

3. Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları	2
3.1.Giriş	2
3.2. Tarımda Fosil Yakıt Kullanımı	5
3.3. Toprak Karbonunun Yönetimi	7
3.4. Hayvansal Atıklar ve Göletlerden Nitri oksit ve Metan Emisyonları	10
3.5.Çeltik Ve Metan Üretimi	14
3.6. Tarım için Geriletme Seçenekleri	17

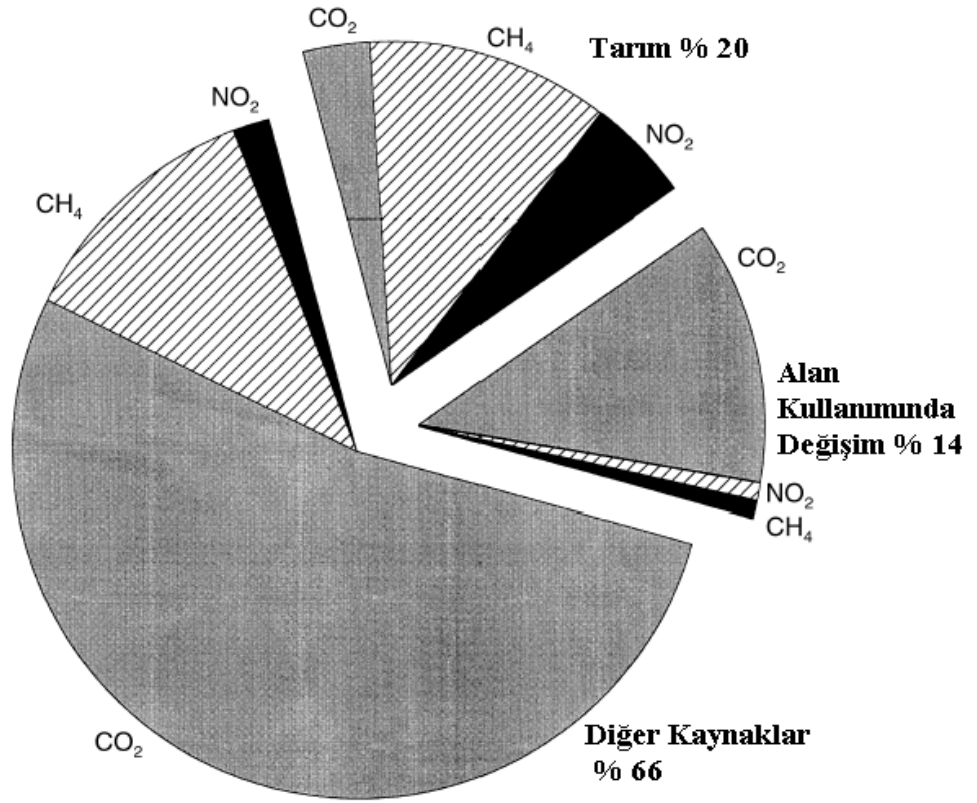
Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

3. Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

3.1.Giriş

Tarım sera gazlarının (GHG_s) hem kaynağını hem de emilme haznesini oluşturmaktadır. Dünya'da gıda ve lif üretiminin küresel olarak yoğunlaşması GHG emisyonunu etkileyen önemli bir faktör olmaktadır. Dünya gıda üretiminin % 97'den fazlası işlendiğinde gübrelendiğinde veya hayvanlar tarafından otlatıldığında ortama GHGs salan topraklar üzerinde üretilmektedir. ABD tarımı GHGs'nin küçük bir kaynağı olarak düşünülürken, artan dünya nüfusu tarımsal üretimi GHG emisyonu riskini artırmaksızın ve çevrenin tahribine giden sonuçlara yol açmadan artırmak için bir hedef göstermektedir. Bu bölüm tarımdan gelen GHGs 'yi bir perspektife oturtmaya girişecek ve tarımdaki fosil yakıt, yoğun toprak işleme nedeniyle ortaya çıkan (C) kaybı, gübrelere ilişkin emisyon, hayvansal üretimden ve hayvan gübresinden gelen emisyonlar ve çeltik üretiminden gelen emisyonlara kısaca değinecektir. Sera gazı etkisinin(radiative zorlama) %20'sinin tarımsal aktiviteler ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir. GHCs ve küresel değişime tarımın katkısı konusunda son incelemeler bulunmaktadır.Endüstriyel devrimden bu yana, CO₂ giriş ve çıkışı insanoğlu tarafından etkilenmiştir. Atmosferik CO₂ konsantrasyonu ([CO₂]) % 28 civarında artmıştır. Bunun esas nedeni ABD toplam CO₂ emisyonunun % 99'undan sorumlu olan katı yakıt yakılmasıdır. Tarla ve mera açmak amacıyla ormanların açılması bakir toprakların kültür altına alınması ve tavada çeltik, ve şeker kamışı üretimi anız yakılması, sığır yetiştiriciliği, azotlu gübre kullanımı, atmosfere GHCs bırakılmasında hepsi sorumludurlar. GHCs' nin radiative zorlaması ve etmenlerin nisbi miktarları Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları



Şekil 3.1. Küresel Radiative Baskıdaki yıllık Artışın Tarım ve Alan Kullanımındaki Değişimden Kaynaklanan Nisbi Oranları (Cole ve Ark., 1996)

CO₂ metan (CH₄), nitri oksit (N₂O) atmosferde doğal olarak bulunmalarına karşın son zamanlarda artış göstermeleri büyük ölçüde insanoğlunun aktivitelerinin bir sonucudur. 19. yüzyıldan bu yana sera gazlarının atmosferik konsantrasyonları CO₂ için % 30 metan için % 145 ve N₂O için % 15 civarında artmıştır.

Küresel ısınma potansiyeli (GWP) kavramı hükümetler arası iklim değişim paneli (IPCC) tarafından CO₂'te göre CHGs'in atmosferdeki ısıyı tutma yeteneğini karşılaştırmak amacıyla geliştirilmiştir. Bir sera gazının GWP'si 100 yıllık bir periyotta bir birim gaz kütlesinin /bir birim CO₂ kütlesinden gelen radiativ zorlamanın oranıdır. GWP değerleri CO₂=1 Metan için CH₄=21 ve N₂O=310'dur. Hidroflorokarbonlar, perflorokarbonlar ve sülfür heksaflorit gibi insan yapımı gazlar çok daha yüksek GWP değerlerine sahiptir ancak tarımsal kaynaklı değildirler. GHGs' in oransal miktarlarını belirlemek için IPCC, GHGs'i milyon metrik ton karbon eşdeğeri birimi olarak ifade etmeyi kabul etmiştir. Bu değer, gazın kütlesinin ürünü olarak (Tetra gram Tg)xGWPx12/44 denkleminin bir ürünü olarak hesaplanmaktadır. 12/44 oranı karbon

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

kütlesinin CO₂ kütlesine oranıdır ve uyumluluk için GHG birimleri MMTCE olarak ifade edilecektir. Karbondioksit eşdeğeri miktarı için bu miktar 3.67 ile çarpılabilir.

