



**T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNELERİ ANA BİLİM DALI
TARIM MAKİNELERİ DOKTORA PROGRAMI
2024-DR-11**

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TARIM ETKİLEŞİMİ
ÇERÇEVESİNDE, KORUYUCU TOPRAK İŞLEME
YÖNTEMLERİNİN, TOPRAK İŞLEME SONRASI VE UZUN
DÖNEM CO₂ EMİSYONUNA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Tuncay TOPDEMİR

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. İbrahim YALÇIN

AYDIN – 2024

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNELERİ ANA BİLİM DALI
TARIM MAKİNELERİ DOKTORA PROGRAMI
2024-DR-11

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TARIM ETKİLEŞİMİ
ÇERÇEVESİNDE, KORUYUCU TOPRAK İŞLEME
YÖNTEMLERİNİN, TOPRAK İŞLEME SONRASI VE UZUN
DÖNEM CO₂ EMİSYONUNA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Tuncay TOPDEMİR

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. İbrahim YALÇIN

AYDIN – 2024

KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Doktora Programı öğrencisi Tuncay TOPDEMİR tarafından hazırlanan “İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TARIM ETKİLEŞİMİ ÇERÇEVESİNDE, KORUYUCU TOPRAK İŞLEME YÖNTEMLERİNİN, TOPRAK İŞLEME SONRASI VE UZUN DÖNEM CO₂ EMİSYONUNA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 13/06/2024

Jüri Üyeleri

ONAY:

Başkan	: Prof. Dr. İbrahim YALÇIN	
	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye	: Prof. Dr. M.Bülent COŞKUN	
	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye	: Doç.Dr. Cihangir SAĞLAM	
	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	
Üye	: Doç. Dr. Orhan YÜKSEL	
	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	
Üye	: Dr.Öğr.Üy. Yüksel AYDOĞAN	
	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Fen Bilimleri Enstitüsünün tarih ve sayılı oturumunda alınan numaralı Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

..... Enstitü Müdürü



TEŞEKKÜR

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, içinde bulunduğumuz yüzyılın ilk yıllarından itibaren Dünyamızın en önemli sorularından birisi haline gelmiştir. Gerek tüm Dünya Ülkelerinde gerekse Ülkemizde bu konuda pek çok çalışma yürütülmüş ve çalışmalardan elde edilen sonuçlar uygulamaya aktararak iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasına katkı sağlanmıştır. Bu amaçla 2020 - 2022 yılları arasında Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi'ne ait Menemen arazilerinde 2 yıllık süreyle çakılı olarak yürütülen ve tamamlanan bu çalışma ile farklı toprak işleme yöntemlerinin özellikle CO₂ emisyonu ile toprağın bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkileri araştırılmış, iklim değişikliği ve küresel ısınma açısından en az sera gazı emisyonuna sebep olan toprak işleme yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlarının tarımsal iklim değişikliği ve toprak işleme mekanizasyonu çalışmalarında yararlı bir kaynak olacağı düşüncesiyle bu araştırmanın yürütülmesinde bana desteğini esirgemeyen, her zaman güvenini hissettiren ve kıymetli danışmanlığı ile sonuca ulaşmamdaki en önemli katkıyı veren hocam Prof.Dr. İbrahim YALÇIN'a, başta T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı olmak üzere, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Daire Başkanlığı'na, İklim Değişikliği ve Tarımsal Ekoloji Grubu üyelerine, Tarımsal mekanizasyon ve Bilişim Teknolojileri Araştırmaları Grubu üyelerine, saha çalışmalarında ve ölçümler sırasında fiziksel ve manevi olarak destek veren Ziraat Yüksek Mühendisi arkadaşım Şener ÖZÇELİK'e, analizlerin gerçekleştirilmesi sırasında kolaylık gösteren ve altyapısını kullandığım çok değerli Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Toprak, Bitki, Su ve Gübre Analiz Laboratuvarında çalışan değerli meslektaşlarıma, bu zorlu süreçte bana her zaman olduğu gibi güvenen annem Emine TOPDEMİR ve babam rahmetli Arif TOPDEMİR'e ve tabi ki yoğun çalışma periyodunda bazen şaka yollu sözlerle beni hep teşvik eden, cesaretlendiren, her durumda beni anlayan ve sevgisini koşulsuz gösteren sevgili Eşim Pınar ÇAKIR TOPDEMİR'e ve oğullarım Umut Erdem TOPDEMİR ve Arif Ege TOPDEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim.

13.06.2024

Tuncay TOPDEMİR



BİLİMSEL ETİK BEYANI

“İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TARIM ETKİLEŞİMİ ÇERÇEVESİNDE, KORUYUCU TOPRAK İŞLEME YÖNTEMLERİNİN, TOPRAK İŞLEME SONRASI VE UZUN DÖNEM CO₂ EMİSYONUNA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı Doktora tezimdaki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

.....
Tuncay TOPDEMİR

13 /06/ 2024

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR	iii
BİLİMSEL ETİK BEYANI.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
RESİMLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1 Materyal	25
3.1.1 Deneme Yerinin Tanımı ve Genel Özellikleri	25
3.1.2 Arazi ve Toprak Özellikleri	25
3.1.3 İklim Özellikleri.....	26
3.1.4 Denemede Kullanılan Bitki Çeşitleri	27
3.1.5 Denemede Kullanılan Makinalar	28
3.2 Yöntem.....	37
3.2.1 Deneme Deseni ve Konuları	37
3.2.2 CO ₂ Emisyonu Ölçümleri	38
3.2.3 Tarımsal Uygulamalar	40
3.2.4 Su Kaynağı ve Sulama Sistemi	41
3.2.5 Sulama Suyu Miktarı	41
3.2.6 Toprak Nemi Ölçümleri.....	42
3.2.7 Toprak Sıcaklığı Ölçümleri	42
3.2.8 İnfiltrasyon Testi.....	42
3.2.9 Fiziksel Analiz Yöntemleri	42

3.2.10	Kimyasal Analiz Yöntemleri	43
3.2.11	Toprakların Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Yöntemleri	44
3.2.12	Net Karbon Bütçesinin Belirlenmesi	45
3.2.13	Toprak İşleme Yöntemlerinin Emisyon Faktörünün Belirlenmesi	46
3.2.14	Ekonomik Analizler	48
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	51
4.1	CO2 Emisyonu Ölçümleri	51
4.2	Tarımsal Uygulamalar	68
4.3	Sulama Suyu Miktarı	69
4.4	İnfiltrasyon Testi Sonuçları	70
4.5	Toprak Nemi Ölçüm Sonuçları.....	71
4.6	Toprak Sıcaklığı Ölçümleri	74
4.7	Karbon Bütçesi Hesaplaması	76
4.8	Emisyon Faktörü Hesaplaması	79
4.9	Fiziksel Analiz Sonuçları.....	80
4.10	Kimyasal Analiz Sonuçları	87
4.11	Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları	92
4.12	Ekonomik Analizler.....	98
5.	SONUÇ	103
	KAYNAKLAR.....	111
	EKLER	119
	ÖZGEÇMİŞ	123

KISALTMALAR DİZİNİ

UTAEM	:Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi
GSYİH	:Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
LULUCF	:Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık
WMO	:Dünya Meteoroloji Örgütü
UNEP	:Birleşmiş Milletler Çevre Programı
IPCC	:Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
CRP	:Koruma Rezerv Programı
GTİ	:Geleneksel Toprak İşleme
ATİ	:Azaltılmış Toprak İşleme
DE	:Doğrudan Ekim
SOC	:Toprak Organik Karbonu
DOC	:Çözülmüş Organik Karbon
MBC	:Mikrobiyal Biyokütle Karbonu
BG	:Beygir Gücü
Kpc	:Buharlaştırma Kabına Bağlı Katsayı
ADÜ	:Adnan Menderes Üniversitesi
SD	:Serbestlik Derecesi
KT	:Kareler Toplamı
KO	:Kareler Ortalaması
VK	:Varyasyon Katsayısı
LSD	:En Az Önemli Fark
EF	:Emisyon Faktörü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme deseni.....	38
Şekil 4.1. 2020 yılı buğday bitkisinde ilk 3 gün içindeki CO ₂ emisyonunun değişimi	53
Şekil 4.2. 2021 yılı mısır bitkisinde ilk 3 gün içindeki CO ₂ emisyonunun değişimi.....	54
Şekil 4.3. 2020 – 2021 Dönemi CO ₂ emisyonunun zamansal değişimi	55
Şekil 4.4. 2022 yılında ilk 3 gün içindeki CO ₂ emisyonunun zamansal değişimi	57
Şekil 4.5. 2017 yılı buğday – silajlık mısır üretimi CO ₂ emisyonunun zamansal değişimi.....	57
Şekil 4.6. CO ₂ emisyonunun yıllık dağılımı	62
Şekil 4.7. Normallik testi histogramları	65
Şekil 4.8. Korelasyon dağılım grafiği	66
Şekil 4.9. CO ₂ flux değerleri ile toprak sıcaklığı ve toprak nemi arasındaki ilişki.....	67
Şekil 4.10. İnfiltrasyon testi sonuç grafikleri	70
Şekil 4.11. 2020 – 2021 üretim sezonu toprak neminin zamansal değişimi	71
Şekil 4.12. 2020 - 2021 yılları toprak nemi CO ₂ emisyonu ilişkisi	72
Şekil 4.13. 2022 yılı toprak nemi değerlerinin zamansal değişimi	72
Şekil 4.14. 2022 yılı toprak nemi CO ₂ emisyonu ilişkisi.....	73
Şekil 4.15. 2020 – 2021 dönemi toprak sıcaklığının zamansal değişimi	74
Şekil 4.16. 2020 – 2021 dönemi toprak sıcaklığı CO ₂ ilişkisi	75
Şekil 4.17. 2022 yılı toprak sıcaklığı zamansal değişimi.....	75
Şekil 4.18. 2022 yılı toprak sıcaklığı CO ₂ emisyonu ilişkisi	76
Şekil 4.19. 2021 - 2022 yılları arası net karbon bütçesine göre karbon değişim miktarı	77
Şekil 4.20. 2016 – 2019 yılları arası toprak toplam karbonunda meydana gelen değişim	78



RESİMLER DİZİNİ

Resim 3.1. Doğrudan ekimde kullanılan traktör	28
Resim 3.2. Tarımsal uygulamalarda kullanılan traktör.....	29
Resim 3.3. Kulaklı pulluk	30
Resim 3.4. Diskli tırmık.....	30
Resim 3.5. Toprak sürgüsü	31
Resim 3.6. Pnömatik hassas ekim makinası	32
Resim 3.7. Goble diskli tırmık.....	33
Resim 3.8. Çizelli rototiller.....	33
Resim 3.9. Pnömatik doğrudan ekim makinası	34
Resim 3.10. Tarla pülverizatörü	35
Resim 3.11. Ara gübre atma makinası	35
Resim 3.12. Ara çapa makinası	36
Resim 4.1. Parsele çakılmış CO ₂ ölçüm kasnağı	51
Resim 4.2. Buğdayda CO ₂ Ölçümü	52



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. 1954-2022 uzun yıllar iklim verileri	26
Çizelge 3.2. 2022 yılı meteoroloji verileri	27
Çizelge 3.3. Tarımsal alanlarda toprak karbon stoklarını etkileyen değişim faktörleri	47
Çizelge 4.1. 2020-2021 dönemi CO ₂ emisyonları varyans analiz tablosu ve LSD grupları	56
Çizelge 4.2. 2022 yılı CO ₂ emisyonları varyans analiz tablosu ve LSD grupları	58
Çizelge 4.3. CO ₂ emisyonu toplu varyans analiz tablosu	59
Çizelge 4.4. Toprak sıcaklığı toplu varyans analiz tablosu ve çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre oluşan gruplar	60
Çizelge 4.5. Toprak nemi toplu varyans analiz tablosu ve çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre oluşan gruplar	61
Çizelge 4.6. CO ₂ emisyonları ile toprak sıcaklığı ve toprak nemi arasındaki korelasyonlar ...	65
Çizelge 4.7. İkili korelasyon sonuç tablosu	66
Çizelge 4.8. CO ₂ ile toprak sıcaklığı arasındaki regresyon analiz tablosu	67
Çizelge 4.9. CO ₂ ile toprak nemi arasındaki regresyon analiz tablosu	68
Çizelge 4.10. Yıllara göre sulama suyu ve yağış miktarları	70
Çizelge 4.11. Toprak işleme sistemlerinin emisyon faktörleri	79
Çizelge 4.12. Toprak profili analiz sonuçları	81
Çizelge 4.13. Toprak profili hacim ağırlığı ve tarla kapasitesi analiz sonuçları	81
Çizelge 4.14. 2016 – 2019 yılları arası analiz sonuçları	82
Çizelge 4.15. Hacim ağırlık toplu varyans analiz tablosu	82
Çizelge 4.16. Özgül ağırlık toplu varyans analiz tablosu	83
Çizelge 4.17. Penetrasyon direnci varyans analizi	83
Çizelge 4.18. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 2.5 cm varyans analiz tablosu	84

Çizelge 4.19. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 2.5 cm LSD grupları.....	84
Çizelge 4.20. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 5 cm varyans analiz tablosu	85
Çizelge 4.21. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 5 cm LSD grupları.....	85
Çizelge 4.22. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 7.5 cm varyans analiz tablosu	85
Çizelge 4.23. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 7.5 cm LSD grupları.....	86
Çizelge 4.24. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 10 cm varyans analiz tablosu	86
Çizelge 4.25. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 10 cm LSD grupları.....	86
Çizelge 4.26. pH ve CaCO ₃ toplu analiz sonuçları	87
Çizelge 4.27. 2020 – 2022 yılları arası fosfor, potasyum ve organik madde toprak analiz sonuçları	88
Çizelge 4.28. 2020 – 2022 yılları arası toplam karbon, toplam azot ve C/N oranı toprak analiz sonuçları	89
Çizelge 4.29. Yıllara göre toplam C miktarlarının varyans analiz tablosu	90
Çizelge 4.30. Yıllara göre toplam N miktarlarının varyans analiz tablosu.....	91
Çizelge 4.31. Yıllara göre toplam C/N oranı varyans analiz tablosu.....	92
Çizelge 4.32. Farklı toprak işleme uygulamalarının toprağın bazı mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi ve istatistiksel önem tablosu.	94
Çizelge 4.33. Farklı toprak işleme uygulamalarının ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde toprağın bazı mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi ve istatistiksel önem tablosu.	95
Çizelge 4.34. Farklı toprak işleme uygulamalarının ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde derinlik esasına göre toprağın bazı mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi ve istatistiksel önem tablosu.	95
Çizelge 4.35. Deneme boyunca elde edilen verim değerleri.....	99

ÖZET

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TARIM ETKİLEŞİMİ ÇERÇEVESİNDE, KORUYUCU TOPRAK İŞLEME YÖNTEMLERİNİN, TOPRAK İŞLEME SONRASI VE UZUN DÖNEM CO₂ EMİSYONUNA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Topdemir T. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Danışman: Prof. Dr. İbrahim YALÇIN, Aydın, 2024.

Amaç: Araştırmada temel olarak, uygulanan farklı toprak işleme yöntemlerinin CO₂ emisyonuna olan etkilerini belirlemek, yetiştirilen bitkilerin tüm vejetasyon süresi boyunca yapılan uygulamaların (gübreleme, sulama, ilaçlama, çapalama) CO₂ emisyonuna olan etkilerini izlemek ve araştırmak, toprak işlemeye ve mevsimsel değişikliklere bağlı CO₂ emisyonunun dönemsel değişimlerini belirlemek ve CO₂ emisyonunun gün içerisinde en düşük ve en yüksek olduğu zaman dilimini belirlemek amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Araştırma Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezinde, uzun yıllardır koruyucu toprak işleme çalışmalarının yürütüldüğü özel bir alanda 1. yıl buğday+s.mısır 2. yıl pamuk münavebe sistemine uygun olarak geleneksel toprak işleme ve ekim, azaltılmış toprak işleme ve ekim ile toprak işlemesiz ekim uygulamalarını içeren 4 konu, tesadüf bloklarında şeritvari ekim deneme deseninde, 3 tekerrürlü ve çakılı olarak 2 yıl yürütülmüştür.

