile yapılan uygulamaların amaca yönelik olup olmadıkları kısa sürelerde test edilerek, her alan için farklı uygulamaların planlanması sağlanabilir. Bu temel tedbirin yanı sıra hali hazırda çeşitli kurum ve sivil toplum örgütlerince yapılan bazı uygulamalarda vardır (Çevre Amaçlı Tarım Arazilerinin Korunması-ÇATAK ve Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı-TEMA). Daha öncede belirtildiği gibi; tarla trafiğinin azaltılması, yakıt verimliliklerinin iyileştirilmesi, tarım makinalarının verimli kullanımına olanak sağlayacak büyüklükte parsellerin oluşturulması, münavebe sistemi kullanarak karbon tutulumunun sağlanması, biyo-yakıtların kullanımını yaygınlaştırılması, anız yakılmasının engellenmesi, gübreleme programlarının yapılması, eğimli arazilerde erozyonu azaltacak yeni sürüm tekniklerinin tespit edilmesi, buharlaşma kayıplarını azaltmak için kalıntı yönetimini yaygınlaştırılması, malçlama gibi uygulamalarla karbon havuzunun muhafaza edilmesi, su hasadı tekniklerinin yaygınlaştırılması söylenebilir. Tarımsal mekanizasyon uygulamalarından dolayı erozyona açık alanlarda alınması tavsiye edilen bu tedbirlerin uygulanmasında hassas tarım tekniklerinin kullanılması ile tarımsal alanların izlenebilirliğini de artıracığı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Acaroğlu, M., Turcan, H., Özçelik, E. 2003. Biyomotorin üretiminde enerji bilançosu ve yaşamsal döngü analizi. Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, 3-5 Eylül 2003, Bildiriler kitabı (I): 10-17.
- Ahl, C., Joergensen, R.G., Kandeler, E., Meyer, B., Woehler, V. 1998. Microbial biomass and activity in silt and sand loams after long-term reduction in tillage using the “Horsch” System. Soil And Tillage Research, 49: 93-104.
- Akbolat, D., Ekinci, K., Camcı Çetin, S., Çoşkan, A. 2004. Farklı toprak işleme sistemlerinin toprakta organik maddenin ayrışmasına etkisi. Süleyman Demirel Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Müd., 8-3: 152-160.
- Akbolat, D., Ekinci, K., Uysal, S., Onursal, E. 2007. Elma bahçelerinde yabancı ot kontrolünde yaygın olarak kullanılan toprak işleme aletlerinin yabancı ot gelişimi ve topraktan CO₂ çıkışı üzerine etkisi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 3(2): 87-96.
- Akbolat, D. 2009. Tohum yatağı hazırlığında tapan kullanımının topraktan CO₂ çıkışına etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(1): 23-30.
- Akbolat, D. 2014. Toprak İşleme Mekanizasyonu ve Sera Gazı Emisyonları. Agro Medya Tarımsal Mekanizasyon Eki. Mayıs-Haziran Sayısı, 18-20.
- Alvarez, R., Diaz, A., Barbero, N., Santanoglia, O.J., Blotta, L. 1995. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. Soil and Tillage Research, 33(1):17-28.
- Angers, D.A., N'dayegamiye, A., Cote, D. 1993. Tillage-induced differences in organic matter of particle-size fractions and microbial biomass. Soil Science Societ of America Journal, 57: 512-516.
- Angers, D.A., Recous, S. 1997. Decomposition of wheat straw and rye residues as effected by particle size. Plant and Soil. Kluwer Academic Publishers, 189: 197-203.
- Anonim. 2015a. Tema Diyor ki; Toprağı Koruyun, Küresel Isınmaya El Koyun. www.panel.org/tema, erişim: 07.04.2015
- Anonim. 2015b. Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, PDGT tutanakları. www.tagem.gov.tr. Erişim: 10.04.2015
- Arapatsakos, C., Gemtos, T. 2008. Tractor Engine and Gas Emmission. WSEAS Transactions on Enviroment and Development Journal, 10 (4): 897-906.
- Arıkan, Y. 2003. Kyoto protokolü öncesinde değişen iklim, kışın müzakereler ve Türkiye. 9. Türkiye Enerji Kongresi, DEK-TMK, İstanbul.
- Ball, B.C., Crichton, I., Horgan, G.W., 2008. Dynamics of upward and downward N₂O and CO₂ fluxes in ploughed or no-tilled soils in relation to water-filled pore space, compaction and crop presence. Soil Tillage Research, 101: 20-30.
- Başaran, M. 2004. Türkiye'nin organik karbon stoku. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8 (3/4): 31-36.
- Birkeland, P.W. 1984. Soils and Geomorphology. Oxford University Pres. New York, NY.