Küresel karbon siklusu tarım için önemli olan büyük karbon rezervuarlarından (Havuzlardan) ve akıntılardan oluşmuştur. Karbon rezervuarları fiziksel, jeolojik ve biyolojik işlevler yoluyla karşılıklı alışveriş yollarıyla birbirine bağlıdır. CO₂ formunda biz milyonlarca ton karbon okyanuslar tarafından karbon hazneleri olduğu kabul edilen yaşayan biyomas (Bitki fotosentezi vasıtasıyla) absorbe edilmektedir. Önemli miktarda karbonda doğal veya insan eliyle yürütülen işlevler yoluyla atmosfere gönderilmektedir. Bunlarda karbon kaynakları olarak kabul edilmektedir. Denge halinde çeşitli havuzlar arasında karbon değişimleri yada akımları kabaca dengelenmiştir. Bu havuzların tahmini değerleri Tablo 3.1.'de verilmiştir. En büyük havuza 38 milyon MMTCE içeren okyanuslardır.Önemli bir miktarda karbon ise tarımsal üretim sistemlerinde toprak organik maddesi (SOM) olarak depolanmaktadır. Dünya'nın karasal yüzeyinin büyük bir kısmında SOM olarak karbon miktarı 1.4-1.5 milyon MMTCE arasında değişmektedir ve canlı vejetasyonda depolanan karbon miktarını (560 bin MMTCE olduğu tahmin edilmektedir) İki üç kat aşmaktadır. Tarımsal alanlardan atmosfere salınan CO₂'in katkısı insanoğlunun aktiviteleri nedeniyle salınan toplam miktarın % 20-25'ini temsil etmektedir. Topraklarda tutulan organik karbonun miktarı fotosentetik olarak bitki biyoması içinde bağlanan karbon girdisi ile mikrobiyal ayrışma yolu ile karbon kaybı arasındaki dengeye bağlıdır. Tarımsal uygulamalar bitki anızlarından gelen organik madde girdisini ve bunların ayrışmasını değiştirebilir. Dolayısıyla toprağa doğru yada topraklardan CO₂ akımındaki net bir değişim ortaya çıkar.

Tablo 3.1. Küresel Karbon Oluşumunun Bileşenlerinin Tahmini

Havuz	Toplam C İçeriği (MMTCE) ^a	
	Bouwman, 1990	Eswaran ve Ark., 1993
Atmosfer	720,000	750,000
Biyomas	560,000-835,000	550,000
Toprak Organik Maddesi	1,400,000-2,070,000	1,500,000
Caliche ^b	780,000-930,000	-
Okyanuslar	38,000,000	38,000,000

^a Milyon Metrik ton Karbon Eşdeğeri

^b Kurak ve yarı Kurak Bölgelerde Petrocalcik Katmanlar

3.2. Tarımda Fosil Yakıt Kullanımı

Tüm tarımsal işlemler için enerji gereklidir. Modern yoğun tarım klasik tarım metotlarından çok daha fazla enerji girdisine gerek duymaktadır. Çünkü toprak işleme ve nakliye için tane kurutma ve tarımsal girdi olarak kullanılan gübre pestisit ve ekipman üretimi için ve de çiftliklerde kullanılan elektriği üretmek için fosil yakıtların kullanımına bağımlıdır. Bu konuda yapına ilk tahminler, tarımsal amaçlarla fosil yakıtların özellikle sıvı yakıt ve elektrik olarak kullanımının gelişmiş ülkelerdeki toplam tüketimin yalnızca % 3-4'ünü oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Tarımın katkısını belirtebilmek için ABD'de 1996 yılında fosil yakıtları kullanımından gelen karbon emisyonlarının miktarının konutlar için 286.7, ticaret için 229.9 endüstriyel amaçlı 477.5 ve taşıma için 445.5 MMTCE olduğu belirtilmektedir. 1996 yılında ABD'de katı yakıtlardan CO₂ olarak salınan toplam karbon miktarı 1450.3 MMTCE'dir. Bu değer zamanla yavaş bir artış göstermektedir. Başka araştırmacılar tarafından düzeltilmiş tahminler ise ABD tarımının ABD'deki 1596 MMTCE'lik toplam emisyonun 116'sını (% 7.3'ünü) oluşturduğunu göstermektedir. Bu tarımsal emisyonlar toprak erozyonu nedeniyle oluşan ilave 15 MMTCE (daha önceki tahminler katılmamıştı) ve dolaylı gübre pestisit üretimi kullanımı ve direkt çiftlik enerjisi kullanımı nedeniyle oluşan 27.30 MMTCE değerlerini kapsamaktadır.

Toprak işleme ve hasat işlemleri yoğun tarım sistemleri içerisinde yakıt tüketiminin en büyük kısmından sorumludur. Toprak işlemez yada azaltılmış toprak işlemeli tarım kullanılarak gerek duyulan yakıt gereksinimleri kulaklı pulluk kullanılan klasik terim sistemlerinde kullanılan değerler sırasıyla % 55'i ve % 78'i civarındadır. Enerji maliyetinde klasik metottan toprak işlemez tarıma dönüş suretiyle yılda 23 kg/ha karbon tasarrufu elde edilebilmektedir. ABD'de 186 milyon ha 'lık(MHA) üretim alanı için bu potansiyel karbon tasarrufu yılda 4.3 MMTCE anlamına gelmektedir. Bazı araştırmacılar, ABD'de ekili olan bitkisel alanın % 76'sının korumacı toprak işlemeye dönüşümünün 30 yılda 286-468 MMTCE kadar çok bir geri çekme olduğu kanısındadırlar ve ABD tarımının net bir karbon hazinesi olduğu kanısına da varmışlardır. Başka bir araştırmacı klasik toprak işlemeden korumacı toprak işlemeye dönüşümle karbon kazancının 2020 yılına kadar 4900 MMTCE kadar yüksek olabileceğine dair küresel bir tahminde bulunmuştur.yakıt maliyeti azalmasının

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

ekonomisi ile korumacı toprak işleme dönüşün çevresel yararlarının birleşmesi atmosfere karbon emisyonunu azaltmaya doğru tarımda olumlu ilk adımdır.