Bulgular: 2020 – 2022 yılları arasında yürütülen bu çalışmada ölçülen CO₂ emisyonu değerleri bize göstermiştir ki; uygulanan farklı toprak işleme yöntemleri, toprak işlemede kullanılan alet ve ekipmanların seçimi ve kullanılan ekipmanların işlem tekrar sayısı topraktan salınan CO₂ miktarına doğrudan etkilidir. Ölçümler yetiştiricilik sırasında yapılan tarımsal uygulamalardan hemen sonra tekrarlanarak CO₂ emisyonuna etkileri araştırılmıştır. Buna göre ara toprak işlemesi yapılan günlerde emisyon miktarının arttığı tespit edilmiştir. Ancak sulamada daha farklı bir durum ortaya çıkmıştır. Bazı sulama uygulamaları sonrasında CO₂ emisyonu miktarlarında ani bir artış gözlemlenirken bazı sulamalardan hemen sonra yapılan ölçümde ise

tam aksine ani bir düşüş görülmüştür. Denemenin başından beri ölçülen tüm CO₂ emisyonu değerlerine yapılan LSD testi sonuçlarına göre azaltılmış toprak işleme konuları A B grubunda yer alırken, geleneksel toprak işleme konusu A grubunda, doğrudan ekim konusu B grubunda yer almıştır. Elde edilen sonuçlara göre konular bazında en yüksek ortalama CO₂ emisyonu 5,5266 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ile geleneksel toprak işleme yönteminde elde edilirken, en düşük CO₂ emisyonu ortalaması doğrudan ekim konusunda 4,2000 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ile elde edilmiştir. Günün farklı saatlerinde yapılan ölçümler değerlendirildiğinde en düşük emisyon değerleri gün batımından sonraki saatlerde gerçekleştirilmiştir. Bu durumun topraktaki mikroorganizma faaliyetlerinin yavaşlamasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Yürütülen tez çalışmasından elde edilen veriler sonucunda toprak işlemenin hemen arkasında yükselen CO₂ emisyonu değerlerinin aylara göre de değişiklik gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bu değişiklik kış aylarında 24 saatten daha az sürede stabil hale gelirken, nispeten daha sıcak olan yaz aylarında ise üçüncü günden sonra stabil hale gelmiştir. Tüm yıl boyunca yapılan CO₂ ölçümlerinden elde edilen veriler ışığında İzmir Menemen bölgesi koşullarında en yüksek CO₂ emisyonunun haziran, temmuz ve ağustos aylarında meydana geldiğini söyleyebiliriz. Toprak işlemenin hemen ardından GTİ konusunda daha yüksek ölçülen CO₂ emisyonu miktarlarının, bahar aylarında yapılan ölçümlerde oransal olarak daha az arttığı fakat diğer konulardaki emisyon artışının daha fazla olduğu, toplamda ise en yüksek emisyon hacmine GTİ konusunun sahip olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç: Emisyon miktarının düşürülmesi amacıyla geleneksel toprak işleme yerine doğrudan ekim tercih edilmesi durumunda %15-25 oranında bir azalma sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Benzer sonuçların elde edildiği tüm çalışmalardan elde edilen veriler ışığında koruyucu toprak işleme yöntemlerinin tercih edilmesi yoluyla, tarım kaynaklı CO₂ emisyonu miktarlarının düşürülmesi mümkün gözükmektedir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda toprak işleme faaliyetlerinin gün batımı ya da sabah erken saatlerde yapılması daha düşük CO₂ emisyonuna sebep olabilir. Sera gazı emisyonları açısından daha avantajlı olacağı için toprak işlemede bu saatlerin tercih edilebilir ya da çiftçilere bu saatler tavsiye edilebilir.

Anahtar kelimeler: Toprak işleme yöntemleri, CO₂ emisyonu, Toprak solunumu, Mikrobiyal biyomas, Toprak enzim aktivitesi,

ABSTRACT

DETERMINING THE EFFECTS OF CONSERVATION TILLAGE METHODS ON POST-TILLAGE AND LONG-TERM CO₂ EMISSIONS WITHIN CLIMATE CHANGE AND AGRICULTURE INTERACTION

**Topdemir T. Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural Sciences,
Department of Agricultural Machinery, Doctoral Thesis, Advisor: Prof. İbrahim
YALÇIN, Aydın, 2024.**

Aim: The research aimed to determine the effects of different tillage methods on CO₂ emissions, monitor and investigate the effects of cultural applications (fertilization, irrigation, pest management, hoeing) on CO₂ emissions throughout the entire vegetation period of the plants, examine the periodic changes of CO₂ emissions due to tillage and seasonal changes and determine the time period of highest and lowest CO₂ emissions within the day.

Material and Method: The research was carried out at the International Agricultural Research and Training Center, in a designated area where conservation tillage studies have been carried out for many years, using traditional tillage and sowing, reduced tillage, and no-till practices in four different subjects in accordance with the rotation system of 1st year wheat + silage corn, 2nd year cotton for 2 years in a field strip cropping, randomized block experimental design, with 3 fixed replications.

Findings: The CO₂ emission values measured in this study conducted between 2020 and 2022 showed that; different soil cultivation methods, the choice of tools and equipment used in soil cultivation, and the number of repetitions have a direct impact on the amount of CO₂ released from the soil. Measurements were repeated immediately after agricultural practices during cultivation and their effects on CO₂ emissions were investigated. Accordingly, it was determined that the amount of emissions increased on the days of inter-row tillage applications. However, in irrigation an entirely different situation has emerged. A sudden increase in CO₂ emission amounts was recorded after some irrigation applications, whereas, a sudden decrease was observed in the measurement made immediately after some irrigation applications. According to the results of the LSD test performed on all CO₂ emission values measured since

the beginning of the experiment, reduced tillage subjects were in group A B. While traditional tillage was in group A and direct drilling was in group B.

According to the results, on a subject basis, the highest average CO₂ emission was recorded as 5,5266 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in the traditional tillage method, while the lowest average CO₂ emission was obtained in the direct drilling method with 4.2000 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Evaluating measurements made at different times of the day, it was seen that the lowest emission values occurred in the hours after sunset. This is thought to be related to the slowing down of microorganismic activities in the soil. As a result of the data obtained from the study, it was concluded that the CO₂ emission values, which increase immediately after tillage, vary according to months. While this change stabilized in less than 24 hours in the winter months, it stabilized after the third day in the relatively warmer summer months. In the light of the data acquired from CO₂ measurements made throughout the year, we can say that the highest CO₂ emissions in the conditions of Izmir Menemen region occur in June, July and August. It has been detected that the CO₂ emission amounts, measured higher in TT(traditional tillage) immediately after tillage activities, increased proportionally less in the measurements in the spring months, but the emission increase in other subjects was higher, and in total, the TT subject had the highest emission volume.

Conclusion: It has been concluded that if direct drilling is preferred instead of traditional tillage in order to reduce the amount of emissions, it can be achieved to reduce 15 - 25%. In light of the data acquired from all studies in which similar results were obtained, it seems possible to reduce the amount of CO₂ emissions from agriculture by choosing conservation tillage methods. According to the results, carrying out tillage activities at sunset or early in the morning may result in lower CO₂ emissions. Since these hours will be more advantageous in terms of greenhouse gas emissions, this timetable can be preferred for tillage or can be recommended to farmers.

Keywords: Tillage methods, CO₂ emission, Soil respiration, Microbial biomass, Soil enzyme activity,

1. GİRİŞ

Küresel ısınma dünya ülkelerinin en temel sorunlarından bir tanesidir. Bu soruna karşı mücadele etmek amacıyla sera gazları emisyonlarının azaltılması gerekmektedir. Küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarından birisi olan CO₂ emisyonunu da azaltacak tedbirlerin alınması ve bu konuda katkı sağlayacak tüm çalışmalara hız verilmesi gerekmektedir. Bu çalışma ile Türkiye'nin iklim değişikliğine uyum kapasitesinin geliştirilmesine ilişkin sonuçlar elde edilmesi ve kısa vadede bölgesel, uzun vadede ülkesel ve global düzeyde tarımdan ve özellikle de toprak işleme kaynaklı sera gazı emisyonlarının miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylelikle toprak işleme kaynaklı CO₂ emisyonlarını azaltacak toprak işleme yöntemi belirlenebilecek ve toprak işlemede kullanılacak alet ekipman ile uygulama zamanı ve tekrar sayısı hakkında öneriler geliştirilebilecektir.

Sera gazları dünyadaki canlıların yaşamı için atmosferimizde bulunması gerekli olan gazlardır. Ancak sera gazlarının yoğunluklarında normalin üstündeki artışlar küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Bu durumun sonucunda da iklim değişikliği hadisesi meydana gelmektedir. Özellikle karbon ve azot döngüsündeki dolanım hızlarındaki bu artış insan müdahalesinden kaynaklanmaktadır, çok hızlıdır ve doğal değildir. İklim değişimi gelecekte dünyanın doğada ve tarımda bulunan tüm canlılarla birlikte insan için yaşanacak bir yer olmasını güçleştirecek değişimleri de beraberinde getirmektedir.

Ülkemizde özellikle sulu ve yoğun tarımın yapıldığı bölgelerde aşırı bir toprak işleme uygulaması mevcuttur. Yapılan bu aşırı toprak işleme sonucu gereksiz maliyetler ortaya çıkmakta ve üretim maliyetlerini önemli derecede artırmaktadır. Doğal sera gazları olarak bilinen ve atmosferdeki sera etkisini düzenleyen temel gazlar, Karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Nitrik oksit (N₂O), Hidroflorokarbon (HFC), Perflorokarbonlar (PFCs), Kükürt heksaflorit (SF₆), Su buharı (H₂O) ile endüstriyel üretim sonucunda ortaya çıkan florlu bileşiklerdir. Sanayi devriminden bu yana atmosferdeki CO₂ ve diğer sera gazlarının ulaştığı birikim düzeyi hızla yükselmiştir. Aşırı toprak işleme de atmosferdeki sera gazı birikimlerinin artmasına neden olan uygulamalardan bir tanesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Toprak kalitesinin, sulu tarım alanlarında azalan organik madde ile düştüğü bilinmektedir. Toprak organik maddesini koruması ve toprak karbonunu artırması

maksadıyla bitki artıklarının yakılmaması ve tarladan uzaklaştırılmaması önemlidir. Son yıllarda bu amaca yönelik olarak, sürdürülebilir tarım tekniğini önemseyen ülkelerde koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim yöntemleri artma eğilimine girmiştir. Dünya genelinde bu konuda çok önemli adımlar atılmıştır. Tezin amaçlarından bir tanesi de toprak sağlığının ve verimliliğinin korunması için toprak organik maddesinin zenginleştirilmesi için toprak karbonunun arttırılması, aynı zamanda üretimde çevre bilincinin yerleştirilmesi gerekliliği düşüncesi oluşturmaktadır.

Toprak organik maddesi, ekosistemde cereyan eden yaşam döngüsü içinde büyük bir öneme sahiptir. Ekosistemdeki yaşamın temelini toprak, su, hava ve güneş enerjisi oluşturmakta ve yaşam döngüsü organik madde-mineral madde-organik madde döngüsü şeklinde devam etmektedir. Organik maddenin mineral maddeye dönüşmesi mikroorganizmal faaliyetler yoluyla; mineral maddenin de tekrar organik maddeye dönüşmesi mikro ve makro organizmal faaliyetler yoluyla gerçekleşmektedir. Topraktaki mikroorganizmalar kendi varlıkları için toprak organik maddesini parçalamakta ve bu yolla enerji ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Organik maddenin parçalanması sırasında, organik maddelerin bünyelerinde barındırdığı organik bileşikler halinde olan elementler mineralize olmakta, CO_2 , NH_3 , HCO_3^- ve diğer maddeler açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu maddeler çeşitli kimyasal tepkimelerden geçerek bitkilerin yetişmesi için gerekli olan besin elementlerinin alınabilir hale dönüşmesini sağlamaktadır. Bitkiler de topraktan aldıkları bitki besin maddelerini güneş enerjisi ile kullanarak yeni organik maddeler sentezlemektedirler. Bitkiler sentezledikleri organik maddeleri hem gelişmelerinde kullanmakta, hem de diğer canlıların yararlanabileceği besin maddelerinin kaynağı olan organik bileşikleri oluşturmaktadır. Ekosistemdeki canlı yaşam döngüsünün devamı mikroorganizma faaliyeti ve bitkilerin fotosentez aktivitesinin dengeli bir şekilde sürdürülmesine bağlıdır. Bu nedenle canlı yaşamın sürdürülebilirliği için kilit görev üstlenmiş olan mikroorganizmaların besin ve enerji kaynağı olan toprak organik maddesinin mikroorganizma yoğunluğunun ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde tutulması gerekmektedir.

Topraktaki organik madde miktarı iklim, yetiştirilen ürün, uygulanan toprak işleme yöntemleri, sulama, gübreleme ve topraktaki mikroorganizma varlığı gibi birçok faktörlere bağlıdır. Toprak işleme yöntemleri ile toprağın sahip olduğu organik madde varlığı hızla azalır. Tarım topraklarında yetiştirilen bitkilerin tamamı toprağa iade edilmediğinden organik madde miktarı uzun yıllar içinde yıldan yıla azalmaktadır. Genel

olarak toprakların içeriğinde %3 oranında organik madde bulunmaktadır. Bu oran ülkemiz tarım alanlarında daha da düşüktür. Yapılan çalışmalarda tarım topraklarının büyük bir bölümünde organik madde miktarının %1'den az (çok az) olduğu ve günden güne de organik maddece zayıf toprak varlığının arttığı görülmektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalar, sürdürülebilir ve ekonomik bir tarımsal üretim yapılabilmesi için toprak organik maddesinin %2'nin üzerinde olmasının gerekliliğini ortaya koymuştur

Türkiye tarım toprakları genellikle organik madde bakımından fakirdir. Topraklarımızın organik madde miktarlarının, uygulanan münavebe sistemi, toprağın işlenme süresi, toprak işleme yöntemleri, toprakta bitki örtüsünün bulunup bulunmama durumu veya bozunum derecesi, anız yakılması veya gömülmesi, kullanılan tarım teknikleri, gübreleme biçimi gibi kontrol edilebilir faktörler yanında iklim, özellikle de sıcaklık ve yağış rejimi gibi faktörler etkilemektedir (Eyüpoğlu, 1999).

Bu araştırma ile yoğun toprak işleme sonucu oluşan CO₂ emisyonları belirlenerek, azaltılmasına yönelik olarak toprak işleme sistemleri karşılaştırılmıştır. Toprak işlemenin gerçekleşmesinin hemen ardından ölçümlere başlanarak, gün içerisinde devam ettirilen ölçümler ile CO₂ emisyonunun günün farklı saatlerindeki değişimleri incelenmiştir. Bu değişimin toprak işlemeden hemen sonra yükselme eğilimi gösterip göstermediği, sonrasında nasıl bir trend izlediği tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca günün farklı zamanlarında CO₂ emisyonu değişimi de incelenmiştir. Bu iki bulgu dikkate alınarak CO₂ emisyonu açısından gün içerisindeki uygun toprak işleme zamanı tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca toprak işleme uygulamalarının toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikler de karşılaştırılmıştır.

Öte yandan küresel ısınmaya sebep olan CO₂ emisyon miktarlarını, Kyoto Protokolünde belirtilen emisyon sınır değerlerine çekmek amacıyla uygulanması gereken tarımsal yönetim sistemlerinin belirlenmesi böylelikle tüm canlılar için en önemli sorunlardan birisi olan küresel ısınmanın temelini oluşturan sera etkisini azaltmak amacıyla tarımsal alanda toprak işleme yöntemleri açısından alınması gereken önlemlerin neler olabileceği bu proje sonunda belirlenmeye çalışılmıştır. Etkilerini hissetmeye başladığımız ve önümüzdeki yüzyıl içerisinde olması beklenen iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasına katkı sağlanması beklenmektedir.

Kyoto Protokolünün, 3.4 nolu maddesi tarım topraklarının yönetiminin geliştirilmesini kapsamaktadır. Bu konuda araştırmalar ülkelerin taahhütlerini yerine

getirmek için farklı yönetim stratejilerinin karbon iyileştirme yönünden karşılaştırılmasında yoğunlaşmaktadır. Örneğin IPCC'nin oluşturduğu farklı senaryolara göre modellemelere gidilerek toprak karbonunun kaybını azaltmak konusunda yapılan çalışmalarda, biyokütle yoğun tarla bitkilerinde karbon kayıplarının fazla olacağı, ürün münavebesi, örtü bitkisi, işlemez tarım ve yeşil gübre bitkilerinin devreye sokulmasının topraktan organik karbonun kayıplarını azaltacağı sonuçlarına varılmıştır. (Paustian vd. 1997).