- Calderon, F., Jackson, L.E. 2002. Rototillage, disking and subsequent irrigation: effects on soil nitrogen dynamics, microbial biomass, and carbon dioxide efflux. J. Environmental Quality, 31: 752-758.
- Çarman, K., Marakoğlu, T. 2009. Sürdürülebilir bir tarımsal üretimde buğdayda doğrudan ekim uygulamaları. 1.Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Haziran 2009. Konya sf: 491-498
- Ceritli, İ. 1997. Türkiye'nin toprak sorunu. Ekoloji, 22: 4-8.
- Dalal, R.C., Wang, W., Robertson, P., Patron, W.J. 2003. Nitrous oxide emission from Australian agriculture lands and mitigation options: A Review. Australian Journal of Soil Research, 41: 165-195
- Deng, S.P., Tabatabai, M.A. 1997. Effect of Tillage and Residue Management on Enzym Activities in Soil-III: Phosphatases and Arylsulphatase. Biyology and Fertility of Soils, 24: 141-146.
- Deng, S.P., Tabatabai, M.A. 1996. Effect of Tillage and Residue Management on Enzym Activities in Soil-II: Glycosidases. Biyology and Fertility of Soils, 22: 208-213.
- Dexter, A.R. 2004. Soil Physical Quality: Part I. Theory, Effects of Soil Texture, Density, And Organic Matter, and Effect on Root Growth. Geoderma, 120: 201-214.
- Doğan, S. 2005. Türkiye'nin Küresel İklim Değişikliğinde Rolü ve Önleyici Küresel Çabaya Katılım Girişimleri. Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 6: 257-73.
- Doğan, O. 2011. Türkiye'de erozyon sorunu nedenleri ve çözüm önerileri. Bilim ve Akıl Aydınlığında Eğitim Dergisi, 137: 61-69.
- Doran, J.W., Linn, D.M. 1994. Microbial Chances Associated With Residue Management and Reduce Tillage. Soil Sci. Soc. Am.J. 44: 518-524.
- Ellert, B.H., Janzen, H.H. 1999. Short term influence of tillage on CO₂ fluxes from a semi-arid soil on The Canadian Prairies. Soil and Tillage Research, 50: 21-32.
- Erşahin, S. 2010. Farklı iklim ve topografya koşullarında toprak organik karbonu potansiyel dinamiğinin matematiksel modellemesi. III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi, 20-22 Mayıs, 3: 1012-1020.
- Fanning, D.S., Fanning, M.C.B. 1989. Soil Morphology, Genesis, and Classification. John Willey and Sons. New York
- Farrell, R.E., Gupta, V.V.S.R., Germida, J.J. 1994. Effects of cultivation on the activity and kinetics of arylsulfatase in Saskatchewan soils. Soil Biol. Biochem, 26: 1033-1040.
- Gearing, C.E. 1992. Engine and tractor power. American Society of Agricultural Engineers Books 19962400003: 102-539.
- Göksu, N., Işık, Y., Demirci, N., Atçeken, T. 2009. Kurak bölgelerde sürdürülebilir toprak yönetimi. 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu., 16-18 Haziran- Konya, 298- 301.
- Gültekin, A.H.H., Örgün, Y. 1994. Tarım toprağında bitki besleyici elementlerin rolü. Ekoloji 13: 27-32.
- Haktanır, K., Arcaç, S. 1997. Toprak Biyolojisi. Ankara Üniversitesi (1486) Ziraat Fak. (447): 409.
- Houghton, J., 2005. Global Warming Rep. Prog. Phys. 68 1343-1403
- Izaurrede, R.C., Lemke, R.L., Goddard, T.W., Mc Conkey, B., Zhang, Z. 2004. Nitrous oxide emissions from agricultural toposequences in Alberta and Saskatchewan. Soil Science Society of America Journal, 68: 1285-1294.
- Jabro, J.D., Sainju U., Stevens, W.B., Evans, R.G. 2008. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from preennial forages to annual crops. Journal of Environmental Management, 88: 1478-1484.
- Jansen, L.S., McQueen, D.J. Shepherd, T.G. 1999. Effect of soil compaction on N-mineralization and microbial C Ans-N. I. Field measurement. Soil and Tillage Research 38: 175-188.
- Kapluhan, E. 2013. Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. Marmara Coğrafya Dergisi, ISSN: 1303-2429 27: 487-510.
- Kapur, B. 2010. Artan CO₂ ve Küresel Değişikliğin Çukurova Bölgesinde Buğday Verimi Üzerine Etkileri. Çukurova Üni. Fen Bilimleri Enst. Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı. Doktora Tezi.