ABD tarımında 1996 yılında kullanılan fosil yakıtların bir özeti Tablo 3.2' de verilmiştir. Kullanılan 3 tip yakıt doğrudan 19 MMTCE'den daha fazla salım yapmıştır. Bunlar arasında dizel yakıt en büyük paya sahiptir. Üretilmesi için en fazla miktarda enerjiye gerek duyan azot gübreleri herhangi bir diğer gübre cinsinden daha fazla miktarlarda kullanılmaktadır. Gübre üretiminde net enerji kullanımı bitki etkinliklerinde ve doğal gaz kullanımında büyük gelişmeler nedeniyle son zamanlarda % 40' a varan ölçüde azalmıştır. Azot P_2O_5 ve K_2O üretimi için gerek duyulan enerji miktarları sırasıyla 45.5, 10.8 ve 5.0 Btu/g' dır. Örnek olarak Btu'dan joule (J)'e çevirirsek 1 Btu=01055.06 joule. Doğal gaz için (13.6 kg karbon 10^9 joule) karbon içeriği kullanılmak üzere her ton azot başına salınan 0.66 ton karbon verimi vermektedir. Dolayısıyla 80 Tg'lik gübre azotunun yıllık küresel tüketimi CO_2 olarak salınan yaklaşık 53 MMTCE'lik tüketime karşı gelmektedir ve ABD'de 1940'lı yıllardan bu yana kimyasal üretimde hafif bir artış vardır ve 1996 yılında atmosfere 8.3 MMTCE'lik bir katkıda bulunmuştur. ABD tarımında kullanılan fosil yakıtların birleştirilmiş tahminleri toplam ABD karbon emisyonunun yaklaşık % 2'sini temsil etmektedir. Bununla birlikte bu değer ısıtma ve soğutmada kullanılan elektrik için ve ekipman üretimi için kullanılan enerjiyi kapsamamaktadır. Diğer araştırmacılar tarımsal makine üretmek için gerek duyulan enerjinin ürün üretmek için kullanılan yakıtı eşdeğer olduğunu tahmin etmektedirler.

Bir araştırmacı ABD'de kullanılan toplam enerjinin % 17'sinin gıda sistemlerinde (tarımsal üretim için kullanılan yaklaşık % 6, işleme ve paketlenme için % 6 ve dağıtım ve hazırlama için % 5 ile birlikte) kullanılmaktadır. Bu toplam enerji kullanımının % 17'si yıllık kişi başına sadece gıda için yaklaşık 1500 litre yakıtı temsil etmektedir. Fuel-oil'in karbon içeriğini 0.73 kg karbon/litre alırsak bunu ABD'nin 1998 ortalarındaki 270 milyon ile çarparsak gıda üretimi, işleme ve hazırlanmasının ABD'de yılda 296 MMTCE gönderdiğini bunun ABD toplamının yaklaşık %20'si olduğunu buluruz. Gıda sektörünün bir bütün olarak (işleme, koruma,depolama ve dağıtım) fosil yakıt gereksinimi toplam fosil enerji tüketiminin % 10-20'sinden sorumludur. Şöyle, ki böylece tarım nedeniyle enerji kullanımındaki yumuşama, tarım tarafından salınan CO_2 miktarını azaltmak için çözümler dikkate alındığında, üretim yapılmayan alanlarda % 11 olarak dikkate alınması gerekir.

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

Tablo 3.2. ABD’de 1995 Yılında Fosil Yakıtların Kullanılmasıyla Doğrudan ve 1996 yılında Kimyasal Girdilerin Kullanılmasıyla Dolaylı Olarak Tarımsal Karbon Emisyonları.

Yakıtlar ^a	Hacim (10 ⁶ L)	Karbon (MMTCE)
Dizel	13,626	11,02
Gaz	5,626	3,32
Propan	3,08	4,97
Toplam		19,31
Kimyasallar ^b	Ağırlık (kg x 10 ⁶)	Karbon ^c
Azot (N)	6,916.9	6.30
Fosfor (P ₂ O ₅)	2,904.0	0.61
Potasyum (K ₂ O)	3,181.0	0.31
Ot Öldürücü	155.1	0.68
Böcek Öldürücü	18.8	0.68
Mantar İlaçları	3.32	0.01
Diğer Kimyasallar	59.1	0.26
		8.25

^a Tarımsal Kaynaklar ve Çevresel Göstergeler #16, Aralık.1996;

^b USDA-NASS tarımsal İstatistik Kurulu. 1996 Tarla Bitkileri Özeti. Tarımsal Kimyasal Kullanımı

^c Yakıtın 14 mg C /(btu) ‘lük bir Hava gazı olduğu kabul edilerek, Tarım yapılan Arazinin % 100’ü (123,968,000 ha) Temsil Edilmekte. 7 Önemli Ürünü ve Alanın % 71.5’ni Kapsayan Tarama Çalışmasında Tahmin Edildi

3.3. Toprak Karbonunun Yönetimi

Orman alanlarının tarımsal yada kentsel alanlara dönüştürülmesi CO₂ olarak toprak karbonunun emisyonlarında değişim ile sonuçlanabilir. Buna karşın orman ve bitki biyomasının net katkısı bir CO₂ alıcısı olarak toprakta rol oynaması ile sonuçlanabilir. Tarım ve yoğun toprak işleme toprak karbonunda % 30-50 arasında azalmaya neden olmuştur. Çünkü bazı topraklar 100 yıldan fazladır tarıma açılmıştır. Toprak işleme karbon kaybına yol açan mekanizmaları ve bu karbon kaybının toprak verimliliği, toprak kalitesi ile nasıl ilişkili olduğu, karbon eldesi ve nihayetinde bitkisel