CO₂ bitkilerin gıdasıdır ve diğer şartlar engel oluşturmuyorsa, her canlı zahmetsiz hazır gıdaya ulaşıyorsa (örneğin toprakta yeterli suya ulaşamama) fazlasını alır. Ancak bu fazlalık sonuçta mutlaka sıkıntı doğurur. C/N oranının artması, diğer bir deyişle karbon oranının artması bitki yapısını bozar. Yalnızca bu sebepten dolayı yaprak ve sürgünde tanen miktarının artması, ekosistemin besin zincirini ve sistemin tür çeşitliliğini ve popülasyonunu bozacaktır. Yine atmosferdeki CO₂ oranının yüksekliğinin bitki fenolojisini değiştirmesi sebebiyle canlılar arası ilişki bozulur. Doğal ekosistemlerde bu durumlar uyum kabiliyeti yüksek istilacı otsu bitkilerin işine yarar ve doğal bitki türlerinin kaybına sebep olur. Küresel ısınmayla mücadele konusunda da, tüm çevresel sorunlarda olduğu gibi, aynı senaryolar tekrarlanmaktadır. Atmosfere sis vermek ve devasa uzay aynaları konumlandırmak gibi çılgınca teklifler dahil olmak üzere çözüm teknoloji ve bilimden beklenmektedir (Adam, 2007).

Tarım sisteminin, çevresindeki doğal ekosistemle olan benzerliği ölçüsünde yapı ve işleyiş olarak sürdürülebilirliği söz konusudur. Sürdürülebilir tarım geçmişten bugüne gelişen geleneksel tarım sistemlerinden öğrendiklerini, bugünün doğal kaynak tabanını göz önünde bulundurarak ve tarım teknolojisiyle ilişkilendirerek sistemini kurmalıdır. Tarım, küresel ısınmayla birlikte gelen iklim değişikliğinin getirdiği sorunlarla varlığını sürdürmek zorundadır. Tarım sektörü, iklim değişiminin kendi coğrafyasına olacak etkilerini şimdiden hesaplamalı ve önlemlerini almalıdır. Bölgelere göre değişen metotlarla koruyucu toprak işleme, en az sulama, biyoçeşitliliği koruma ve geçmişin değerlerini bugün için kullanma gibi tedbirler almak zorundadır.

Son yıllarda küresel ısınma ve çevresel sorunlar büyük önem arz etmektedir. Aşırı toprak işlemeden sonra topraktaki karbon CO₂ formunda hızla atmosfere karışmaktadır. Bu durum atmosferde aşırı miktarda karbondioksit emisyonuna neden olmaktadır. Toprak verimliliğinin artırılması için karbonun toprakta tutulması yerine toprak işleme ile karbonun serbest kalması iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya neden olmaktadır.

Sürdürülebilir tarımında hedefe ulaşılması ve küresel ısınmanın önüne geçilmesi amacıyla, toprak işleme olabildiğince azaltılmalı veya tamamen kaldırılmalıdır. Toprak olanaklar doğrultusunda bitki örtüsü ya da malç ile kaplanmalıdır. Eğer sürdürülebilir tarım sistemleri kurulmak isteniyorsa, uygun münavebe kombinasyonunda anızın veya yeşil gübrelemenin üzerine toprak işlemesiz ekim geleceğin üretim sistemi olacaktır. Dünyada doğrudan ekim yapılan alanlar hızla artmaktadır. Ancak ülkemizde halen yaygın olarak doğrudan ekim uygulamaları yapılmamaktadır.

Bu tez ile tarımsal üretim sırasında yapılan aşırı veya yanlış toprak işleme uygulamalarının çevreye ve toprağa olan olumsuz etkileri ortaya konulmaya çalışılmış, koruyucu toprak işleme yöntemlerinin yaygınlaştırılmasıyla hem topraktan CO₂ emisyonunun düşürülmesi, hem de toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu tezde toplam sera gazları içinde %88 gibi önemli bir paya sahip olması nedeniyle sadece CO₂ gazı emisyonu üzerinde durulmuştur.

Özellikle yoğun toprak işleme yapılan yerlerde, toprak kaynaklı emisyonlar önemli ölçüde artar. Buna karşın azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim yöntemi ile atmosferden alınan karbon bitkiler ve toprak tarafından depolanarak uzun dönemli yutak olarak döngüdeki yerini alır.

Tarım – İklim değişikliği etkileşimi konusunda AR-GE çalışmaları önemli bir yer tutmaktadır. Bu bağlamda, yürütülmüş bu tez ile toprak işlemeden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının belirlenmesi ile bölgesel ölçekte kısa dönemli, ülkesel ve dünya düzeyinde orta ve uzun dönem etkileri hakkında yaklaşım geliştirilmeye çalışılmıştır. Yine bu tezde toprak işleme uygulamaları kaynaklı, toprakta meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişikliklerle, özellikle organik karbon ve mikroorganizmalar faaliyetleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Ayrıca tez sonuçlarının konu ile ilgili araştırmacılar, tarım sektörünün temsilcileri ve T.C. Tarım ve Orman Bakanlığımız organlarıyla paylaşarak Ülkemiz çiftçilerine duyurularak ulusal ekonomiye katkı sağlanmasının yanı sıra çiftçiler arasında çevre ve doğal kaynakların korunmasına yönelik farkındalığın artırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Geçmişteki yapılan çalışmalar, toprak kalitesini, verimliliğini ve bitki beslemesi açısından gerekli önlemleri ortaya koymasından başka toprağın fiziksel, kimyasal, biyokimyasal, mikrobiyolojik, mineralojik, zoolojik ve bitki fizyolojisi ile ilgili konuların ayrı ayrı değil, hep birlikte incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Schinner, 1986).

Koruyucu tarım, insanlığın ihtiyaç ve faaliyetlerinin ekosistem ve diğer canlılar üzerindeki uzun vadeli etkilerini göz önünde bulundurarak üretim yapma düşüncesidir. Bu üretim faaliyetleri içinde iki önemli düşünce olarak karşımıza çıkar: Bunlar yenilenemeyen ve yenilenmesi uzun zaman alan doğal kaynakları korumak ve çevreyi bozulmaktan veya kirlenmekten koruyan yöntemleri uygulamak. Doğal ekosistemde dengenin, agroekosistemde daha kırılgan olduğu, bu sebeple toprak işleme, gübreleme, sulama ve ilaçlamanın çok daha dikkatli yapılması gerektiği, yanlış uygulamaların tamir edilmesi çok güç olan çevre sorunları yaratacağı gerçeği son yıllarda önem kazanmıştır (Berkman, 1996).

İklim değişikliği sonucu, önümüzdeki yıllarda dünya üzerindeki bazı ülkelerde aşırı kuraklık olayları yaşanırken, diğer bölgelerde ise sel ve taşkın felaketlerinin meydana gelmesi beklenmektedir. Örneğin; Akdeniz ülkesi olan İspanya, Yunanistan ve Türkiye’de ortalama yağışların her on yıl içinde %5’e varan oranda bir azalma kaydedeceği tahmin edilmektedir (Parry, 2000).

Uzun dönem sürdürülebilir bitkisel üretim için, fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini iyileştiren toprak işleme sistemlerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını gerektirir. Toprak şartlarının değişmesi toprak organik maddesinin derinlerde dağılımı, mikrobiyal aktivite ve besin dinamikleri üzerindeki etkileri yoluyla verimliliği ve sürdürülebilirliği önemli derecede etkileyebilir (Salinas-Garcia ve ark., 2002). Son on yıldaki çok sayıda çalışmada, toprak yüzeyindeki bitki artık birikimine karşılık organik karbon ve mikrobiyal aktivite, toprak işlemez toprak yüzeyinde geleneksel işlenmiş toprak yüzeyine göre daha büyük bulmuştur (Franzluebbers ve ark., 1995).

Fortin vd. (1996) 1992 – 1993 yıllarında geleneksel ve toprak işlemez tahlil yetiştiriciliği sistemlerinde toprak CO₂ salımını karşılaştırmış ve sıfır toprak işleme uygulamasına geçilen ilk yıllarda CO₂ emisyonunun azaldığını tespit etmiştir. Çalışmalarında taşınabilir bir CO₂ analizörü ve buna bağlı kapalı odacıklı ölçüm başlıkları kullanılarak ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir. 1992 yılı üretim sezonunda CO₂ emisyonu 0.05 – 0.18 mg CO₂ m⁻² s⁻¹ arasında değişmiştir.

Reicosky (1997) çalışmasında toprak işlemeden kaynaklanan CO₂ salımı ve tarımsal üretim sistemlerinin sera gazı salımına olan etkilerini araştırmıştır. Killi-tınlı toprakta, dört farklı toprak işleme metodunun kısa dönem CO₂ ve su buharı salımına etkilerini araştırmıştır. Çalışmasında sadece pulluk, pulluk + diskaro, diskaro + çizel kullanılarak yapılan toprak işleme, sıfır toprak işleme ile karşılaştırılmıştır. CO₂ emisyonu ölçümleri, toprak işlemeden sonra 5 dakika içinde başlamış ve 19 gün boyunca devam edilmiştir. Kısa dönem CO₂ kayıplarının toprak işlemeden 5 saat sonra koruyucu tarımda pullukla işlemeye göre %31 olmuştur. Pulluk kullanılarak yapılan işleme, işlenmeyen toprağa göre 13.8 kat CO₂ emisyonu gösterirken, koruyucu toprak işleme uygulamalarında ise sadece bu oran 4.3 kat olmuştur.

Curtin vd. (2000), Kanada'nın yarı kurak bölgelerinde yaptığı araştırmasında, 1995 – 1996 yılında Güneybatı Saskatchewan'da toprak işleme uygulamalarında CO₂ emisyonlarını ölçmüştür. Deneme konuları geleneksel ve sıfır toprak işleme uygulamaları ile sürekli buğday ve nadas buğday ekim nöbetini içermektedir. Sürekli buğday ekim nöbetindeki CO₂ akışı, sıfır toprak işleme uygulamasında, geleneksel toprak işleme uygulamasına göre ortalama %20 – 25 daha düşük olma eğilimi göstermiştir. Nadas buğday ekim nöbetinde toprak işleminin etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Sıfır toprak işleme uygulamasında, geleneksel toprak işleme uygulamasına göre daha az CO₂ salımı, sıfır toprak işleme yapılan toprakta bitki artıklarının daha yavaş çözülmesine bağlanmıştır. 13-14 yılda Kanada'nın yarı-kurak bölgesinde orta bünyeli topraklarda geleneksel toprak işleme uygulamalarından sürekli sıfır toprak işleme uygulamasına geçen üreticilerin hektar başına 5-6 ton karbon bağladıkları sonucuna varılmıştır.

Salinas-Garcia vd. (2002), araştırmalarını Meksika'nın merkezinde yürütmüşlerdir. Farklı iklimsel ve agronomik şartlar altında, bazı toprak işleme yöntemlerinde toprağın biyolojik durumunun belirteci olarak toprak mikrobiyal biyomas C ve N'in dolaylı ölçümlerini kullanılmıştır. Toprak profilindeki biyolojik özelliklerin, toprağın işlenme

seviyesi, bitki artıkları karışımı, toprak nem değişimi ve kök gelişimi ölçütleriyle etkilendiği tespit edilmiştir. Buğday - nadas ekim nöbeti, sürekli buğday sistemi ile kıyaslandığında, 0 – 15 cm toprak tabakasındaki mikrobiyal biyomas-C ve N'yi % 60 oranında düşürmüştür. Azaltılmış toprak işleme toprağın biyolojik özelliklerinde etkinin son bulmasına neden olmuştur. Denemenin dördüncü yılında, yarı kurak - alt nemli nem rejimleri etkisinde tahıllar için sıfır toprak işleme yöntemleri, yüzeysel toprak işleme yöntemleriyle karşılaştırıldığında, sıfır toprak işleme yöntemi 0-5 cm toprak derinliğinde mikrobiyal biyomas C ve N'yi %10 -23 arttırmış; bu artış zamanla kademeli olarak aşağıya doğru giden toprak derinliklerinde mikrobiyal biyomastaki azalışlar ile denge içine girmiştir. Toprak mikrobiyal biyomasın benzer bir değişimi, orta nemli bir bölgede 2 yıl sonra belirgin hale gelmiştir. Üç yıl sonra doğrudan ekim uygulaması yapılmış İtalyan çiminin, toprak işleme yapılmış uygulamalarla karşılaştırıldığında 0 – 5 cm toprak derinliğindeki mikrobiyal biyomas C ve N' u %26 – 28 oranında arttırdığı görülmüştür. Doğrudan ekimde mikrobiyal biyomas miktarı, daimi bir merada bulunan miktara yakın olduğu gözlenmiştir.

Geleneksel tarım, tarlada kalan ürün artıklarının yakılması, yabancı ot kontrolünü sağlamak için derin ve aşırı toprak işleme gibi uygulamaları bünyesinde barındırdığından genel olarak ekosistem için zararlıdır. Bu uygulamalar toprakta sıkışıklığı artırarak bozunuma ve erozyona neden olurken, fazla gübre ve ilaç kullanımının sebep olduğu kalıntılar ile yeraltı suları günden güne daha fazla kirlenmektedir. Ayrıca geleneksel toprak işleme yöntemleri, daha fazla CO₂ emisyonuna sebep olduğundan küresel ısınmanın kaynaklarından biridir (Yalçın vd., 2003).

Tarım yönüyle düşündüğümüzde de tarımsal girdilerinin azaltılması ve yoğun toprak işlemeden kaçınılması, hem karlılığı artıracak hem de karbondioksit emisyonunun azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

Alvaro vd. (2004) çalışmalarında yarı kurak iklim kuşağındaki Aragon bölgesi kuru tarım topraklarında geleneksel ve koruyucu toprak işlemenin CO₂ emisyonlarına kısa dönemdeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarını Kasım 2002 ve Mart 2003 döneminde Zaragoza Penaflores'ta kuru tarım bölgesindeki Aula Dei deneme istasyonunda yürütmüşlerdir. Sonbahar ve ilkbahar mevsimindeki uygulamalarda 3 toprak işleme uygulaması karşılaştırılmıştır. İlk olarak geleneksel toprak işleme yöntemindeki 35-40 cm derinliğinde pullukla işleme, 25 – 30 cm derinliğinde çizel ile azaltılmış toprak işleme ve sıfır toprak işleme uygulamaları yapılmıştır. Yapılan toprak işleme uygulamaları

sonrası CO₂ emisyonları 12 – 22 günlük periyotta ölçülmüştür. Ölçümler infrared gaz analizörüne bağlanan 21 cm çapındaki bir açık odacıklı ölçüm başlığı ile gerçekleştirilmiş ve aynı örnekleme gününde bir sıcaklık sondası ile 10 cm derinlikteki toprak sıcaklığı belirlenmiştir. Sonuç olarak yetiştirme sistemleri açısından CO₂ salım miktarı, genellikle sürekli bitki yetiştiricili yapılan sistemde, bitki nadas ekim nöbeti uygulanan sisteme göre daha yüksek bulunmuştur. İlk toprak işleme uygulamasından sonra CO₂ emisyonlarının, geleneksel toprak işleme sisteminde, bitki yetiştiriciliğinin sürekli olarak yapıldığı parsellerde bitki nadas ekim nöbetinin uygulandığı sisteme göre 2,5 kat yüksek bulunduğunu tespit etmişlerdir. Elde edilen ilk değerlere göre koruyucu toprak işleme yöntemleri, yarı kurak Kuzeydoğu İspanya şartlarında topraktan CO₂ emisyonlarını, geleneksel toprak işleme yöntemlerine göre azaltmaktadır sonucunu elde etmişlerdir.