- Kayıkçıoğlu, H.H., Okur, N. 2012. Sera gazı salınımında tarımın rolü. Adnan Menderes Üni. Zir. Fak. Dergisi, 9(2): 25-38.
- Korkmaz, K. 2007. Küresel ısınma ve tarımsal uygulamalara etkisi. Alatarım, 6(2): 43-49.
- Koga, N., Tsuruta, H., Tsuji, H., Nakona, H. 2003. Fuel consumption-derived CO₂ emmissions under conventional and reduced tillage cropping systems in Northern Japan. Agriculture, Ecosystem and Environment, 99: 213-219.
- Koruyucu, K., Kirişçi, V., Görücü, S. 1998. Korumalı toprak işleme ve Türkiye'deki uygulamaları. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, Tekirdağ.

- Labeckas, G., Slavinskas, S. 2003. The influence of fuel additives S0-2E on diesel engine exhaust emission. *Transport Journal*, 8(5): 202-208.
- Lal, R., Kimbele, JM. 1997. Conservation tillage for carbon sequestration. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 49: 243-253.
- Lee, J., Hopmans, J.M., Kesel, C.V., King, A.P., Evatt, K.J., Louie, D., Rolston, D.E., Six, J. 2009. Tillage and seasonal emissions of CO₂, N₂O and NO across a seed bed and at the field scale in a Mediterranean Climate. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129: 378-390.
- Ma, L., Peterson, G.A., Ahuja, L.R., Sherrod, L., Shaffer, M.J., Rojas, K.W. 1999. Decomposition of surface crop residues in long-term studies of dryland agroecosystems. *Agronomy Journal*, 91(3): 401-409.
- Maccracken, MC. 2001. *Global Warming: A Science Overview*, pp. 151-159 in *Global Warming and Energy Policy*. Kluwer Academy/Plenum Publishers, New York 220 pp.
- Mosquare, J., Hol, J.M.G., Roppoldt, C., Dolfing, J. 2007. *Precise Soil Management as a Tool to Reduce CH₄ and N₂O Emission From Agricultural Soils*. Report No: 28, Wageningen. P.42. Erişim: 14.11.2012
- Neufeld, H., Reck, V.S.D., Ayarza, M. 2002. Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado Oxisols, Central Brazil. *Geoderma*, 107: 151-164.
- Örs, İ., Safi, S., Ünlükara, A., Yürekli, K. 2011. Su hasadı teknikleri, yapıları ve etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(2): 65-71.
- Özdemir, N. 1995. Türkiye’de tarım bölgelerinin göre toprak korumaya yönelik sorunlar ve öneriler. *Atatürk Üni. Zir. Fak. Der.*, 26(3): 460-473.
- Özden, Ş., Özden, M. 1997. Türkiye Toprak Erozyon Tahmin Modeli TURTEM. Başbakanlık, Köy Hizmetleri Gelen Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Özguven, M.M., Türker, U., Beyaz, A. 2010. Türkiyenin tarımsal yapısı ve mekanizasyon durumu. *GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 89-100.
- Pathak, H., Wassmann, R. 2007. *Introducing Greenhouse Gas Mitigation as a Development Objective in Rice-Based Agriculture: I. Genetation of Technical Coefficients*. *Agricultural Systems*, 94: 807-825.
- Patton, J.C. 2008. *Soil CO₂ Flux During and After Fainfall Events in Iowa*. PhD Thesis, Iowa State Universtiy, Departman of Geological and Atmospheric Sciences, Iowa.
- Polat, O., Polat, S., Akça, E. 2011. Küresel ısınmada ormanların karbon tutulumuna etkisi (Tarsus-Karabucak Örneği). I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim. *KÜS Doğa Bilimleri Der. Özel Sayı*
- Polat, E.H., Manavbaşı, İ.D. 2012. Arazi toplulaştırmalarının kırsal alanda yakıt tüketimi ve karbondioksit salınımına etkilerinin belirlenmesi. *J of Agric. Sci.* 18: 157-165.
- Rasmussen, P.E., Rohde, C.R. 1988. Longterm tillage and nitrogen fertilization effects on organic nitrogen and carbon in a semiraid soil. *Soil Sci. Soc. AmJ*: 52: 1114-1117.
- Reicosky, D.C., 1997. *Tillage-Induced CO₂ Emission From Soil*. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Kluwer Academic Publisher, 49: 273-285.
- Reicosky, D.C., Dugas, W.A., Torbert, H.A. 1997. Tillage-induced soil carbon dioxide loss from differen cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 41: 105-118.
- Reicosky, D.C. 2003. *Tillage-Induced CO₂ Emissions and Carbon Sequestration: Effect of Secondary Tillage and Compaction*. *Environment, Farmers Experiences, Innovations, Socio-Economy*. Springer; 1 Edition, 516: 291-300.