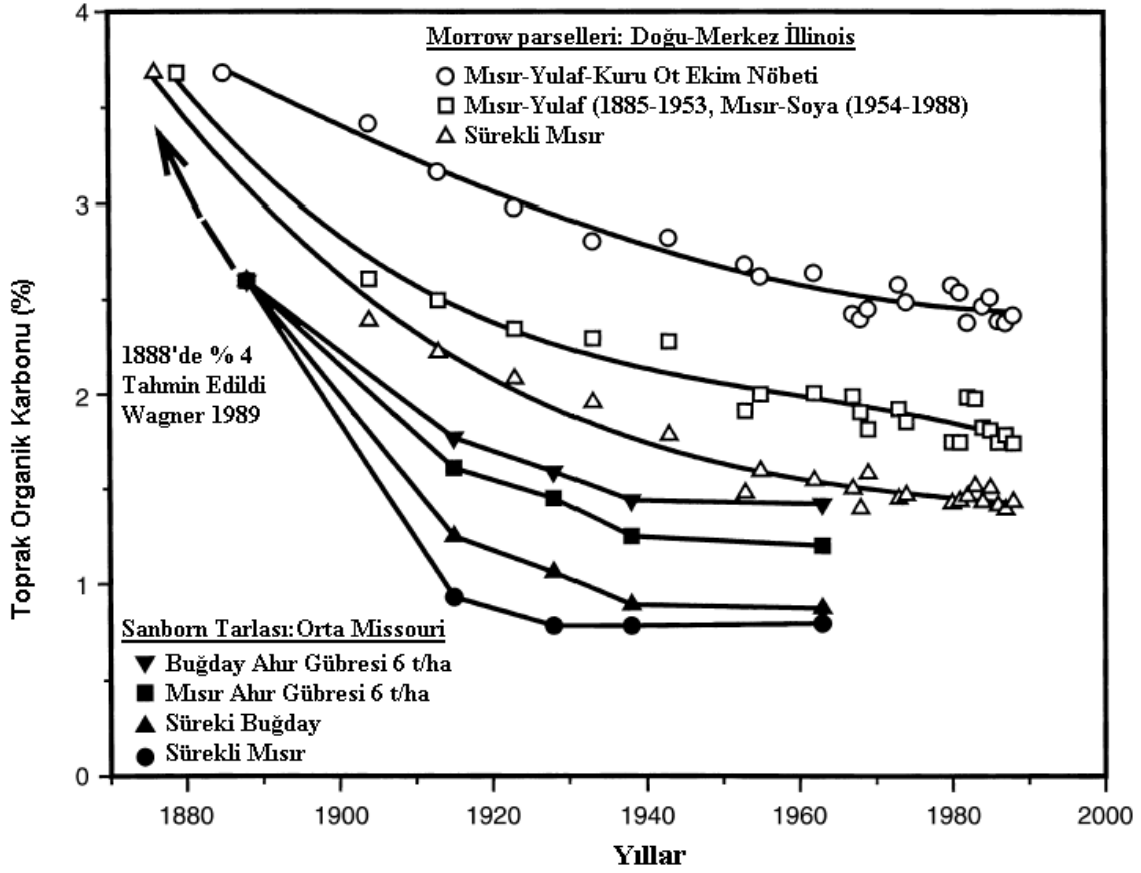
Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

üretimi daha iyi anlamaya gerek vardır. Toprak karbonu konusundaki uzun süreli çalışmalar yoğun toprak işlemenin ve anız amenajmanının topraktaki karbon kayıplarında rolü olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte bu verilerden küresel bir değer elde edilmesi arazi yapısında karbon miktarları ve dağılımı konusundaki belirsizlikler nedeniyle zorlaşmaktadır. Bu bir araştırmacı tarım topraklarının küresel olarak daha iyi kullanımının yıpranmış toprakların iyileştirilmesini, fazla alanların sürekli olarak bir kenara ayrılmasının, günümüzde tarım için kullanılan bazı sulak alanların iyileştirilmesinin toprakta yılda 400-900 MMTCE'lik bir tasarruf sağlayabileceğini tahmin etmektedirler ve bu araştırmacılar toprakların ilave karbon depolama için sınırlı kapasitesinin 50-100 yılda gerçekleşebileceği konusunda uyarıda bulunmaktadır. İyileştirilmiş amenajman potansiyeli tarımın GHC emisyonlarını azaltabilme umudunu ortaya koymaktadır.

Mineral topraklar genellikle oldukça yüzlek organik katmanlardır. Dolayısıyla organik topraklara göre düşük organik karbon içerikleri bulunmaktadır. Sonuç olarak mineral toprağın karbon stoklarını işlemenin tipine, iklime ve toprak tipine bağlı olarak ilk 10-20 yıl içerisinde tüketilmesi mümkündür. Doğal karbon stoklarının büyük bir kısmı bir kez tüketildi mi bitki artıklarından gelen birikim ile ayrışma yolu ile karbon kaybı arasında bir eşitliği yansıtan bir denge durumuna ulaşılmaktadır. Bir araştırmacı eğer bitki anızlarındaki karbonun % 15'i pasif toprak organik karbonuna (SOC) dönüştürülürse bunun daha az yoğun toprak işleme uygulandığında 200 MMTCE/ yıl oranında karbon tasarrufuna yol açacağını hesaplamaktadırlar. Eğer gelişmiş anız amenajmanındaki mevcut değişimler ve mineral topraklarda klasik işlemeden korumacı işlemeye doğru dönüşüm son 10 yılda olduğu gibi sürdürülürse bu değişiklikler 2020 yılına kadar 1500-4900 MMTCE arasında değişen kümülatif küresel karbon tasarrufuna yol açabilir. Artan toprak organik maddesi (SOM)'ne ilaveten korumacı toprak işlemenin ekonomik ve ekolojik yararları ayrıca azaltılmış toprak erozyonu daha düşük enerji maliyeti su muhafazası ve kalite iyileşmesi toprak sıcaklık düzeni ve artan toprak yapısından doğal avantaj sağlar. Bütün bunlar iyileştirilmiş çevre kalitesi ve artan üretime katkıda bulunur. Tarımsal üretimde yoğun toprak işlemenin toprak organik maddesine ne yaptığına dair örnek Şekil 3.2' de gösterilmiştir. Bu veriler İllinois' te ve Missouri' deki topraklardaki toprak karbonundaki uzun dönemli eğilimleri göstermektedir.

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

Her iki lokasyonda toprak organik madde (SOC)' da benzer azalmalar göstermiştir. Her iki



Şekil 3.2. Toprak İşleme Ve Ekim Nöbetinin Orta Batı ABD'de Toprak Karbonuna Uzun Süreli Etkisi

lokasyonda ortak olan yegane faktör deneme parsellerini işlemek için kulaklı pulluk kullanılmasıdır. Farklı yetiştirme sistemleri yada ekim nöbetleri toprak karbonunda farklılık yaratabilmektedir. Buda SOM'un kontrolü ve toprak karbon seviyelerini iyileştirmek için amenajman seçeneklerinin var olduğunu göstermektedir. Kulaklı pulluk ve diskaro kullanımından kaynaklanan toprak işleme nedenli toprak karbon kayıpları ve tek yıllık türlere dönüş karbon azotunda büyük azalma sonucunu getirmiştir. Dünya üzerindeki diğer çalışmalar benzer eğilimler göstermektedir ve iyileştirilmiş anız amenajmanı ile birlikte korumacı toprak işleme olan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Toprak işlemeden hemen sonra önemli bir CO₂ akımı olduğu değişik yazarlar tarafından bildirilmektedir. Bu da tarımsal üretimlerinde karbon akışını etkilemede toprak işlemenin uzun dönemde rolünü ortaya koymaktadır. Özellikle kulaklı pullukla toprak işlemenin dakikasında CO₂ kaybına yol açmaktadır. Kulaklı pullukla işlemeden sonraki 19 günde CO₂ şeklinde karbon kaybı öncü buğday anızında % 134 rakamına tekabül etmektedir. Kulaklı pullukla işleme belli başlı 2 önemli etkiye

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

sahip olduğu ortaya çıkan en tahripkar toprak işleme tipidir. (i) Toprağı gevşetmek ve altüst etmek, buda toprağın hızlı bir şekilde CO₂ kaybı ve toprağa hızlı oksijen girişidir. (ii) Anızı toprağa karıştırma böylece mikrobiyal faaliyeti hızlandırma. Toprak işleme toprak sistemini bozmakta ve gaz dengesinde toprak karbonunun oksidasyonunu teşvik eden ve toprak organik kaybı demek olan CO₂ salımı ile değişiklik yaratmaktadır. Daha az toprak işlemenin herhangi bir formu olana korumacı toprak işleme bu işleme nedenli karbon kaybını minimize edebilir.