Al-Kaisi ve Yin (2005) çalışmalarında toprak karbon tutulumu ve CO₂ emisyonunun geleneksel toprak işlemenin ile koruyucu toprak işleme göre farklı tepkiler vermesi hipotezi öngörülmüştür. Yapılan toprak işleme uygulamaları, sıfır toprak işleme, şeritvari toprak işleme, çizelle işleme, dipkazan ile patlatma ve pullukla toprak işlemeyi içermektedir. Bu işlemler tarlada bitki artığı bulunan ve bitki artıksız olarak farklı konularda uygulanmıştır. Deneme konuları olan sıfır toprak işleme, çizelle toprak işleme ve şerit halinde toprak işleme uygulamaları, toprak toplam karbonu ve toprak mineral karbonuna etkileri açısından 3 yıl süreyle karşılaştırılmıştır. Topraktan CO₂ emisyonlarının azaltılmış toprak işleme yöntemlerinde, pullukla toprak işlemeye göre daha düşük seviyelerde çıktığını ve toprak işleme uygulamasının hemen ardından büyük değişikliklerin görüldüğünü belirtmişlerdir. Toplam toprak CO₂ emisyonu, pullukla işlemeye göre azaltılmış toprak işleme uygulamalarında %19–41 daha düşük olurken, bitki kalıntıları bırakılan sıfır toprak işlemede, bitki kalıntısının bulunmadığı deneme alanında yapılan sıfır işlemeye göre %24 daha az belirlenmiştir. Yapılan çalışmada toplam CO₂ emisyonu 20 günlük ölçme periyodunda belirlenmiştir. Sonuç olarak sıfır toprak işleme, şeritvari işleme, çizelle işleme, dipkazan ile derin yırtma ve daha iyi bitki artığı örtüsünün CO₂ emisyonunun düşürülmesinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Brye vd. (2006) Doğu Arkansas'ın Mississippi nehir deltasında, buğday – soya fasulyesi ekim nöbetinde toprak işleme yöntemleri ve anız yakmanın CO₂ emisyonuna etkilerini araştırmıştır. Araştırma bulgularına göre bir lokasyonda atmosfere salınan CO₂ miktarı, geleneksel toprak işleme yönteminde, sıfır toprak işleme yöntemine göre % 37,6 daha yüksek bulunmuştur. Bu araştırma sonucunda azotlu gübreleme ve toprak işleme

yöntemlerinin topraktan CO₂ emisyonu yoluyla ile karbon kaybını etkilediği belirlenmiştir. Aynı zamanda ilave toprak ve çevre faktörlerinin bulunduğu Güney ABD'nin yarı nemli bölgelerinde buğday-soya fasulyesi ekim nöbetinde, toprağın yüzeye yakın katmanındaki toprak nemi ve toprak sıcaklığı dalgalanmalarının, toprak yüzeyi CO₂ emisyonuna etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir.

İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (LULUCF) çalışma grubunun yayınlamış olduğu bir raporunda, ülkemizdeki arazi kullanımında belirleyici olan etmenler, arazi kullanımında karşılaşılan temel sorunlar ve bu sorunlara ilişkin çözüm önerileri, iklim değişikliği ile karasal ekosistemler arasındaki ilişkiler ile iklim değişikliğine uyum olası etkilerinin düşürülmesinde arazi kullanım politikalarının önemine ilişkin çok kıymetli fikirler ve öneriler elde edilmiştir. Sürekli ekilen alanlarda tutulan, salınan veya uzaklaştırılan karbon miktarı ürün çeşidine, işletmenin tarımsal uygulamalarına, toprak ve iklim karakteristiklerine göre değişkenlik gösterebilir. Örnek verecek olursak her yıl hasat edilen tek yıllık ürünlerde, biokütlede uzun dönemli karbon depolaması olmaz. Fakat meyve bahçeleri, üzüm bağları gibi çok yıllık odunsu bitki örtüsü kaplı alanlar ile uzun ömürlü biyokütleler, miktarına, türüne, yoğunluğuna, büyüme hızlarına, hasat ve budama gibi tarımsal uygulamalara bağlı olarak, çok önemli miktarlarda karbonu bünyelerinde depolayabilmektedir. Toprağın karbon içeriği ve içeriğindeki değişimler, toprak işleme yöntemleri, ürün çeşidi, rotasyon, drenaj, tarımsal artıklar ve organik ıslah da dahil olmak üzere çeşitli toprak yönetim sistemlerine bağlı olarak değişmektedir. CO₂ emisyonu ölen bitkilerin parçalanarak ayrışması sonucu oluşmaktadır. Bu nedenle toprak işlemeyi en aza indiren uygulamalara daha çok yer verilmeli, çiftçilere de koruyucu tarım teknikleri önerilerek toprağın daha az işlenmesi sağlanmalıdır. Bu yöntemlerde kullanılan alet ve ekipmanlar geliştirilmeli ve çiftçilerin daha kolay ulaşması sağlanmalıdır. Doğrudan ekim gibi tarımsal uygulamaların tarımsal yönetim planları içerisinde daha fazla yer alması sağlanmalıdır (LULUCF, 2006).

Toprağın mikrobiyal aktivitesi birçok yöntemle ölçülebilir. Bunun ölçülmesinde en iyi ve doğru seçeneklerinden birisi de toprakta oluşan CO₂ miktarı ve bunun hızının ölçülmesidir. CO₂ değerleri, toprak mikroorganizmalarının büyük bir kısmını oluşturan heterotrof organizmaların metabolik faaliyetlerinin bir ürünüdür. Bu nedenle heterotrof organizmaların aktivitesini ortaya koyduğu gibi, organik maddelerin ayrışım dereceleri ile organizmaların büyüme ve gelişim hızlarının da bir göstergesi durumundadır. Bu

durum özetle topraktaki canlıların önemli bir yaşam belirtisidir. Belli zaman süreçlerinde mineralize olan karbon yüzdesinin hesaplanması ile bulunan değerlerden yola çıkarak toprağın mikrobiyal aktivitesi ve dolayısıyla da toprağın verimlilik kapasitesi hakkında önemli yargılara varma imkanı vardır. Zaten karbondioksitin toprakta oluşması, verimliliği etkileyen çok sayıda etkenin bir fonksiyonudur. Bu nedenle toprak verimlilik karakteri için bir indikatör olarak kabul edilmektedir (Çengel, 2006).

Toprak işleme bitkisel üretimdeki ilk tarımsal işlemdir. İhtiyaç duyduğu güç ve iş başarısı yönünden diğer tarımsal işlemlerden ayrılır. Toprak işleme, ekimden tohumun çimlenmesine, ürünün olgunlaşmasından hasadına kadar uzanan geniş bir zaman dilimine etki eder. Çevre korunumunun gözetilmediği geleneksel toprak işleme yöntemlerine dünyada sıkça karşılaşılmamasına karşılık, koruyucu toprak işleme uygulamaları da son yıllarda önemli ölçüde ilgi görmeye başlamıştır. Koruyucu toprak işleme yöntemleriyle toprak ve su gibi doğal kaynakların korunması hedeflenmiştir. Toprak, tarımsal üretimin en temel unsurudur. Tarım alanlarının kısıtlı olması ve günden güne çeşitli nedenlerle azalması nedeniyle, amaca uygun olarak doğru toprak işleme yönteminin seçilmesi ve bazı kazanımların gündeme gelmesi söz konusu olmaktadır. Bunlar; toprakta karbonun toprakta tutulumunun sağlanması, bu yolla yılda hektar başına ortalama, 1.250 kg CO₂'in toprakta kalmasının sağlanabilmektedir. Bununla birlikte verimli üst toprağın erozyona karşı korunması; bu şekilde yılda yaklaşık 25 milyar ton yüzey toprağının erozyonla kaybının önlenmesi, tarımda kullanılan kimyasal gübre ve ilaçlarının yüzey akışı ile kaybının azaltılması, yüzeyaltı sularına karışmasının önlenerek içme suyu kalitesinin iyileştirilmesi sağlanmış olacaktır. Öte yandan çiftlik yönetimi açısından iş gücü, zaman kaybının önlenmesi, yakıt ve makine aşınmalarındaki azalmanın sağlanması da bu yolla mümkün olmaktadır. Toprak işlemenin bir diğer amacı da topraktaki organik maddenin artması ile daha etkin bir tarımsal üretimin sağlanması ve bitki artıklarının kuşlar ve diğer küçük canlılar için barınak ve yiyecek kaynağı oluşturması nedeniyle yaban hayatın geliştirilmesidir (Kirişçi ve Korucu 2007).

İklim değişikliği konusunda çözüm için süren faaliyetlere şemsiye oluşturmak amacıyla, BM Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından 1988'de Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. Panelin çalışmalarından elde edilen sonuçların yer aldığı 1990'daki raporu Rio zirvesi için, 1995 teki sonuç raporu da Kyoto Protokolü için temel oluşturmuştur. Panel çalışmalarını farklı senaryoların öngöreceği değişiklikler ve özellikle ülkelerin karbon salınımlarını ayarlama

konusunda yoğunlaşarak uluslararası düzeyde devam ettirmektedir. Rapora göre, sera gazları 1750-2004 yılları aralığında; CO₂ %135 (382 ppm'e ulaşmıştır), CH₄, %255, N₂O %118 seviyelerinde artmıştır. Bunun sonucunda da 1906-2005 yılları arasındaki yüzey sıcaklıklarında gözlenen artış, 0,74 °C'dir. Bu sıcaklık artışı, geçen 1.000 yılın herhangi bir dönemindeki artıştan daha yüksek ve dikkat çekicidir. Tüm dünya ikliminde gözlenen ısınmanın yanı sıra, en gelişmiş iklim modelleri 1990–2100 döneminde, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında 1,4 ile 5,8 °C arasında bir artış olacağını tahmin etmektedir. Böylesine bir sıcaklık değişimi ile, iklimin dolayısıyla ekosistemlere bağlı tüm döngü öge ve ilişkilerin, etkilenmesi, küresel sıcaklıklardaki artışlara bağlı olarak da, hidrolojik döngünün değişmesi, kara ve deniz buzullarının erimesi, kar ve buz örtüsünün alansal daralması, deniz seviyesinin yükselmesi beklenmektedir. Küresel ölçekte iklim kuşaklarının yerlerinin değişmesi ve yüksek sıcaklıklara bağlı salgın hastalıkların ve zararlıların artması, bunun sonucunda dünya ölçeğinde sosyo-ekonomik sektörleri, ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan etkileyeceği senaryoları ortaya konmuştur. Bu önemli senaryolardan bazıları başlamıştır, bazılarının ise yakın bir gelecekte gerçekleşeceği beklenmektedir (IPCC, 2006b).

Akbolat vd. (2007) yapmış oldukları çalışmalarında, farklı toprak işleme uygulamaları yapılmış topraktan CO₂ çıkışını ölçmüşlerdir. Uygulama sonrası yapılan ölçümlerde; rototiller ve diskaro ile işlemede sırasıyla ortalama 0,768 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ve 0,811 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ CO₂ çıkış değerleri belirlenmiştir. Saptanan CO₂ miktarlarının işlemeden itibaren zamanla hızla azaldığı ve işlemeden sonraki altıncı günden itibaren yaklaşık olarak stabil hale geldiği gözlenmiştir. İstatistiksel olarak azaltılmış toprak işleme yöntemlerinde kullanılan işleme aletlerine bağlı olarak toprak işleme sonrasında CO₂ çıkış değerleri arasında farklılık olmadığı belirlenmiştir. Ancak koruyucu toprak işleme yöntemlerinin kendi aralarındaki fark düşük ya da önemsiz bulunurken, geleneksel yöntem ile diğer koruyucu toprak işleme sistemleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli çıkmıştır.

Bono vd. (2008) Entic Haplustoll'de yarı kurak Pampean (Arjantin) bölgesinde yapmış oldukları çalışmalarında 3 – 6 yıllık sürede toprak yönetiminin sebep olduğu olası toprak organik madde değişimlerini değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlarda, deneme yapılan bölgede sıfır toprak işlemede C dengesi korunurken, geleneksel toprak işlemede C dengesi olmamıştır.

Sainju vd. (2008) çalışmalarında bitki yetiştirme sistemi, toprak işleme, azotlu gübreleme ve sulamanın CO₂ emisyonu ve toprak karbon içeriğine etkisini araştırmışlardır. Kuzey Great Ovasında iki lokasyonda 0–20 cm toprak derinliğinde, mayıs-kasım 2005 döneminde, toprak yönetim sistemleri, toprak CO₂ emisyonu ve toprak organik C içeriğine etki edebilir savıyla yaptıkları çalışmada, toprak işleme, sulama, bitki yetiştirme sistemleri ve azot gübrelemesinin, toprak CO₂ akışı, sıcaklık, su ve C içeriği üzerinde birleşik etkilerini araştırmışlardır. Her iki alanda da CO₂ akışı, toprak işleme yapılan alanlarda, toprak işlemesi yapılmayan alanlara göre % 62 – 118 arasında artmıştır. Araştırmalarında sulamanın da CO₂ akışına doğrudan etki ettiğini tespit etmişler ve bu etkinin %13 oranında artırması şeklinde gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Aşırı yağışlardan sonra veya sulama uygulamasının akabinde CO₂ akışı toprak işlemeli alanda işlenmeyen alana göre 1,5 – 2,5 kat yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.

Son yıllarda tüm Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de toprağın, suyun ve genel anlamda çevrenin korunmasının önemi konusundaki bilinç düzeyi hızla gelişmektedir. Bu düşünce neticesinde ülkemizde özellikle akademik çevreler, tarım makinaları üreticileri ve çiftçiler azaltılmış toprak işlemeye ve doğrudan ekime daha sıcak bakmaya başlamışlar ve akabinde bu konudaki çalışmalara hız vermişlerdir. Azaltılmış toprak işleme yöntemlerini de içine alan koruyucu tarım düşüncesi, üretimin her aşamasında enerji tasarrufu gerektiren tekniklerin kullanımına ve çevre korumaya yönelik önemli bir fikir olarak ortaya çıkmıştır. İnsanlık adına en önemli görevlerimizden biri de bizden sonraki nesillere üretim yapabilecekleri bir çevre bırakmaktır. Bu nedenle koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim büyük önem taşımaktadır (Aykas vd., 2010).

Boeckx vd. (2011) çalışmalarında toprak işleme yöntemlerinin N₂O ve CO₂ üzerine olan kısa dönemli etkilerini incelemişlerdir. 2 yetiştiricilik sezonu içinde azaltılmış toprak işleme yöntemini, işlemesiz veya geleneksel işlemeye karşılaştırdıkları bir deneme yürütmüşlerdir. Eylül 2006’dan Aralık 2008’e kadar azot oksit ve karbondioksit emisyonları kapalı oda tekniğine göre 40 kez ölçülmüştür. Denemedeki toprak işleme uygulamaları sonucunda 2 yıl boyunca N₂O emisyonunda her hangi bir değişim gözlenmemiştir. Toplam N₂O emisyonu işlemesiz uygulamada 5.6 kg N₂O N ha⁻¹, geleneksel işlemeye 4.6+/-0.9 kg N₂O N ha⁻¹ ve azaltılmış işlemeye 4.7+/-0.3 kg N₂O N ha⁻¹ olarak toprak işleme uygulamalarından etkilenmemiştir. Bir yıl sonra toprak işleme yapılmayan parselde artan N₂O emisyonları yüksek azotlu gübre uygulamaları ve nemli koşullara bağlanabilir. Aynı dönem içinde geleneksel toprak işlemeye geçiş yapmak

küçük fakat önemli CO₂ değişimlerine yol açmıştır. Kısa dönemde toprak işleme yöntemlerinin hiç biri N₂O emisyonuna etki etmemiş fakat CO₂ emisyonu artışında pozitif yönlü hafif bir değişiklik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Toprak işlemesiz uygulamada artan N₂O emisyonunun kısa dönemde artma riski iyi havalandırılmış tarım arazilerinde sorun olmayacağı fakat uzun dönem etkileri ise gelecek araştırmalarda ortaya konabileceği belirlenmiştir.

Sainju vd. (2013) Koruma Rezerv Programı (CRP) otlaklarından dönüştürülen ekim alanlarında toprak C kayıplarını azaltmak için yönetim uygulamalarına ihtiyaç olup olmadığını tespit etmek üzere Amerika Kuzey Dakota'da yürüttükleri çalışmalarında yönetim uygulamalarına ihtiyaç olduğu sonucuna ulaşmışlardır. 2005'ten 2011'e kadar Batı Kuzey Dakota'daki CRP'den dönüştürülen tarım arazilerinde, kumlu tınlı toprakta mahsul verimi ile ilişkili olarak, toprak işleme, sulama, mahsul sistemi ve azotlu gübrelemenin 0-85 cm derinlikte yüzey kalıntısı ve toprak organik C (SOC) üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Uygulamalar tesadüf blokları deneme desenine uygun şekilde, temel olarak iki farklı sulama konusu (sulanan ve sulanmayan) ve altı mahsul sistemi [N gübreli (CTBN) konvansiyonel malt arpa (*Hordeum vulgare* L.), N gübresiz geleneksel malt arpa (CTBO), CRP, öğütülmemiş maltlı arpa - N gübre (NTB-P) içeren bezelye (*Pisum sativum* L.), N gübreli (NTBN) işlemesiz maltlı arpa ve N gübresiz işlemesiz maltlı arpa (NTBO)] olarak, üç tekerrürlü olarak uygulanmıştır. Toprak yüzeyi kalıntı miktarı ve C içeriği, CRP ve NTBN'de diğer ekim sistemlerine göre daha fazla bulunmuştur. 0 - 5 cm'de, SOC, sulanan CRP'de daha büyük, ancak 0 ila 85 cm'de, sulanmayan NTBN'de diğer birçok uygulamadan daha yüksek gözlenmiştir. Toprağın 0 - 20 cm derinliğinde, SOC NTB-P ve CRP'de 0.26 ile 1.21 Mg C ha⁻¹ yıl⁻¹ artarken, diğer ekim sistemlerinde 0.02 ila 0.68 Mg C ha⁻¹ yıl⁻¹ azalmıştır. 0 - 10 cm derinlikteki toprak tabakasında yüzey kalıntısı C ve SOC ile tane verimi arasında ilişki önemli bulunmuştur (R² = 0.45–0.77, P £ 0.12, n = 10). Sonuç olarak; pozitif C tutma oranı ve elverişli mahsul verimi nedeniyle NTB-P, kuzey Great Plains'de CRP'den dönüştürülen ekim alanlarında toprak C kayıplarını azaltmak ve verimi sürdürmek için üstün iyi bir yönetim seçeneği olarak kullanılabilir görüşüne ulaşmışlardır.