- Reicosky, D.C., Archer, D.W. 2007. Moldboard plow tillage depth and short-term carbon dioxide release. *Soil and Tillage Research*, 94: 109-121.
- Ruiyin, H., Wenqing, V., Yagong, Z., Van Sonsbeek, G. 1999. *Improving Management System of Agricultural Machinery In Jiangsu*. *Proceedings of International Conference on Agri-Engine (I)*: 42-45.
- Sarı, M. 2014. Türkiye’deki Arazi Varlığı ve Bu Arazilerin Erozyona Olan Duyarlılığı. *Anadolu Üni, Açık Öğretim Yayınları*. 5. Ünite.
- Scala, N.L., Lopes, A., Marques, Jr., Percira, G.T. 2001. *Carbondioxide emissions after aplication of tillage systems for a dark red latosol in Southern Brasil*. *Soil And Tillage Researc.*, 62: 163-166.
- Sezer, B. 2014. *Karbon Salınımı ve Toprak Yönetimi*. www.tarim.gov.tr/ABOGM/Belgeler. Ulaşım. 23.10.2014
- Six, J., Ogle, S.M., Breidit, F.J., Conant, R.T., Mosier, A.R., Paustian, K. 2004. The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practiced in the long term. *Global Change Biology*, 10: 155-160.
- Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jenser, T.L., Fixen, P.E. 2009. *Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 133: 247-266.
- Smith, J.L., Papendick, R.I., Bezdicek, D.F., Lynch, J.M.L. 1992. *Organic Matter Dynamics and Crop Residue Management*. P.65-94. In F.B. Metting (E.D). *Soil Microbial Ecology*. Marcel Dekker, New York, Basel, Honk Kong
- Smith, K.A., Conen, F., 2004. Impacts of land management on fluxes and trace greenhouse gases. *Soil Use and Management*, 20: 255-263.
- Sönmez, B., 2012. *Tarım Arazilerinin Sürdürülebilir Kullanımı*. *Onuncu Kalınma Planı (2014-2018)*. Çalışma Grubu Taslak Raporu. Ankara
- Sümer, S.K., Kocabyık, H., Say, S.M., Çiçek, G. 2010. *Traktörlerde 540 ve 540E kuyruk mili çalışma karakteristiklerinin tarla koşullarında kıyaslanması*. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 16: 37-45.
- Şenyiğit, U., Akbolat, D. 2010. Farklı sulama yöntemlerinin topraktan karbondioksit (CO₂) çıkışı üzerine etkisi. *Ekoloji Dergisi, Çev. Kor.* 19(77): 59-64. doi: 10.5053/ekoloji.2010.779
- Teepe, R., Brumme, R., Beese, F., Ludwig, B. 2004. *Nitrous oxide emission and methane consumption following compaction of forest soils*. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 605-611.
- Thomas, S., Barlow, H., Francis, G., Hedderley, D. 2004. *Emission of nitrous oxide from fertilized potatoes*. In: *supersoil 2004: 3th Australian New Zealand Soils Conference*, 5-9 December, University of Sidney, Australia.
- TÜİK. 2012. *Seragazi Emisyon Envanteri (1990-2010)*. *Haber Bülteni*. www.tuik.gov.tr 01.06.2012. sayı: 10829.
- TÜİK. 2014. *Türkiye Tarım Makinaları Envanteri*. www.tuik.gov.tr Erişim: 12.11.2014
- Ulukan, H. 2010. *Küresel ısınma faktörleri ve küresel ısınmanın bazı tarla bitkileri tarımına etkisi*. *Ankara Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezi, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2(1): 71-79.
- Viesturs, D., Kopiks, N.C., Melece, L., Zakis, I. 2011. *Methodological aspects for estimation of impact of modernisayion of fleet of tractors upon polluting emissions in the air*. *Proceedings of The 10th International Scientific Conference-Latvian University of Agriculture Jelgava, (I)*: 89-92.
- Vatandaş, M., Ekmekçi, K., 2002. *Traktör Motorlarında Eksoz Gazı Kirliliği ve Yakıt Ekonomisi Optimizasyonu*. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(2): 140-142.
- Yeşilsoy, Ş., Tüzüner, A., Sunar, U. 1976. *Orta Anadolu da toprak işlemenin rutubet muhafazası ve buğday verimine etkileri* *Toprak-Su Dergisi*, 42.
- Yokuş, S., Bilgili, E.M., Aydın, C. 2009. *Kurak bölgelerde sürdürülebilir toprak yönetimi*. 1. *Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu*. 16-18 Haziran-Konya, 861-867.