Sürdürülebilir tarım etkin biomas karbon kullanımı için yeni teknolojiler gerektirmektedir. Bitki sapları yada anızı kolaylıkla işlenebilir olan ve toprak karbonu tasarrufu için primer girdi olarak hizmet edebilen önemli ve yenilenebilir kaynaktır. Bir araştırmacı küresel işlenebilir alan miktarının 1.4×10^9 ha olduğunu ve yılda 3.44×10^9 Mg 'lık bitki anızı ürettiğini tahmin etmektedir. Ortalama 1 kg anızda 45 g karbon içeriği olduğu düşünüldüğünde toplam küresel karbon asimilasyonu yaklaşık 1500 MMTCE/yıl'dır. Anızdaki karbonun büyük bir kısmı anız toprak işleme ile toprağa karıştırıldığında, mikrobiyal ayrışma ile tekrar CO₂' e dönüşürken küçük bir kısmı humus olarak toprakta uzun dönemli tutulur. Tarımsal ürün anızlarından gelen karbon fotosentezde fikse edilen toplam küresel karbonun yalnızca küçük bir (% 1) bölümüdür. Bununla birlikte uygun kolay işlenebilir bir kaynaktır.

3.4. Hayvansal Atıklar ve Göletlerden Di Nitri oksit ve Metan Emisyonları

Di Nitrioksit toprakta, suda ve hayvansal atıklarda geniş anlamda üretilmektedir. Son 200 yılda insan aktiviteleri N₂O konsantrasyonunu % 13 arttırmıştır. N₂O üreten asıl aktiviteler katı yakıt yanması, tarımsal toprak işleme, toprak amenajmanı ve endüstriyel kaynaklardır. Çok miktarda azot gübresi kullanımı anaerobik koşullarda salınan N₂O ile ilişkili olarak ikincil problemler yaratırlar. Gübreleme ve yetiştirme uygulamaları gibi toprak amenajman aktiviteleri N₂O emisyonunun en büyük kaynakları olup ABD toplamının % 43' ünden sorumludur. Ağıllarda hayvansal gübre amenajmanı (3.7 MMTCE) ve tarımsal atık yanması (0.1 MMTCE) N₂O emisyonunun küçük kaynaklarıdır.

Metan (CH₄), GHG emisyonlarına katkıda bulunmada CO₂' ten sonra ikinci sırada gelir. Toprak doldurmaları ABD'de metan emisyonlarına en büyük katkı yapan işlev iken tarımsal sektör ABD emisyonlarının % 30' undan sorumludur. ABD'de 1996 yılında salınan toplam 176.7 MMTCE'lik tarımsal metan emisyonunun % 34.5'u

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

ruminant hayvan yetiştiriciliği, 16.6'sı ahır gübresi uygulaması % 2.5'u çeltik ve biyomas yanması şeklindedir.

Sera gazları hayvansal gübrenin depolanması ve uygulanması ile ilişkilidir. Bu GHGs'lerden hayvanlar tarafından oluşturulan metan emisyonlarına oldukça fazla önem verilmektedir. Gübre depolama sistemleri ile CO₂ üretimine ise daha az önem verilmektedir. Tarımsal sektörün potansiyel metan emisyon kaynakları arasında hayvan gübresinin yaklaşık katkısı toplamın % 5' i civarındadır (**Tablo 3.3.**). Metan emisyonlarının gübre oranları içerisinde domuz üretimi gübrenin işleme ve depolama tipi nedeni ile en fazla paya sahiptir (**Tablo 3.4**). Gübre içerisinde dinitriksit oluşumu gübre depolaması ve uygulamasında ortaya çıkan nitrifikasyon/denitrifikasyon işlevi sonucudur. Tarla uygulamasından sonra ahır gübresi kaynaklarından gelen dinitriksiti topraktaki ticari gübre kaynaklarından ayırmak güç olacaktır. Metan değişik çalışmalarda çoğu kez en çok ölçülen gazdır. Bununla birlikte farklı üretim uygulamalarını karşılaştırmada kullanılacak veri miktarı çok azdır.

Tablo 3.3. ABD'de Atmosferik Metan Emisyonunun Tarımsal Kaynakları (EPA,1994a).

Kaynak	Metan Emisyonu	
	(Tg/yıl)	MMTCE
Çeltik	65	372.3
Hayvancılık	80	458.2
Ahır Gübresi	10	57.3
Biyomas Yanması	30	171.8
Toplam	185	1059.6

Hayvan gübresi depolama sistemlerinden GHG üretimi, çok sayıda denemede yada geniş iklim koşullarında yeterince ölçülmemiştir. Bataklıklarda toprak içi depolama sistemlerinde metan üretimi katı sıvı ilişkisinden gelmektedir ve bu arada CO₂ üreten bakterilerin mevcudiyeti ile olmaktadır. Hayvan gübresinin aneorobik koşullarda hazmı metan üretimine yol açmaktadır. Bir araştırmacı anaerobik hayvan depolama sistemini kompleks iç bağlantıları olan biyolojik sistemler olarak tanımlamaktadır. Metan üretim bu biyolojik sistemin bir parçasıdır ve araştırmacılar yükleme oranı Ph ve sıcaklığın bu organizmalar arasındaki dengeyi değiştirmeye yarayan faktörler olduğunu ileri sürmektedirler. Bu interaksiyonların bir listesi bazı

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

araştırmacılar tarafından verilmiştir. Aynı araştırmacılar anaerobik depolama sistemini aerobik depolama sistemine çevrilmesini atmosfere amonyak (NH₃) kaybını azalttığını bulmuşlardır. Ne yazık ki bu değişim N₂O üretimine de yol açmaktadır. Bununla birlikte bu araştırmacı bu gazların umulan salım miktarını vermemiştir. Diğer bir araştırmacı grubu farklı hayvancılık sistemlerinden metan emisyonunun özelliklerini belirlemiş ve anaerobik ahır gübresi depolama sistemlerinin lignin olmayan organik maddeyi sıcak, nemli, havasız koşullarda metana döndüğü kanısına varmıştır. Diğer bir araştırmacı bu faktörlere dayalı olarak GHG' nin tahmin edilebilmesi için kullanılacak anaerobik depolama sistemleri için matematik bir model geliştirmiştir.