Guo vd. (2014) bir Andisol toprak üzerinde 2 farklı toprak işleme sisteminde, (sıfır toprak işleme ve toprak işleme) toprak CO₂ hareketlerini incelemişlerdir. Bu çalışma için toprak profili 150 gün izlenmiştir. Toprakta CO₂ çıkışı işlemesiz ve işlemeli uygulamaya göre sırasıyla 0.557 ve 0.616 g CO₂- Cm² d-1 olarak gözlenmiştir. Toprak işleme

uygulamalarında toplam CO₂ akışı sıfır işlemeden daha fazla olmuş, fakat her iki uygulamada da toprak C varlığında ayırdedilebilen bir farklılık belirlenmemiştir. İşleme yapılmayan parselde 2.5 cm'lik derinlik hariç toprak işleme uygulamasında açık bir şekilde daha fazla CO₂ emisyonu bulunmuştur. Toprak işleme toprak özgül ağırlığını düşürerek toprakta hava dolu gözenekleri artırmaktadır. Toprakta gaz hareketi bu hava dolu boşluklara bağlıdır ve 0-15cm derinlikte işleme ile artmaktadır. Bu gaz hareketi hava boşluklarının daha düşük CO₂ konsantrasyonuna yol açar. Toprak profilinde hesaplanan CO₂ akışı, derinlik arttıkça azalmaktadır. Derin topraklarla karşılaştığında 0-5cm yüzey toprağında CO₂ akışı daha fazla değişim göstermiştir. 0-10cm derinlikte CO₂ üretimi 0-30 cm de üretilen işlemez ve işlemeli uygulamalarda %62.2 ve %51.7 olarak ölçülmüştür. CO₂ üretimi işlemez topraklarda 0-10 cm'de daha yüksek iken 10-30cm derinlikte tersi durum göstermiştir.

Zhang vd. (2014) Çin'in Kuzey Batısında pamuk yetiştiriciliğinde CO₂ emisyonu ve C dengesini incelemek için yaptıkları bir çalışmada 2 sulama yöntemi (damla ve salma), bitki artığı yönetimi (anızı toprağa karıştırma ve anızı uzaklaştırma) ve gübreleme (gübresiz, kanatlı gübresi OG, inorganik NPK ve NPK+OG) uygulamalarını denemişlerdir. Tüm sezon boyunca toprak CO₂ emisyonu damlama sulamada salma sulamaya göre daha fazla olurken, toprak C içeriği salma sulamada damlama sulama parseline göre daha fazla olmuştur. Toprak CO₂ emisyonu ve toprak C miktarı anızın toprağa karıştırıldığı parselde anızın uzaklaştırıldığı parsellere göre daha fazla olduğu ve NPK+ OG uygulanan parselde diğer gübre uygulamalarından daha fazla olmuştur. Salma sulama, bitki artıklarının toprağa karıştırılması, ve NPK+OG veya OG 0-60 cm derinlikte toprak C varlığını artırmaktadır. Değişik üretim uygulamaları altında net ekosistem üretkenliği damla sulama, bitki artıklarının toprağa karıştırılması ve NPK kombinasyonu, damla sulama, anızın karıştırılması ve NPK uygulamasına göre daha fazla toprak C birikimi gözlenmiştir. Sonuç olarak pamuk tarlalarında yönetim uygulamalarının CO₂ emisyonu, C birikimi ve C dengesi üzerine etkileri vardır ve damla sulama, anızın toprağa karıştırılması ve NPK+OG veya NPK toprakta biriken C miktarını Kuzeybatı Çin'de artırmıştır.

Al-Azzawı (2018) Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve uygulama Çiftliğinde çalışmasını yürütmüştür. Çalışmasında çizelin farklı toprak işleme derinliklerinde çalıştırılması durumundaki oluşacak CO₂ emisyonu miktarlarındaki değişimleri gözlemlemiştir. Çalışma sonucunda, toprak işleme derinliğinin CO₂

emisyonu miktarını arttırdığını tespit etmiştir. Yapmış olduğu CO₂ emisyonu ölçümlerinde en yüksek değerleri toprak işlemeden sonraki dönemde tespit etmiştir. Sonraki zamanlarda ise CO₂ emisyonu miktarları tüm uygulama konularında azalma eğilimi göstermiştir. Tüm uygulamalarda yüzeysel işleme derinliğinde en düşük emisyon miktarı tespit edilirken, işleme derinliği arttıkça CO₂ emisyonu miktarlarında da artış tespit etmiştir. Çalışmasında toprak sıcaklığı ile CO₂ emisyonu arasında bir ilişki tespit edilememiş ancak toprak nemi ile CO₂ arasında pozitif bir ilişki tespit etmiştir. Çalışması sonunda deneme konuları içerisinde toprak CO₂ emisyonu ve topraktan buharlaşmanın azaltılması açısından çizel ile en avantajlı toprak işleme derinliğinin 15 cm olduğunu tespit etmiştir.

Turgut ve Koca (2019) Adana Çukurova Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazilerinde yürüttükleri çalışmalarında, farklı toprak işleme yöntemlerinin iki farklı toprak serisinde CO₂ salımına etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında Çukurova Bölgesi koşullarında geleneksel toprak işleme (GTİ), azaltılmış toprak işleme (ATİ) ve doğrudan ekim (DE) yöntemlerinin, birbirinden farklı özelliklere sahip iki farklı toprak serisinde, farklı dönemlerdeki CO₂ salım değerleri üzerindeki etkisi irdelemişlerdir. Bu amaçla Çukurova Üniversitesi kampüsü içerisinde bulunan Arık ve Baraj serisi topraklarında buğday tarımı yapılan arazilerde ekim öncesi, ekim sonrası ve hasat sonrası olmak üzere üç farklı dönemde CO₂ ölçümleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda, kil tekstüre sahip Arık serisi topraklarında CO₂ salım değeri ekim öncesi 6.24 kg/ha gün ve hasat sonrası 10.08 kg/ha gün olarak ölçülmüştür. Ekim döneminde ise yüzey organik maddesi daha yüksek ve orta tekstürlü olan Baraj serisi topraklarında CO₂ salım düzeyi daha yüksek (15.12 kg/ha gün) bulunmuştur.

Xiao ve ark (2019) Çin'in Guangxi şehrinde yürüttükleri çalışmalarında, tarihsel toprak organik karbonunun azalmasının ve yüksek CO₂ emisyonu seviyelerinin birincil nedeninin toprak işlemeye bağlı toprak bozunumu olduğuna dair yaygın bir inanış olduğunu yinelemişlerdir. Yine de toprak işlemenin neden olduğu toprak özelliği değişikliklerinden kaynaklanan temel CO₂ akıları tam olarak anlaşılamamıştır. Toprak işlemenin ve toprak özelliği değişikliklerinin etkilerini ölçmek için farklı toprak işleme sıklıkları kullanılarak bir yıl simülasyon deneyi yürütmüşlerdir. Koruma amaçlı toprak işleme (T0), altı aylık toprak işleme (T1), dört ayda bir toprak işleme (T2), iki ayda bir toprak işleme (T3) ve aylık toprak işleme (T4) konularını içeren işlemler uygulanmıştır. Toprak işlemenin toprak CO₂ üzerindeki etkileri akış güçlü bir mevsimsel kalıba sahip

olduğu tespit edilmiştir. İlkbahar, yaz ve sonbaharda diğer uygulamalara göre T3 ve T4'ün yüksek toprak işleme sıklığındaki CO₂ akışları önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Uygulanabilir toprak işleme yönetimi için, T1 ve T2'deki CO₂ akışları, ilkbahar ve sonbaharda T0'dakilerden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Kışın uygulanan işlemler arasında önemli bir fark bulunamamıştır. Toprak işlemenin ayrıca toprak biyojeokimyasal özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Agregat stabilitesi, çözünmüş organik karbon (DOC) ve mikrobiyal biyokütle karbonu (MBC) önemli ölçüde T2, T3 ve T4'te azalırken, SOC sadece T3 ve T4'te 1 yıl sonra önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Yapısal denklem modeli analizi göstermiştir ki, yıllık kümülatif toprak CO₂ akışı, SOC (Δ SOC), DOC (Δ DOC) ve MBC'deki (Δ MBC) yıllık değişiklikler ile doğrudan etkilenmiştir. Toprak işleme sıklığı büyük makro agregalarda (Δ AG) ve Δ MBC'deki yıllık değişiklikleri de doğrudan etkilemiştir. Bu sonuçlar, toprak işleme uygulamasının, büyük makro agregaları ve mikrobiyal biyokütleyi azaltarak SOC'yi dolaylı olarak düşürdüğünü, bu durumun da CO₂ akışını artırdığını göstermiştir. Karstik topraklardaki toprak işleme yoğunluğunun, benzer bir iklimde karstik olmayan toprağa kıyasla artan CO₂ akışı yoluyla SOC kaybını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Aksine, yağışlı-sıcak mevsimlerde toprak işlemeyi azaltmanın veya ortadan kaldırmanın, makro agregatların tahribini en aza indirerek CO₂ akış oranını düşürebileceğini belirtmişlerdir.

Yerli vd. (2019) yapmış oldukları derlemede toprak işleme derinliği ve kullanılan ekipmanların, toprak işlemede kullanılan taşıtların sebep olduğu egzoz gazlarının, sulama yöntemlerinin, sulama suyu miktarının ve atıksular ile sulamanın, bitki faktörünün, gübrelemenin, toprak ve iklim özelliklerinin CO₂ emisyonuna olan etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları inceleme neticesinde CO₂ emisyonunu azaltacak uygulamalardan ve geliştirilebilecek yaklaşımlardan bahsetmişlerdir. Bu bağlamda toprak işleme kaynaklı CO₂ emisyonlarının azaltılması için, koruyucu toprak işleme yöntemlerine geçiş yapılması, toprak işleme derinliğinin azaltılması ve doğrudan ekim yöntemlerinin yaygınlaştırılması tavsiyesinde bulunmuşlardır. Ayrıca derlemelerinde alışlagelmiş sulama uygulamaları yerine planlı ve kontrollü sulamaların uygulanması yoluyla, CO₂ emisyonlarının azaltılabileceği, tam sulamalara göre toprağın daha az ıslatıldığı kısıntılı sulamalar ile CO₂ emisyonlarına sebep olan mikrobiyal aktivitenin daha düşük seviyelerde tutulması ve bu yolla da CO₂ emisyonlarının düşürülebileceği tavsiyesinde bulunmuşlardır.

Akbolat ve oşkan (2020) saksı denemesi şeklinde yşrşttşkleri çalışmalarında, saksıların yerleştirildiği dşzeneğin sıcaklıklarını 32, 36 ve 40 °C ‘ye ayarlamış kontrol konusu olarak da oda sıcaklığına bıraktıkları saksıları deneme konularına ilave etmiştir. Deneme başlangıcından itibaren 22 gşn boyunca zamana bağlı olarak toprak sıcaklığında, toprak neminde ve CO₂ emisyonunda oluşan değişimleri gşzlemlemişlerdir. Oluşturulan dşzenek ile ortama verilen sıcaklığın aynı dşzeyde toprağa geçmediğini, ancak en yşksek sıcaklık uygulamasında en yşksek nem dşzeyinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. CO₂ emisyonu açısından yapılan değerlendirmede ise sıcaklık arttıa belirgin şekilde CO₂ emisyonu miktarlarının da arttığı, 40 °C’de lşlen değerin kontrol konusuna gşe 1,5 ile 1,7 kat daha yşksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu yaklaşımdan en yşksek seçilen sıcaklıkta CO₂ emisyonu ani olarak belirgin bir artış göstermesi beklenmiştir. Öte yandan beklenenin aksine bu artış kısa sşre içerisinde yok olmuş, hatta emisyon miktarı kontrol uygulamasından bile aşağı seviyelere inmiştir. CO₂ emisyonu ile toprak sıcaklığı arasında şstel ilişki beklentisi ile uyumlu olmaması durumunun, yşksek sıcaklıkta toprak neminin hızla kaybolması ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir. Zira yapılan diğer çalışmalarda topraktaki nem içeriğinin, toprak CO₂ emisyonunu bakımından toprak sıcaklığından daha etkili olduğunu bildirilmiştir. Bu çalışmada sıcaklık yşksek olduğu halde CO₂ emisyonu miktarında oluşan azalmanın szş edilen hızlı nem kaybından veya uygun nem ve sıcaklık koşullarında, kolay ayrışabilir organik maddenin tşkenmesinden kaynaklanmış olabileceği dşşşnşlmşştşr.

Polat (2020) alışmasında toprak işleme yöntemlerinin toprak organik maddesini nasıl etkilediğini ortaya koymaya çalışmıştır. Çalışma sonuçlarına gşe topraktaki organik madde varlığının, mikrobiyal kştle ile mikrobiyal aktiviteye olan doğrudan etkisi nedeniyle, toprağın azot dngşsş, agregat stabilitesi, KDK gibi toprak özellikleri başta olmak şzere pek çok toprak özelliğini önemli oranda etkilemektedir. Anızlı tarlaya doğrudan ekim, azaltılmış toprak işleme yöntemleri ve organik tarım uygulamaları gibi koruyucu tarım uygulamaları, geleneksel toprak işleme yöntemine gşe toprağın organik madde içeriğini artırmaktadır. Dolayısıyla toprağın mikrobiyal biyomasını ve aktivitesini de daha fazla artırmaktadır. Anızlı tarla koşullarında doğrudan ekim ve malçlama tekniklerinin uygulanması da toprak organik maddesinin artmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte toprak işleme yöntemlerinin toprak kalitesi şzerine etkilerinin araştırıldığı bir çok çalışmadan elde edilen sonuçlara gşe, koruyucu toprak işleme yöntemleri verim ve organik madde artışı yanında diğer pek çok toprak özelliğini olumlu

etkileyerek toprak kalitesini korumakta veya iyileştirmektedir. Toprak organik karbonunun azalmasına neden olan geleneksel toprak işleme sistemlerine alternatif olarak, koruyucu toprak işleme sistemlerine olan ilgi günden güne artmakta olup, yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar neticesinde de toprakların aşırı işlenmesi yerine sadece toprağı gevşeten koruyucu toprak işleme yöntemlerinin uygulanması, organik maddenin ve dolayısıyla toprağın sürdürülebilirliği açısından önerilmektedir. Koruyucu toprak işleme yöntemlerinin yaygınlaştırılması, tarım arazilerindeki organik madde içeriğinde net artışlara yol açabilir ve yüzyıllardır kullanılan geleneksel toprak işleme uygulamalarının neden olduğu düşüşün tersine dönmesine katkı sağlayabilir.

Xavier vd. (2020) Brezilya'nın Sao Paulo Eyalet Üniversitesi Üretim Çiftliğine ait 550 m yükseklikteki deneme alanında yürüttükleri çalışmalarında, topraktan atmosfere CO₂ emisyonunu doğrudan iklim olaylarından etkilenen toprak sıcaklığı ve zaman içerisinde değişkenlik gösteren nem koşulları ve toprak yönetimi uygulamalarını incelemişlerdir. Bu nedenle, çalışmalarında toprak işleme yapılmayan bir sistem altında yaz ve üretim sezonu dışındaki mahsul kalıntılarının toprak CO₂ emisyonunun (FCO₂), toprak sıcaklığının (Tsoil) ve toprak neminin (Msoil) zamansal değişimine etkisinin araştırılmasını amaçlamışlardır. 16 yıl boyunca çalışmanın yürütüldüğü saha aynı üretim deseniyle yönetilmiştir. Denemeleri üç tekerrürlü şeritler halinde yapılmıştır. İşlemler, yaz mahsulleri, mısır monokültürü, soya fasulyesi monokültürü ve soya fasulyesi-mısır rotasyonu ile mevsim dışı mahsuller mısır, darı, güvercin bezelye, sorgum ve krotalarya olarak seçilmiştir. FCO₂, Tsoil ve Msoil için 51 gün boyunca on altı değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Zaman ve yaz mahsulleri arasındaki etkileşimin önemli bir etkisi ($F = 1.44$; $p = 0.02$) FCO₂ için zaman ve sezon dışı mahsuller arasında ($F = 2.26$; $p = 0.01$) gözlemlenmiştir.