Tablo 3.4. ABD ve Dünya 'da Hayvan Gübresinden Kaynaklanan Metan Emisyonları (EPA,1994 a,b)

Türler	Metan Emisyonu			
	ABD (Tg/Yıl)	Dünya (Tg/Yıl)	ABD (MMTCE)	Dünya (MMTCE)
Süt Sığırcılığı	0.71	2.89	4.07	16.55
Et Sığırcılığı	0.19	3.16	1.09	18.09
Domuz	1.11	5.29	6.36	30.16
Koyun ve keçi	-	0.71	-	4.07
Kümes	0.23	1.28	1.32	7.33
Hayvanları				
Diğer	0.24	0.51	1.37	2.92
Toplam	2.48	13.84	14.21	79.12

Domuz yetiştiriciliğine ilişkin olarak farklı ahır gübresi depolama sistemlerinden yıllık metan salımı yarı kapalı çukurlarda hayvan başına 10 kg ile bataklık sistemlerinde hayvan başına 90 kg' a kadar çıkmaktadır. Metan üretimindeki bu varyasyon farklı ahır gübresi sistemlerinde katı maddenin miktarına ve depolama sisteminde mevcut bakteriyel popülasyona bağlanmaktadır. Bir araştırmacı grubu domuzlar için derin altlık sistemlerinin nitrioksit emisyonunu ahır gübresi içindeki gübre hazım sistemindeki değişiklikler nedeniyle azalttığını bulmuştur. Ahır gübresi amenjmanındaki değişiklikler emisyon oranlarına olumlu etkide bulunabilir. Bir araştırmacı bataklık üzerine bir iz gaz analizatörü yerleştirmiş ve gün boyunca metan akımındaki varyasyonun, sıcaklıktaki günlük değişimlerle ilişkisi olduğunu gözlemiştir. Benzer varyasyonlar çeltik tarlalarında da gözlenmiştir. Bir araştırmacı grubu ayrıca bataklık yüzeyi ile atmosfer arasında değişim katsayısında varyasyon olduğunu belirlemiştir. Bununla birlikte bu veriler atmosferik koşullardaki çok geniş değişime

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

tepki olarak metan üretimindeki mevsimsel değişiklikleri rakamlarla ifade edecek kadar uzun süreli toplanamamıştır. Bir başka araştırmacı grubu laktasyon dönemindeki süt sığırlarının metan ve CO₂ üretimlerini ölçmüştür ve depolanan hayvan gübresinin deneme koşullarında metan ve CO₂ emisyonlarına sırasıyla % 5.8 ile 6.1 arasında katkıda bulunduğunu bulmuştur. Özellikle ruminant hayvanlar için hayvan gübresi depolaması atmosfere toplam GHG yüklemesinin çok küçük bir kısmını yansıtmaktadır.

Bir başka araştırmacı grubu domuz gübrelerinin, laboratuvar ölçekli kompost cihazı kullanılarak sürekli havalandırma koşullarında kompostlaşması sırasında salınan GHG emisyonlarını ölçmüştür. Kompostlaşmanın başlamasından itibaren yalnızca 1 gün metan emisyonu gözlenirken nitrioksit ve amonyak her çevirmeden sonra artmış ve azalmıştır. Kompostlaşma sırasında toplam azot kaybı içerisinde nitrioksit emisyonunun toplam miktarı amonyak emisyonunun küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Diğer bir araştırmacı grubu mısır ekili alana sığır gübresi uygulamasından sonra Nitrioksit emisyonunu ölçmüştür. Ahır gübresi uygulaması oranları 0, 170 ve 300 kg/ha şeklinde olmuştur. ahır gübresi uygulanmış parsellerde yetiştirme sezonu boyunca salınan toplam di nitri oksitin % 67' si uygulamayı takip eden ilk 7 hafta içerisinde ortaya çıkmıştır. Yüksek N₂O akımları topraktaki nitrat NO₃.N azotu seviyeleri ve toprak su içeriklerinin oldukça yüksek olduğu periyotlarla aynı zamana rastlamaktadır. Akımlar gübre uygulamasından sonra ilk günde en yüksek seviyesinde olmuş, 7 gün sonra uygulama öncesi seviyesine geri dönmüştür. N₂O arzında genellikle yağmuru izleyen kısa süreli bir pik nokta oluşmuştur. Ahır gübresi azotunun N₂O olarak biriken yalnızca % 1'i potansiyel olarak kar sezonu dışında mineralize olabilir formdaydı. Benzer bir çalışmada diğer bir araştırmacı grubu gübre ve ahır gübresinin metan emisyon oranlarına etkisini Çin' deki bir çeltik tarlasında otomatize edilmiş kapalı iklim odası sistemi kullanarak değerlendirmişlerdir. Metan emisyonundaki artışın oranı uygulanan organik ahır gübresinin miktarına bağımlı olmuştur. Tek bir organik ahır gübresi uygulaması hiç organik gübre uygulanmayan tarlalara kıyasla kısa süreli metan emisyon oranlarını %2.7-4.1 kez arttırmıştır.

Literatür üzerinde yapılan incelemeler hayvansal gübre depolama ve kullanılmasından gelen GHG akımında çok büyük bir varyasyon olduğunu göstermektedir. Bu farklılıklar türlerdeki beslenme şekillerindeki, depoya yüklenme oranlarındaki, depo sistemindeki ve ahır gübresi deposundaki çevresel koşullardaki varyasyon ile açıklanabilir.GHG'nin mikrobiyal üretiminin ve emisyonunu etkileyen

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

fiziksel ve biyolojik parametreler daha fazla önem veren diğer başka çalışmalara da gerek duyulmaktadır. Bu veriler farklı türlerin beslenme modelleri ile eşleştirilerek kullanılmalıdır ve GHG üretimi ve emisyonunun dinamiklerini rakamlarla ifade etmek için ahır gübresi depolama sistemleri içerisindeki kimyasal faktörlerin tam olarak anlaşılması gerekli olacaktır. Bu tip bir bilgi daha realistik bir geriletme senaryoları geliştirmek için esas olacaktır.