Mühlbachová vd. (2022) farklı sap inkorporasyonu ile toprak işleme uygulamalarının CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini 2020 ve 2021 yıllarında saha deneylerinde inceledi. CO₂ emisyonları, iklim değişikliğini önemli ölçüde etkileyen sera gazlarından birisidir. Azaltılmış toprak işleme uygulamaları, topraklardan CO₂ emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlayabilir. Çalışmada 2020 yılında kış buğday sapı ve 2021 yılında bahar arpa sapı kullanıldı. Uygulamalar, 10-12 cm'ye kadar sürme işlemi, sığ sürme işlemi, sap malçlama ve anız bırakma konularından oluşmaktadır. 2020 yılının sıcak yaz döneminde 10-12 cm'ye kadar sürme işlemi, diğer kullanılan toprak işleme uygulamalarıyla karşılaştırıldığında topraktan CO₂ emisyonlarını hatta iki kat artırmıştır.

Toprak sıcaklığı ve CO₂ emisyonları şu sırayla azalmıştır: 10-12 cm'ye kadar sürme işlemi < sığ sürme işlemi ≤ saplır ≤ malçlama (2020). 2021 yılında, düşük toprak sıcaklıkları ve yoğun yağışlardan (23 mm) hemen sonra gelen aşırı toprak su içeriği, toprak gözeneklerini doldurduğu için toprak işleminden sonra düşük CO₂ emisyonları gözlemlendi ve uygulamalar arasında belirgin farklar bulunmadı. Çalışma sonucunda topraklardan gelen CO₂ emisyonları bir dizi faktörden etkilendiği tespit edilmiştir. Bunlar arasından mevcut hava koşulları, toprak sıcaklığı, toprak işleme derinliği ve hasat sonrası kalıntıların işlenmesi gibi faktörler önemine dikkat çekilmiştir.

Bregaglio vd. (2022) çalışmalarında doğrudan CO₂ emisyonlarının etkisini gözden geçiren yazarların izlediği aynı sorgulama çizgisini takip ederek, farklı pedo-çevresel koşullar ve tarımsal yönetim altında ekim yapılmayan toprakların etkisini çözmek için meta-analitik ve makine öğrenme tekniklerini uygulamışlardır. Araştırmalarında direkt ekim uygulamaları toprak ve su koruma üzerinde tanınmış olumlu bir etkiye sahipken erozyon süreçlerini azaltır ve toprak organik madde içeriğini artırır tezini incelemişlerdir. Ancak bilim insanları, ekim yapılmayan toprakların tarımdan kaynaklanan CO₂ emisyonlarını azaltma etkisini hala tartışmaktadır. Ekim yapılmayan topraklardan ve geleneksel ekimden gelen doğrudan toprak CO₂ emisyonlarını inceleyen elli altı deney çalışmasını (102 çift gözlem) pedolojik (toprak dokusu, toprak organik karbon içeriği), çevresel (iklim türü) ve yönetim (meyve rotasyonu, deney süresi) faktörleri dikkate alarak analiz etmişlerdir. Farklı uygulamaların toprak CO₂ emisyonlarının günlük miktarı üzerindeki etkisini ve olayın hemen ardından ekimin etkisini tahmin ettik. Bu çalışmada başlıca şu bulguları saptamışlardır. Ekim yapılmayan topraklarda CO₂ emisyonlarının en yüksek azalmasına yol açan koşullar, uzun vadeli deneylerin gerçekleştirildiği yerlerdir. Aynı koşullar, toprak yönetiminden bağımsız olarak en düşük mutlak CO₂ emisyonları ile ilişkilendirilmiştir. Toprak dokusu (Random Forest modellerinin doğruluğundaki ortalama azalma, MDA = 4.57), rotasyon (MDA = 3.07), deney süresi (MDA = 2.93) ve toprak organik karbon içeriği (MDA = 2.24) gibi faktörlerle toplam toprak CO₂ emisyonlarının değişkenliğine en fazla katkı sağlamıştır. Ekim olayından sonraki ilk gün toprak CO₂ emisyonları neredeyse tüm çalışmalar boyunca tutarlı bir şekilde iki katına çıkmıştır (p = 0.001). Bu meta-analiz, ekim uygulamalarının toprak CO₂ emisyonları üzerindeki etkisine dair nicel veriler ve iklim değişikliğini önleme politikalarını bilgilendirmek için pek çok bilgi sunmaktadır.

Gong vd. (2022) çalışmalarında sera gazı emisyonlarının azaltılması yoluyla tarım sistemlerinde ekolojik faydaların geliştirilmesi, çiftçilere ekstra ekonomik faydalar sağlayacağına vurgu yapmışlardır. Gübre uygulaması topraktaki karbon tutulmasını teşvik edebilir ve uygun toprak işleme uygulamaları altında kısa sürede sera gazı emisyonlarını azaltabilir. Çalışmalarında, iki faktörlü tesadüf blokları tasarımı (organik gübreler ve toprak işleme uygulamaları) kullanılarak beş uygulamalı bir tarla denemesi yapılmıştır. Sonuçlar, mikrobiyal gübre uygulamasının toprak ısıısını ve nemini koruduğunu, böylece kimyasal gübre uygulamasıyla karşılaştırıldığında mısır mevsimindeki CO₂ emisyonlarını (% 6,9-18,9) ve N₂O ve CH₄ akışlarını önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Her ne kadar derin toprak işleme toplam miktarı arttırmış olsa da CO₂ emisyonlarını % 4,9–37,7 oranında azaltmış ancak N₂O ve CH₄ emisyonları üzerinde önemli bir etkisi tespit edilememiştir. Mikrobiyal organik gübre uygulaması mısır verimini %21,5 oranında artırmış ancak buğday verimine çok az etki etmiştir. Genel olarak, mikrobiyal gübrelerin uygulanması toprak sera gazı emisyonunu önemli ölçüde azalttığı ve aynı zamanda kısa bir süre içinde çeşitli toprak işleme uygulamaları altında verimi artırdığı görülmüştür. Yine bu çalışma, mikrobiyal gübre uygulamasının yalnızca toprak ısıısını değil aynı zamanda toprak nemini de koruduğunu göstermiştir. Mikrobiyal gübre uygulamasının ve toprak işleme uygulamaları, toprağın nemini ve sıcaklığını değiştirerek toprağın CO₂ akışını etkilediği saptanmıştır. Bununla birlikte, N₂O ve CH₄ akışları, mikrobiyal gübre uygulaması altında toprak neminden ziyade toprak sıcaklığıyla daha iyi tanımlanmıştır. Farklı toprak işleme uygulamalarına sahip mikrobiyal gübrelerin mısır verimine daha büyük etkisi olmuştur. Genel olarak, mikrobiyal gübre uygulamasının toprak sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azalttığı ve aynı zamanda toprak işlemeyle birleştirildiğinde verimi artırdığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle, mikrobiyal gübrelerin buğday-mısır yetiştirme sistemlerinde araştırma ve uygulama açısından daha fazla dikkate alınması gerekmektedir.

Kulmany vd. (2022) çalışmalarında, 2020 ve 2021'de iki toprak işleme uygulamasının (NT - toprak işlemesiz; CT - kulaklı pullukla toprak işleme) ve çevresel ve toprak faktörlerinin mısırdaki toprak CO₂ emisyonlarının birleşik etkisini araştırmıştır. Laboratuvar ölçümü için gereken toprak tüpleri, Macaristan'ın Fejér ilçesindeki iki farklı ekili tarlanın üç farklı yüksekliğinden elde edilmiştir. Her iki tarlada da tipik toprak türü Çernozem'di. Toprak örnekleme sırasında toprak penetrasyon direnci 06.15SA Penetrologger ile 10 tekrarda ölçülmüştür. İnceleme sırasında toprak sütunlarının nem

içeriğini korumak için, haftalık teorik buharlaşma-terleme derecesine eşit nem takviyesi yapılmıştır. Toprak kolonlarının emisyon ölçümleri, numune alma işleminden itibaren beş hafta boyunca, 15 kez, 3 tekrarlı olarak laboratuvar koşullarında kapalı oda tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Veriler iki yönlü ANOVA, ardından Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi ve $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde iki kuyruklu Öğrenci T testi ile değerlendirilmiştir. Çevresel faktörlerin toprak karbondioksit emisyonları üzerindeki birleşik etkisi, adım adım çoklu doğrusal regresyon kullanılarak araştırılmıştır. Büyüme mevsiminin farklı aşamalarında CT ve NT ekimi arasında toprak penetrasyon direnci ile toprak karbondioksit emisyonları arasında gözlemlenen farkın önemli olduğu kanıtlanmıştır. Deneysel faktörlerin etkileşiminin analizi, 2020 yılında toprak işleme sistemindeki toprak işleme direnci, toplam organik karbon ve nem içeriğinin birleşik etkisini ($p = 0,05$ anlamlılık düzeyinde düzeltilmiş $R^2 = 0,92$) ortaya çıkarmıştır. Toprak işlemesiz sistemdeki nem içeriği ve hava sıcaklığı ($p = 0,085$ anlamlılık düzeyinde ayarlanan $R^2 = 0,79$), 2020 yılında toprak CO₂ emisyonları üzerinde en önemli etkiye sahiptir. 2021 yılında toprak işleme sistemi için hava sıcaklığı ($R^2 = 0,74$ olarak düzeltilmiş, $p = 0,05$ anlamlılık düzeyinde) ve toprak işlemesiz sistemler için hava sıcaklığı ve basıncının birleşik etkisi ($p =$ önem düzeyinde düzeltilmiş $R^2 = 0,69$) 0.1) toprakta CO₂ emisyonları üzerine önemli rol oynamıştır. Bu gözlemler, farklı toprak işlemedeki farklı toprak ve çevresel faktörlerin, farklı yıllarda toprak karbondioksit emisyonlarını önemli ölçüde etkilediğini vurgulamaktadır.

Mancinelli vd. (2023) günümüzde tarımsal uygulamaların sera gazı dinamiği üzerindeki rolü dünya çapında araştırılmakta olduğuna vurgu yaptıkları çalışmalarında Akdeniz bölgesinde makarnalık buğday (*Triticum durum Desf.*) - patates (*Solanum tuberosum L.*) rotasyonunda toprak işleme uygulamalarının (geleneksel vs. koruma teknikleri) ve gübreleme kaynaklarının (inorganik ve organik) toprak CO₂ emisyonları üzerindeki etkileri incelemiştir. Bu çalışma, farklı toprak işleme uygulamaları ve gübreleme kaynakları altında toprağın karbon içeriğindeki ve toprak CO₂ emisyonlarındaki değişiklikleri anlamayı amaçlamıştır. Taşınabilir bir kapalı odacıklı kızılötesi gaz dinamiği sistemi kullanılarak her iki ürün için toprak CO₂ akışı, toprak su içeriği ve toprak sıcaklığı verileri toplanmıştır. Toprak CO₂ emisyonları ile toprağın ılıman sıcaklığı ve toprak su içeriği arasında önemli ilişkiler tespit edilmiştir. Ancak bu ilişkiler yalnızca durum buğdayı mahsulleri için bulunmuştur. Bulgularımız, buğday-patates rotasyon sistemine sürdürülebilir tarım uygulamalarının dahil edilmesinin,

toprağın organik karbonunu artırmak, CO₂ emisyonlarını azaltmak ve kimyasal girdilere ve enerjiye olan bağımlılığı azaltmak için uygun bir alternatif seçenek olabileceğini göstermiştir. Bu bağlamda, çalışmanın önerdiği rotasyon sisteminde, subsoil ile işleme ve organik gübreleme yoluyla toprak işlemeyi azaltan ve uzun vadede toprağın karbon stoğunu artıracak ekim sistemi tercih edilmiştir.



3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Deneme Yerinin Tanımı ve Genel Özellikleri

Tez çalışması, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne bağlı İzmir Menemen Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezinin araştırma deneme alanında kurulmuştur. Çalışma Menemen Ovasında yürütülmüştür. Ova Gediz Havzasının mansap yer almaktadır. Gediz Havzası Batı Anadolu'daki dört büyük vadi arasında havza ve taban genişliği bakımından ikinci sırada yer alır. Havzanın alüvyal tabanı Manisa ilinin batısında yer alan Emiralem boğazı ile ikiye ayrılmıştır. Menemen Ovası Emiralem boğazı ile deniz arasında kalan kısımdır. Doğusunda Yamanlar Dağı, Kuzeyinde de Foça dağlık yöresi ile kuşatılmıştır (Topraksu, 1971).

3.1.2 Arazi ve Toprak Özellikleri

Menemen Ovasındaki tarım topraklarının büyük bir bölümü orta ve orta-ağır bünyeye sahiptir. Menemen Ovası alüvyal araziler ile kolüvyal dağ eteklerini kapsamaktadır. Eski Gediz yatağı kenarında genel olarak daha hafif bünyelidir. Batıya doğru gidildikçe ağır bünyeli karakteristik göstermektedir. Ova doğusundan ve kuzeyinden genellikle dik eğimli tepeler tarafından kuşatılmaktadır. Gediz havzası çevre dağlarının yüksekliği ise 1100 m'ye yaklaşmakta olup, alüvyal tabanı 0-6 m, yan alüvyaller ise 6-30 m yükseltiye sahiptir. Ovada 16 adet toprak serisi bulunmaktadır ve bunlar 5 toprak birliği içinde yer alır. Ulucak serisi ise büyük ölçüde yüksek araziler üzerinde oluşmuştur. Ulucak serisi dikkate alınmadığı takdirde ova topraklarının ilk üç sırada yer alan başlıca toprak serileri oransal olarak büyükten küçüğe % 24.5 Süzbeyle, %17.8 Gediz ve %13 ile Eskiatac serileri şeklindedir. Ovada Gediz ve Havaalanı toprakları orta ve yetersiz drenajlı olmasına rağmen, yandere aluviyumu ve koluviyum üzerindeki toprakların iyi drenajlıdır. Alçak tabanda bulunan Süzbeyle, Gürle ve Tuzcullu bölgesi toprakları yine drenaj sorunu yaşayan bölgelerdir. Gediz Nehrinin doldurduğu delta ve ova genel olarak tarıma elverişli olup, deniz seviyesinde bulunan yerlerde tuzlu alanlar ve bataklıklar bulunmaktadır (Topraksu, 1971).

3.1.3 İklim Özellikleri

Menemen Ovası iklim kuşağı olarak Akdeniz iklimi kuşağında yer almaktadır. Mevsimler yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Çizelge 3.1’de verilen 1954 – 2022 yılları arası ortalama iklim verilerine göre; toplam yıllık yağış 546,30 mm olup bunun yaklaşık %50,5’i kış, %23’ü sonbahar, %24,3’ü ilkbahar ve %2,2’si yaz aylarında gerçekleşmiştir. Uzun yıllar sıcaklık ortalaması 17,99 °C olup, en sıcak ay olan temmuz ayı ortalaması 27,1 °C ve en soğuk ay olan ocak ayı ortalaması ise 7,8 °C olarak gerçekleşmiştir. Nispi nem ortalaması %58,80 olup, en yüksek % 68,3 ile aralık ayında, en düşük ise % 47,4 ile temmuz ayında ölçülmüştür. Toplam uzun yıllar buharlaşması 1560 mm olup, en yüksek buharlaşma 264 mm ile temmuz ayında, en düşük aylık buharlaşma ise 49,2 mm ile aralık ayında gerçekleşmiştir (UTAEM, 2022).