3.5.Çeltik Ve Metan Üretimi

Tarımsal metan kaynakları toplam atmosferik havuzun 1/3'ünü oluşturabilir. Burada en büyük payda çeltik üretiminindir. Son çalışmalar küresel olarak çeltik tavalardan salınan metanın 60 ± 40 Tg/yıl (344 ± 229 MMTCE) olduğunu ortaya koymaktadır.Çeltik tarlalarından metan emisyonu bakteriyel işlevlerin bir sonucudur. - Su altında bırakılmış anaerobik mikro alanlarda üretim ve aerobik mikro alanlarda tüketim (Oksidasyon). Çeltik tarlalarının su ile doldurulması çeltik bitkileri tarafından sağlanan karbon kaynaklarının anaerobik fermentasyonunu ve buna bağlı diğer organik maddelerin fermentasyonunu teşvik eder. Bu işlem metan oluşumunu ortaya çıkarır. Bu işlem su altında bırakılmış toprak çevresinin fiziksel ve biyolojik özellikleri ile ilişkili olan bir seri karmaşık parametre ile özel tarımsal amenajman uygulamaları tarafından oluşturulur.

Çeltik nerdeyse 90 ülkede çok farklı iklim, toprak ve hidroloji koşulları altında yetiştirilir. Çeltik üretimi su varlığı ve metan emisyonuna dayalı olarak 4 kategoriye ayrılabilir.Bu 4 çeltik üretim sisteminden gelen metanın oransal kaynak gücü şu şekildedir. Sulu çeltik ve uygun yağışlı çeltik>su altında bırakmaya dayanıksız çeltik ve derin su çeltiği>kurağa dayanıksız yağış çeltiği>gelgit ile ıslanan toprak çeltiği. Kıraç çeltik metan kaynağı değildir. Çünkü havalandırılmış topraklarda yetiştirilmektedir. Çeltik tarlalarından metan emisyonu konusunda diğer bir çok yayınlanmış araştırma bulunmaktadır.

Nemli çeltik topraklarında metan üretimi koşulları 6 alanda incelenebilir; EH (redoks potansiyeli) / Ph tamponu; karbon arzı; sıcaklık; tekstür ve mineroloji ve tuzluluk. Metan üretimi hem toprağın azalan özelliklerinden hem de stabil olmayan maddelerden ve tekstürden etkilenmektedir. Bir grup araştırmacı Teksas'ta mevsimsel metan emisyonu ile kum, kil, silt sıralamasında kum oranı arasında doğrusal bir ilişki bulmuşlardır. Genelde kumlu topraklar organik karbon açısından zengindirler ve benzer

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

yada daha düşük karbon içerikli kirli topraklardan daha fazla metan üretirler. Yüksek süzme oranına sahip topraklarda metan emisyonlarda önemli azalmalar gözlenmiştir. Artan süzme oranının yeterli miktarda erimiş oksijeni toprağa geçirebildiği bunun da metan üretimini inhibe eden yada metan oksidasyonunu artıracak şekilde EH'yi artırdığı ileri sürülmektedir.

Çeltik tavalarından metan emisyonundaki mevsimsel değişiklikler oldukça kompleks bir yapıdadır. Bazı çalışmalarda toprak sıcaklığı ile doğrudan bir ilişki olduğu ileri sürülmekteyse de bazı araştırmalarda bunun tersi ileri sürülmektedir. Ilıman çeltik tarlalarında gözlenen mevsimlik metan akımı bitki gelişmesi ile ilgili genel mevsimlik bir eğilim göstermektedir. Metan emisyonları vejetatif dönem sırasında artan biyomas ile orantılı başağın farklılaşması döneminde en yüksek seviyeye çıkan dereceli bir artış göstermektedir. Emisyonundaki bu pik noktası pH'nın ve redoks potansiyelinin satbilizasyonuna, kök porotizesine ve artan karbon maddelerine bağlanmaktadır. Sezon sonundan önce bazen ikinci bir emisyon piki gözlenmektedir. Buda yaprak ve kök yaşlanması nedeniyle toprak karbonundaki artışa bağlanmaktadır.

Sulu ikinci ürün yetiştiriciliğinin yapıldığı tropik çeltik tavalarında hem metan emisyonu hem de tane verimi kurak sezonda her zaman nemli sezondan daha yüksektir. Bu sonuçlar kurak sezondaki güneşli günler sırasında daha yüksek fotosentez oranının metan oluşturan bakterilere elverişli daha yüksek miktarda karbon sunulmasına yol açtığı ve sonuç olarak metan emisyon oranlarının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ekimden önce çeltik anızı gibi kaynaklardaki kolayca ayrışabilir karbon ilavesi anız hızla ayrıştıkça metan emisyonunda erken sezonda ilave bir pik yaşanabilir. Çiftçiler tarafından ya gübreleme yada tane olmayan biyomas şeklinde eklenen diğer karbon formları hem metan üretimini hem de emisyonunu artırma eğilimdedir. Yeşil gübrenin ilavesi de daha yüksek emisyon seviyelerine yol açmaktadır.

Uygun çeltik büyümesi ve kök gelişmesini garantiye almak için gübreleme şarttır. Bazı araştırmacılar gübrelerin Çin' deki çeltik tarlalarında metan emisyon oranlarına etkilerini incelemişler ve metan emisyonundaki artış oranının organik ahır gübresi uygulamasını miktarına ve zamanına bağlı olduğunu bulmuşlardır. İkinci ürün üretimini de kapsayan potansiyel bir azaltma tekniği diğer yazarlar tarafından da gözlenmiştir. Birinci çeltik ürüne (düşük metan emisyon oranları) organik düzeltici maddeler uygulanmakta ve ikinci ürüne (yüksek metan emisyon oranları) yalnız mineral

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

gübreler uygulanmaktadır. Bu gübreleme dağıtım deseni verimi azaltmamakta her iki sezonda da sadece karışık mineral gübreler verilen tarlalardan salınan yıllık metan emisyonunun sadece % 56' sını kadar metan üretmektedir. Bir başka araştırmacı ABD Louisiana'da su altındaki çeltik tarlalarında tipik olarak 200 kg üre azotu /ha uygulamasının yapıldığı yerlerde üre uygulaması ile artan bir metan emisyonu olduğunu bildirmektedirler. Benzer değerler 200-300 kg/ha üre azotu uygulaması ile de ölçülmüştür. Bununla birlikte emisyonlar 200kg üre azotu/ ha kullanıldığında ortaya çıkandan daha düşüktür. Amonyum sülfat gübresi kullanıldığında metan emisyonunda azalma, sülfat üreten bakterilerin madde rekabeti yada hidrojen sülfid toksitesi nedeniyle olabilir.