Çizelge 3.1. 1954-2022 uzun yıllar iklim verileri

1954-2018	Sıcaklık Değerleri (°C)			Nem (%)	Yağış (mm)	Buharlaşma (mm)	Rüzgar Hız (m/s)	Toprak üstü min (°C)
AY	Ort	Mak.	Min					
OCAK	7.9	22.3	-6.9	67.0	97.2	50.0	3.7	-4.0
ŞUBAT	9.0	25.8	-4.8	64.5	73.7	55.0	3.6	-4.4
MART	11.1	30.7	-3.7	62.5	62.7	80.5	3.2	-1.8
NİSAN	15.1	33.2	-0.6	59.3	41.0	116.8	2.7	3.2
MAYIS	20.1	39.5	3.7	55.8	26.8	172.0	2.5	8.7
HAZİRAN	24.8	42.3	7.7	49.9	10.3	224.2	2.5	12.0
TEMMUZ	27.1	41.9	11.6	47.4	2.5	264.0	2.7	15.2
AĞUSTOS	26.6	43.6	11.7	49.4	2.5	219.2	2.6	16.4
EYLÜL	22.5	40.6	6.8	55.1	12.0	166.4	2.4	9.2
EKİM	17.6	38.4	2.1	61.2	38.9	100.9	2.3	3.6
KASIM	13.1	30.5	-1.2	65.2	72.5	62.0	2.7	-0.4
ARALIK	9.7	24.7	-3.9	68.3	106.3	49.2	3.5	-2.3
Top					546.3	1560.0		
Min & Mak.		43.6	-6.9					-4.4

Çizelge 3.2 de ise çalışmanın son yılında alınan meteorolojik veriler verilmiştir. Buna göre yıllık yağış toplamı uzun yıllar ortalamasının altında 466,0 mm olarak gerçekleşirken en yüksek sıcaklık temmuz ayında, en düşük sıcaklık ise ocak ayında yaşanmıştır. Yine en düşük toprak sıcaklığı ortalaması en düşük sıcaklık ortalamasının yaşandığı ocak ayında 0 - 5 cm derinlikte gerçekleşirken, en yüksek toprak sıcaklığı ise

temmuz ve ağustos aylarında 10 cm derinlikte ölçülmüştür. 2022 yılında en yüksek yağış 184.2 mm ile aralık ayında gerçekleşirken yılın üç ayında hiç yağış olayı yaşanmamıştır.

Çizelge 3.2. 2022 yılı meteoroloji verileri

Ay	Sıcaklık Değerleri (°C)		Nem (%)	Yağış (mm)	Buhar (mm)	Global Radyas. (watt m ⁻²)	Güneş. Süresi (saat)	Rüzgar Hızı. (m s ⁻¹)	Toprak Sıcaklıkları (°C)				
	Mak	Min							5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm
EKİM	29.4	9.3	63.5	60.8	292.1	229.9	6.8	2.3	17.9	19.4	19.0	21.1	22.0
KASIM	26.9	7.4	71.2	51.6	212.7	138.9	4.6	2.7	13.2	14.6	14.2	16.5	18.0
ARALIK	20.1	-1.3	74.2	184.2	221.7	97.1	3.2	3.2	8.5	10.0	9.6	12.2	14.4
OCAK	19.5	-2.4	66.8	29.6	179.0	129.2	4.4	3.1	5.5	7.0	6.7	9.3	11.6
ŞUBAT	20.2	0.5	70.2	78.6	174.9	168.2	4.0	2.9	6.7	7.9	7.2	8.6	10.0
MART	21.8	-0.7	58.0	21.4	116.4	189.7	3.4	2.5	6.7	7.9	7.4	8.9	10.2
NİSAN	28.9	2.5	60.7	22.2	248.0	329.9	4.5	2.2	14.6	15.5	14.3	13.9	13.0
MAYIS	36.6	9.9	52.0	0.0	286.3	411.7	5.5	1.7	22.6	23.2	21.7	20.2	17.9
HAZİRAN	37.2	16.1	50.6	13.8	406.5	425.2	7.7	1.9	27.9	28.6	27.1	25.6	22.8
TEMMUZ	38.5	18.2	40.3	0.0	537.0	462.6	11.9	2.2	30.5	31.2	29.7	28.2	25.7
AĞUSTOS	38.1	18.2	58.2	3.8	428.2	393.0	7.1	7.7	30.6	31.5	30.2	29.2	27.1
EYLÜL	36.3	9.7	54.1	0.0	344.4	336.2	10.3	1.8	26.1	27.3	26.3	26.6	25.8
Ort			60.0					2.8	17.6	18.7	17.8	18.4	18.2
Top				466.0	3447.3	3311.5	73.2						
Min & Mak.	38.5	-2.4											

3.1.4 Denemede Kullanılan Bitki Çeşitleri

Tez çalışmasında buğday çeşidi olarak Kayra seçilmiştir. Kayra buğday çeşidi yerli bir çeşit olup, bölge koşullarına uygun, gübreleme ve sulamaya gösterdiği reaksiyon oldukça yüksektir. Yatmaya karşı oldukça dayanıklı, verim potansiyeli yüksektir. Kara pasa orta hassastır olmakla birlikte sarı ve kahverengi paslara karşı ise orta dayanıklı bir çeşittir. Ege Bölgesi ve sahil kuşağına yaygın bir ekiliş alanına sahip olan çeşit yetiştiricilere tavsiye edilmektedir.

Denemede kullanılmak üzere seçilen mısır çeşidi ise silajlık kalitesi yüksek olan Tareks tohumculuk TK 6063 çeşididir. Çeşidin olgunlaşma süresi 95 – 110 gün, çiçeklenme süresi 62 – 70 gündür. Koçan bitki oranı %38 – 42, geniş yapraklı, silaj verimi ve kalitesi yüksektir.

Tez çalışmasının ikinci yılında yetiştirilen pamuk çeşidi olarak GSN-12 belirlenmiştir. GSN-12 pamuk çeşidi orta geççi ve verimli bir çeşittir. Çırcır randımanı yüksek, lif kalitesi yönüyle iyi durumdadır. GSN 12 çeşidi uzun boylu, bitki formu ise konik yapıdadır. Kozaları orta - büyük, boyuna kesiti genellikle eliptik, uçtaki çıkıntı orta ve koza dış yüzeyi gözeneklidir. Tohumlar orta irilikte, hav yoğunluğu orta, hav rengi gridir.

3.1.5 Denemede Kullanılan Makinalar

Traktör:

Tez çalışmasının arazi çalışmaları sırasında farklı ekipmanları kullanmak amacıyla 2 farklı traktör kullanılmıştır. Özellikle doğrudan ekim makinasının ağır ve büyük şasesi sebebiyle daha büyük bir traktöre ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle doğrudan ekim konusunun ekimi sırasında kullanılan ekim makinasının daha verimli ve sağlıklı ekim yapması amacıyla John Deere 6630 model traktör, diğer toprak işleme ve tarımsal işlemlerde ise John Deere 5105 M model traktör kullanılmıştır. Doğrudan ekim uygulaması ve uygulamada kullanılan traktöre ilişkin görseller Resim 3.1’de gösterilmiştir.



Resim 3.1. Doğrudan ekimde kullanılan traktör

Teknik Özellikler

Marka Model	: John Deere 6630
Motor Gücü	: 152 BG
Genişlik x Yükseklik x Uzunluk (mm)	: 2316 x 2833 x 4728
Ön Lastik Ölçüleri	: 380/85R28
Arka Lastik Ölçüleri	: 460/85R38
Yüksüz Ağırlık (kg)	: 5165
Transmisyon	: 24F / 24R

Denemede toprak işleme, gübreleme ve zirai mücadele gibi diğer tarımsal uygulamalar sırasında John Deere 5105 M model traktör kullanılmıştır (Resim 3.2).



Resim 3.2. Tarımsal uygulamalarda kullanılan traktör

Teknik Özellikler

Marka Model	: John Deere 5105 M
Motor Gücü	: 105 BG
Yakıt Tankı	: 177 L
Transmisyon	: 16F/16R PR.
Motor tipi	: Powertech E.
Maks. dönme momenti	: 420 Nm.
Maks torkta devirler	: 1500 rpm.
Yüksüz Ağırlık (kg)	: 5850 kg

Kulaklı Pulluk:

Türkiye genelinde olduğu gibi bölgemizde de geleneksel toprak işlemede oldukça yaygın olarak kulaklı pulluklar kullanılmaktadır. Tez çalışmasının saha uygulamalarında 4 gövdeli 12” kulaklı pulluk kullanılmıştır (Resim 3.3).



Resim 3.3. Kulaklı pulluk

Teknik ölçüler

İş genişliği	: 1240 mm
Kulak Maksimum Yüksekliği	: 305 mm
Çatı Yüksekliği	: 520 mm

Diskli Tırmık:

Toprak işlemede Ege Bölgesinde ve yöremizde ikincil toprak işlemede en yaygın kullanılan aletlerin başında diskli tırmık gelmektedir. Bu çalışmada da 28 diskli tandem diskli tırmık seçilmiştir. Kullanılan diskli tırmık her bataryasında 7 adet diskten oluşan 4 bataryadan oluşmaktadır (Resim 3.4).



Resim 3.4. Diskli tırmık

Teknik ölçüler

İş genişliği	: 2100 mm
Batarya sayısı	: 4
Bataryadaki disk sayısı	: 7
Disk Çapı	: 420 mm

Toprak Sürgüsü:

Toprak sürgüsü ekim öncesi hem toprak tavının kaçmaması, tohumun toprakla daha iyi temas etmesini sağlamak, hem de toğrağı bastırmak için kullanılan yaygın bir toprak işleme aletidir. Bu amaçla geleneksel toprak işleme yönteminin uygulandığı deneme parselinde Resim 3.5’de gösterilen çekme tip toprak sürgüsü kullanılmıştır.



Resim 3.5. Toprak sürgüsü

Teknik ölçüler

İş genişliği	: 2500 mm
Uzunluk	: 520 mm
Yükseklik	: 480 mm

Pnömatik Hassas Ekim Makinası:

Çalışmada geleneksel toprak işleme ve azaltılmış toprak işleme yöntemlerinin uygulandığı deneme parsellerinde 4 sıralı pnömatik ekim makinası kullanılmıştır. Sıra arası mesafesi 70 cm'ye ayarlanmıştır. Pnömatik ekim makinası bölgemizde özellikle pamuk ve mısır ekiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Resim 3.6). Çalışmada toprak altına uygulanacak gübre ekim makinasına kombine olarak bulunan gübreleme ünitesi yoluyla ekimle birlikte uygulanmıştır.



Resim 3.6. Pnömatik hassas ekim makinası

Teknik ölçüler

Ekici Ünite Sayısı	: 4 adet diskli tip
Sıra arası açıklığı	: 700 mm
Uzunluk	: 3000 mm

Goble Diskli Tırmık:

Goble diskaro son yıllarda gerek ülkemizde gerekse bölgemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle ağır bünyeli topraklarda, hasat sonrası anız artıklarının yoğun şekilde bulunduğu ya da çok otlu tarlalarda toprağı kesip parçalayarak deal bir toprak işleme aletidir. Bu çalışmada toprak işleme konularından biri olan azaltılmış toprak işleme konusunda 20 diskli offset merdaneli goble diskaro kullanılmıştır (Resim 3.7).



Resim 3.7. Goble diskli tırmık

Teknik ölçüler

İş genişliği	: 2240 mm
Batarya sayısı	: 2
Bataryadaki disk sayısı	: 10
Disk Çapı	: 5100 mm
Disk arası mesafe	: 230 mm

Çizelli Rototiller:

Çizelli rototiller hem toprağı yırtarak hemde parçalayarak işleyen bir alettir. Denemede kullanılan merdaneli tip çizelli rototiller birden fazla aletin yaptığı işi tek başına yaparak zaman, akaryakıt ve işgücünden önemli ölçüde tasarruf edilmesini sağlarken, aynı zamanda iyi bir tohum yatağı hazırlığı yapılmış olmaktadır (Resim 3.8).



Resim 3.8. Çizelli rototiller

Teknik ölçüler

İş genişliği	: 3500 mm
Çizel ayağı sayısı	: 4
Kuyruk mili devri	: 540 rpm

Pnömatik Doğrudan Ekim Makinası:

Doğrudan ekim makinaları özel ekici ünitelere sahip, bitki artıkları ve anız bulunan tarlalara herhangi bir toprak işleme uygulaması ya da başka bir işlem yapmaksızın düzgün ve başarılı bir şekilde ideal derinlik ve sıra üstü mesafede ekim yapabilen, zaman, akaryakıt ve işgücünden ciddi tasarruf sağlayan makinalardır. Makinanın iş başarısı tarlanın tesviyesinin bozuk olup olmadığına ve toprağın sahip olduğu fiziksel özelliklerine göre değişiklik gösterebilir. Edinme maliyetinin yüksek olması sebebiyle bu makinalar ülkemizde henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır (Resim 3.9).



Resim 3.9. Pnömatik doğrudan ekim makinası

Teknik ölçüler

Ekici Ünite Sayısı	: 4
Sıra arası açıklığı	: 700 mm (Ayarlanabilir)
Genişlik	: 3600 mm
Uzunluk	: 3160 mm

Tarla Pülverizatörü:

Çalışmada özellikle pamuk tarımında ve diğer bitkilerin yetiştiriciliği sırasında gerek yabancı otlara karşı, gerekse hastalık ve zararlılara karşı zirai mücadele

uygulamaları yapılmaktadır. Bu denemede de zirai mücadele uygulamalarında Resim 3.10’da gösterilen tarla pülverizatörü kullanılmıştır.



Resim 3.10. Tarla pülverizatörü

Teknik ölçüler

İş genişliği	: 15 m
İlaç Tankı kapasitesi	: 1000 lt
Tarla kolu yüksekliği	: 1200 mm – 3000 mm

Sıra Arası Gübre Atma Makinası:

Toprak analiz sonuçları dikkate alınarak bitkinin ihtiyaç duyduğu gübre ekimden sonra sıra arasına ara gübre atma makinası ile uygulanmıştır (Resim 3.11). Bu makinalar gübreyi bitkinin tam istenilen kök bölgesine vermesi yönünden önemlidir.



Resim 3.11. Ara gübre atma makinası

Teknik ölçüler

İş genişliği	: 3800 mm
Gübre ayak sayısı	: 5
Ağırlık	: 800 kg

Frezeli Ara Çapa Makinası:

Mısır ve pamuk gibi bitkilerde çıkış sonrası sağlıklı bir kök gelişimi sağlamak ve yabancı ot kontrolü yapmak için sıra aralarına çapalama uygulaması yapılması önemli bir işlemdir. Denemede bunu sağlamak için 5'li ara çapa makinası kullanılmıştır (Resim 3.12).



Resim 3.12. Ara çapa makinası

Teknik ölçüler

Toplam genişlik	: 3030 mm
Ünite sayısı	: 5
İş Derinliği	: 100 mm
Uzunluk	: 1200 mm
Yükseklik	: 1100 mm

3.2 Yöntem

3.2.1 Deneme Deseni ve Konuları

Parsel genişliği dört sıra pamuk ve mısır ekimi planlandığından 2,8 m, parsel uzunluğu ise toprak işleme aletlerinin doğru ve etkin çalışmasını görmek amacıyla 40 m olarak belirlenmiştir. Her parsel 112 m² olacak şekilde toprak işleme konularına göre hazırlanmıştır. Deneme parsellerinden toprak işlemeden önce ve hasat sonrası toprak örnekleri alınarak, hacim ağırlık, özgül ağırlık, tarla kapasitesi, solma noktası, toprak nemi, porozite ve penetrasyon direnci, PH, bünye, hidrolik iletkenlik, alınabilir fosfor, alınabilir potasyum, kireç, toplam karbon, organik madde, toplam azot ve karbon azot oranı belirlenmiştir.