Metan emisyon oranları su amenajmanlarına hayli duyarlıdır. Japonya'da hayli yaygın bir uygulama olan çeltik tavalalarının periyodik olarak drenajı metan emisyonlarında önemli azalmalar sağlamıştır. Kesik kesik sulama metan emisyonlarını sürekli toprağı su altında tutmaya kıyasla % 36 azaltmıştır. Filipin' lerde kardeşlenme ortası devrede yada salkım oluşumunda 2 haftalık bir süre için suyun drene edilmesi metan akışını % 60'a kadar azaltmıştır. Bununla birlikte drenaj döneminde N₂O akışı keskin bir şekilde artış göstermiştir. Bir araştırmacı grubu sezon ortası tek bir drenajın metan emisyon oranının % 50 azalttığını kısa süreli çoklu drenajın (2-3 günlük) metan emisyonunu önemli miktarda azaltmadığını bulmuştur.

Çin'de gösterildiği gibi ölçülen metan emisyonlarındaki varyasyona önemli bir katkıda farklı çeltik çeşitlerinin kullanımı olabilir. Yarı cüce varyeteler uzun olan varyetelerden önemli ölçüde daha az metan salmaktadırlar. Filipin' lerde farklı çeşitlerin metan emisyon oranları kök kuru ağırlığı ve köklerden salınan toplam karbon ile yüksek bir ilişki içerisinde olduğunu göstermiştir. Mevsimsel metan emisyonlarında çeşide bağlı varyasyon 18-41 g/m² arasında değişmektedir. Yeni geliştirilmiş yüksek verimli az kardeşlenen bir çeşit (IR65598) inin emisyonu çok düşüktür. Metan emisyonundaki bu farklılıklar çeşitler arasındaki gaz transport kapasitesindeki farklılıklara bağlanmaktadır. Dolayısıyla çiftçilerin uygun çeltik çeşidini seçmeleri hem bölgesel hem de küresel metan emisyonlarını tane verimin de herhangi bir olumsuzluğa yol açmadan etkileyebilir.

Küresel olarak çeltik önemli bir ürün olduğu için GHG geriletme çabaları kapsamlı tarımsal uygulamalar ve iyi bir bilimsel alt yapıya dayanmalıdır. Metan emisyon tahminleri aşağıdaki yollarla yapılmaktadır:

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

Metan emisyonunu çeltik net primer verimliliğinin sabit bir bölümü olarak farz ederek, tarla ölçümlerini bölgesel ve küresel ölçeğe uyarlamak suretiyle; veya metan emisyonlarını üretimle veya organik madde girdilerini korele ederek yapılmaktadır.

Bir tarla çalışması metan emisyonlarının belirli bir çevreye özel çevresel değişkenleri kullanan bir model ile tahmin edilebileceğini ortaya koymaktadır. Tava şeklindeki tavalardan günlük metan emisyonunu tahmin eden yarı empirik bir model Teksas' taki çalışmalarda kullanılmıştır. Gelecekteki geriletme çalışmaları, yer ölçümleri ile birlikte bölgesel, ülkesel ve küresel çeltik tarımından gelen iz gaz emisyonlarını doğru bir şekilde tahmin etmek için, model kullanmaya doğru yönelecektir.

3.6. Tarım için Geriletme Seçenekleri

GHG emisyonlarını geriletebilmek için tarımın neler yapabileceği, tarımsal sektörden kaynaklanan radiativ etkinin potansiyel azalmasının yıllık 1150-3300 MMTCE olduğunu tahmin eden yazarlar tarafından bulunmaya çalışılmaktadır. GHG emisyonlarında toplam potansiyel küresel azalmanın yaklaşık % 32' si karbondioksit emisyonlarındaki azalmadan % 42'si biyo yakıt üretiminden (var olan ürünlerin % 15' i civarını kapsamaktadır) dengeleme ile % 16' sı azalan metan emisyonundan ve % 10'u azalan N₂O emisyonundan oluşabilecektir.

Toprakta, bitki biyomasında ve ağaçlarda CO₂' in karbon olarak saklanması teşvik eden uygulamaları benimseyerek ve toprak işleme kimyasal üretim, ekipman üretimi ve tane işleme operasyonları için katı fosil yakıtı kullanımını biyo yakıt ile değiştirerek Tarım iklim değişiminin geriletilmesine katkıda bulunabilir. Tarım sektörü için toplumun azaltılmış yakıt tüketimi yoluyla GHG' nin geriletilme potansiyeli toplumun geri kalanına kıyasla oldukça küçüktür. Bununla birlikte yakıt tüketiminde daha ileri düzeyde azalmalara ulaşılabilir. ABD bitkisel üretimini artırmak için en iyi amenajman teknikleri ile uygun toprağı bir araya getirmek suretiyle bazı araştırmacılar toprak karbon tasarruf potansiyelini 126 MMTCE/ yıl olabileceğini ileri sürmektedir. Bu karbon tasarruf potansiyelinin (% 43' lük ABD potansiyeli) çoğu korumacı toprak işleme ve bitki anız amenajmanından gelmektedir. Diğer stratejiler ise örtü bitkileri kullanarak nadası ortadan kaldırma gelişmiş sulama modelleri ürünlerin güneşte kurutulması iyileştirilmiş toprak verimliliği ve ahır gübresi kullanımı ve daha az toprak kullanarak daha fazla gıda üretimini kapsamaktadır. Azot gübresi etkinliğini optimize

Sera Gazları Emisyonuna Tarımın Katkıları

ederek Birim alanda daha yüksek verime ulaşarak ve korumacı toprak işleme tekniklerini kullanarak N₂O ve CO₂ emisyonlarını dolaylı olarak geriletme için en umutlu yollardır. Tarımdan gelen metan emisyonlarını geriletme hayvanların rasyonlarını ve yiyeceklerinin geliştirilmesine hayvan gübresi amenajmanında aerobik koşullara ve iyileştirilmiş çeltik üretimine gerek duyulacaktır. Çeltik üretiminden gelen GHGs üzerine en fazla etkide bulunabilecek uygulamalar su ve karbon amenajmanı toprak ve çeşit seçimi, gübre tipi ve miktarı ve toprak hazırlığıdır. Bu kritik amenajman uygulamalarının küresel olarak anlaşılması gelişmiş veya iyileştirilmiş toprak ve bitki amenajmanına ve artan gıda üretim etkinliğine yol açan çevre kalitesine ve GHGs üzerine minimum etkide bulunan yeni teknolojilerin gelişmesine yol açacaktır. Bu geriletme seçeneklerinin kabulü sürdürülebilir tarımsal üretime ulaşabilme derecesine ve birleştirilmiş sosyal, ekonomik ve çevresel yararların derecesine bağlı olacaktır.