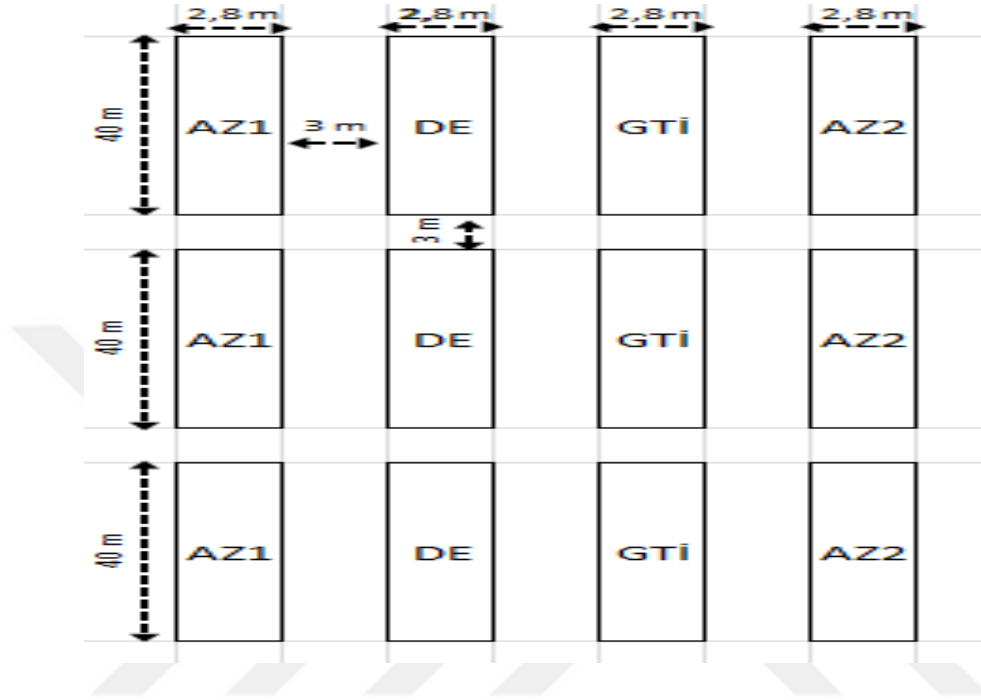
Denemede birinci yıl buğday ve buğday sonrası ikinci ürün olarak silajlık mısır, ikinci yıl pamuk ekimi gerçekleştirilmiştir. Denemede tüm tarımsal işlemler eşit bir şekilde uygulanmıştır.

Deneme konuları olan toprak işleme yöntemleri ve konularda kullanılan alet ve makinalar aşağıdaki gibidir.

- Geleneksel Toprak İşleme (GTİ): konusunda sırasıyla, pulluk (4 gövdeli 12”), diskli tırmık (28 diskli tandem), toprak sürgüsü (çekme tip) ve son olarak, ekim Makinası (Pamuk: 4 sıralı pnömatik hassas ekim makinası, Buğday: Üniuersal hububat ekim makinası) kullanılmıştır.
- Azaltılmış Toprak İşleme (AZ1): Çalışmada iki farklı azaltılmış toprak işleme konusu belirlenmiştir. Bu konular bölgede yaygın olarak kullanılan ekipmanlar göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Bunlardan birisi goble diskaro (20 diskli ofset) ile işlemenin arkasından ekim makinası (Pamuk: 4 sıralı pnömatik hassas ekim makinası, Buğday: Üniuersal hububat ekim makinası) kullanılması şeklinde uygulanmıştır.
- Azaltılmış Toprak İşleme (AZ2): Diğer azaltılmış toprak işleme konusunda ise toprağı parçalayıp karıştıran bir alet olan çizelli rototiller (Yaklaşık 40 cm derinlikte işleme yapan çizel arkasına rototiller ve merdane kombinasyonu) ile işlemenin arkasından ekim makinası (Pamuk: 4 sıralı pnömatik hassas ekim makinası, Buğday: Üniuersal hububat ekim makinası) ile ekim işlemi gerçekleştirilmiştir.
- Doğrudan ekim (DE): Doğrudan ekim konusunda ise diğer konulardan farklı olarak anızlı tarlaya doğrudan ekim yapabilen ekim makinası (Pamuk ve mısır için 4 sıralı

doğrudan ekim makinası, buğday için 24 sıralı doğrudan hububat ekim makinası) kullanılmıştır.

Saha çalışmaları Şekil 3.1'te gösterilen deneme desenine uygun olarak yürütülmüştür.



3.2.2 CO₂ Emisyonu Ölçümleri

Çalışmanın saha uygulamaları sırasında farklı toprak işleme yöntemleriyle kurulan deneme parsellerinin, çalışma boyunca yapılacak faaliyetlerinden birisi olan CO₂ emisyonlarını ölçmek amacıyla, LI-COR marka LI-8100 Automated Soil CO₂ Flux System Gaz Analizörü kullanılmıştır. Ölçümlerde cihaza 20 cm çaplı LI-COR 8100-103 Model kapalı odacıklı ölçüm başlığı (Survey Chamber) kullanılmıştır. Ölçümler ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilen toprak sıcaklığı ve toprak nemi cihaza bağlı nem ve sıcaklık sondaları ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlerle anlık CO₂, toprak sıcaklığı ve nem değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen değerler cihazın veri hafızasında depolandıktan sonra ara dönemlerde bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

Deneme parselleri belirlendikten sonra toprak işleme uygulamalarını gerçekleştirmeden önceki emisyonları belirlemek amacıyla, toprak işleme öncesi CO₂

emisyon miktarları ölçülmüştür. Sonrasında en yoğun toprak işleme konusu olan GTİ konusundan başlanılarak 2020 yılının sonbaharında toprak işleme ve ekimler gerçekleştirilmiş ve tüm parsellerde CO₂ emisyonları gaz analizörü ve 20 cm çaplı kapalı odacıklı ölçüm başlıkları vasıtasıyla ölçülmüştür. Tüm konularda toprak işleme işlemleri bitene kadar uygulama yapılan konudan başlamak üzere tüm konularda ölçümler en kısa sürede gerçekleştirilmiştir. Ölçümler her deneme parselinde belirlenen 2 farklı noktadan yapılmıştır. CO₂ analizörü ile yapılan ölçümler her nokta için farklı bloklardan başlanarak gerçekleştirilmiştir. Bu yolla emisyonların günün farklı zaman dilimlerinde oluşacak değişimlerden en az düzeyde etkilenmesi amaçlanmıştır. Tüm parsellerde ekim işlemi gerçekleştirildikten sonra ilk 24 saatlik zaman diliminde gün içerisindeki değişimlerin ortaya konulması amacıyla gündüz saatlerinde 2 ya da 3 kez, gün batımı sonrası 1 kez olacak şekilde, sırasıyla tüm parsellerde anlık emisyon ölçümleri yapılarak ve cihaza ait data logger da kaydedilerek bilgisayar ortamında oluşturulan veri tabanına aktarımı sağlanmıştır. Ekimlerin tamamlanmasından sonra gün içindeki değişimleri belirlemek amacıyla günün farklı saatlerinde yapılan ölçümlerden sonra yapılacak ölçümler her gün sıcaklık değişimlerinin en az olduğu gün ortası saatlerde (12:00 – 14:00) tekrarlanmıştır. Buradaki amaç saat dilimi kaynaklı ölçüm farklılıklarını en aza indirmektir. Sonbaharda toprak işlemesinden hemen sonraki yapılan ölçümleri takip eden 10 gün boyunca, her gün sıcaklık değişimlerinin en az olduğu gün ortası saatlerde, aynı metotla ölçümler gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki dönemde hasat sonrasına kadar ölçümler 1 hafta ara gerçekleştirilmiştir.

Tüm parsellerde toprak işleme etkilerinden bağımsız olarak tarımsal işlemler sonrasında (çapalama, gübreleme, sulama, zirai mücadele vs.) belirtilen CO₂ emisyonu ölçüm programına ilave olarak ölçümler gerçekleştirilmiş, yapılan tarımsal işlemlerin CO₂ emisyonuna etkisinin olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu ölçümler çalışmanın son yılı olan 2022 yılında da aynı ölçüm metodu ve sıklığı kullanılarak tekrarlanmıştır.

Yapılacak CO₂ emisyonu ölçümleri sırasında, cihaza bağlı nem ve sıcaklık sondaları ile yapılan ölçüm değerleri de kaydedilmiştir.

3.2.3 Tarımsal Uygulamalar

Buğday bitkisinde ekim işlemi 2020 sonbaharında gerçekleştirilmiş ve sıra arası 12,5 cm olarak uygulanmıştır. Silajlık mısır bitkisinde sıra arası 70 cm, sıra üzeri 18 cm olacak şekilde ekimi gerçekleştirilmiştir. Pamuk bitkisinde ise ekimler 70 cm, sıra üzeri ve 6 cm sıra üzeri olacak şekilde gerçekleştirilmiş sonrasında tekleme işlemi yapılmıştır. Parseller ve bloklar arasında traktörün rahatça geçip dönebilmesi için 3 m boşluk bırakılmıştır. Diğer tarımsal uygulamalar tüm parsellerde üretim periyodu boyunca aynı zaman ve aynı metotla yapılmıştır.

Buğday: Ekim öncesi yapılan toprak analizleri sonucunda elde edilen sonuçlara göre gübreleme rehberine uygun olarak gübreleme programı çıkartılmış ve uygulanmıştır. Analiz sonucuna göre fosforlu ve azotlu gübrenin bir kısmı taban gübresi olarak ekimle birlikte, azot gübrenin kalan kısmı ise kardeşlenme dönemi ve sapa kalkma döneminde olmak üzere 2'ye bölünerek yapılmıştır. Yabancı otlara, hastalık ve zararlılara karşı gerekli kontroller yapılarak ihtiyaca göre zirai mücadele uygulaması yapılmıştır.

Silajlık Mısır: Mısır ekilişleri buğday hasadından hemen sonra, toprak işleme uygulamalarıyla birlikte gerçekleştirilmiştir. İlk sulamalar yapılmadan önce bitkiler 30 – 40 cm boya ulaştığında ilk çapalama ve boğaz doldurma işlemi yapılmıştır. Yapılan toprak analizleri sonucunda gübreleme rehberine uygun olarak gübreleme programı çıkartılmış ve uygulanmıştır. Analiz sonucuna göre fosforlu gübrenin tamamı ekimle birlikte azotlu gübrenin yarısı ekimle, diğer yarısı ise bitkiler 40-50 cm boylandığında uygulanmıştır. Yabancı otlara, hastalık ve zararlılara karşı gerekli kontroller yapılarak ihtiyaca göre zirai mücadele uygulaması yapılmıştır.

Pamuk: Pamuk bitkisinde de yapılan toprak analizleri sonucunda gübreleme rehberine uygun olarak gübreleme programı çıkartılmış ve uygulanmıştır. Analiz sonucuna göre fosforlu taban gübresi ekimle birlikte, azotlu gübre ise 2. çapadan önce ve 2. sulamadan önce olmak üzere 2'ye bölünerek üst gübrenin şeklinde verilmiştir. Bitkiler henüz 4 yapraklı iken 5- 6 cm ara ile hafif bir seyreltme (tekleme) yapılmıştır. İlk seyreltme ilk çapa, ikinci (tam) seyreltme ise ikinci çapa ile birlikte yapılmıştır. Çıkıştan sonra görülen yabancı otlar çapalanarak yok edilmiş, tarladaki yabancı ot durumuna göre tekrarlanmıştır. Yabancı otlara, hastalık ve zararlılara karşı gerekli kontroller yapılarak ihtiyaca göre zirai mücadele uygulaması yapılmıştır.

3.2.4 Su Kaynağı ve Sulama Sistemi

Deneme yerinde derin kuyu bulunmaktadır. Sulamada bu derin kuyudan yararlanılmıştır. Derin kuyudan alınan sulama suyunun sınıfı T3A1'dir. Konularına göre deneme parsellerinin oluşturulması aşamasında açılan toprak profili çukurunda, toprak profili tanımlanarak, buradan alınan örneklerde yapılan tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlığı, özgül ağırlık ve bünye analizleri ile sulama programlamasında yararlanmak üzere toprağın fiziksel özellikleri tanımlanmıştır.

Araştırmada pamuk ve mısır sulaması damla sulama sistemi ile yapılmıştır. Damla sulama sisteminde kontrol birimi, ana boru hattı, manifold boru hattı, lateral boru hatları ve damlatıcılar kullanılmıştır. Parsellerde her bitki sırasına Ø 16 mm.'lik PE lateral yerleştirilmiştir. Damlatıcı debisi 2 L.h⁻¹, damlatıcı aralığı 0,33 cm, lateral aralığı 70 cm olarak sistem tertip edilmiştir. Sulama sisteminin başlangıcında vana ve filtre ile verilen su miktarını ölçmek amacıyla kullanılan sayaçtan oluşan kontrol birimi bulunmaktadır. Buğdayda ihtiyaca göre destek sulaması yapılması planlanmış ancak deneme boyunca hiç destek sulaması yapılmamıştır.

3.2.5 Sulama Suyu Miktarı

Pamuk ve mısırdaki sulamalar haftada bir gerçekleştirilmiş olup, deneme süresince Class A pan buharlaşma kabından olan 7 günlük yığılmış buharlaşma miktarlarının Pamuk için K_{pc}=0.75 (Şener, 1995), II.Ürün Mısır için K_{pc}=1.2 (Şener ve ark., 1994) pan bitki katsayıları ile çarpılması sonucu elde edilen değerler sulama miktarı olarak uygulanmıştır. Sulamalar her parsel başında bulunan sayaçlar ile ölçülmüştür. Sulama suyu miktarı aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Yıldırım ve Madanoğlu, 1985).

$$I = A * E_{pan} * K_{pc} \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

I: parsel verilmesi gerekli sulama suyu miktarı (L)

A: parsel alanı (m²)

E_{pan}: sulama aralığındaki toplam buharlaşma (mm)

K_{pc}: pan-bitki katsayısını ifade etmektedir.

3.2.6 Toprak Nemi Ölçümleri

Toprak Nemi CO₂ ölçümlerinin yapıldığı analizöre bağlı olarak çalışan LICOR 8100 – 202 Model toprak nem sensörü kullanılarak anlık olarak saptanmıştır. Nem sensörü ile yapılan nem ölçümleri toprağın 0 – 10 cm'lik üst katmanında yapılmıştır. Toprak nemi ölçümleri CO₂ emisyonu ölçüm cihazına bağlı çalıştığı için eş zamanlı yapılmıştır. Böylelikle eş zamanlı olarak toprak nemi ile CO₂ emisyonu arasında bir ilişki olup olmadığına dair bir değerlendirme fırsatı aranmıştır.

3.2.7 Toprak Sıcaklığı Ölçümleri

Toprak sıcaklığı CO₂ ölçümlerinin yapıldığı analizöre bağlı olarak çalışan toprak sıcaklık sondası kullanılarak anlık olarak saptanmıştır. Sıcaklık sondası ile yapılan toprak sıcaklığı ölçümleri toprağın 0 – 20 cm'lik üst katmanında yapılmıştır. Toprak sıcaklığı ölçümleri CO₂ emisyonu ölçüm cihazına bağlı çalıştığı için eş zamanlı yapılmıştır. Böylelikle eş zamanlı olarak toprak sıcaklığı ile CO₂ emisyonu arasında bir ilişki olup olmadığı incelenmiştir.

3.2.8 İnfiltrasyon Testi

Denemede, sulama suyunun doğru miktar ve sürede uygulanması, sulama sisteminin doğru projelendirilmesi ve doğru malzeme ile tesis edilmesini sağlamak amacıyla infiltrasyon testi yapılmıştır. İnfiltrasyon testleri her deneme konusu için çift silindir infiltrometre ile toprak işlemlerden önce, ekimden sonra yapılmıştır.

3.2.9 Fiziksel Analiz Yöntemleri

Tez çalışması kapsamında yapılan fiziksel toprak analizleri için toprak işleme öncesi ve ürün hasadından sonra olmak üzere her yıl 2 kez toprak örnekleri alınmıştır. Bu örneklemeler toprak işleme derinliği olan 0 – 20 cm derinliklerden yapılmıştır. Çalışma kapsamında Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü Toprak, Su, Gübre ve Yaprak Laboratuvarında aşağıda verilen analizler yapılmıştır.

- Hacim ağırlık (g.cm^{-3}): 100 cm^3 hacimdeki çelik silindirler yardımıyla alınacak yapısı bozulmamış toprak örnekleri, 105°C sıcaklıkta etüvde kurutularak hesap yöntemiyle belirlenmiştir (Black, 1965).
- Özgül ağırlık (g.cm^{-3}): Hacmi bilinen piknometre şişesi yardımı ile yapılmıştır (U.S.Salinity Lab. Staff,1954).
- Porozite (%): Porozite, özgül ağırlık (g cm^{-3}) ve hacim ağırlık (g cm^{-3}) değerlerinden hesaplanmak suretiyle elde edilmiştir.
- Tarla kapasitesi: Bar Pressure Plate Extraktor cihazı ile $1/3$ atmosfer basınç altında saptanmıştır (U.S.Salinity Lab. Staff,1954).
- Solma Noktası: Pressure Plate Extraktor cihazı ile 15 atmosfer basınç altında belirlenmiştir (U.S.Salinity Lab. Staff,1954).
- Penetrasyon direnci (MPa): Tez çalışmasındaki toprak derinliğine bağlı penetrasyon direnci değerleri, Spectrum marka elektronik penetrologger ile ölçülmüştür. Penetrometre ölçümleri 0 – 40 cm derinlikler arasındaki toprak katmanında yapılmıştır.
- pH: pH metre ile, saturasyon macununda ölçülmüştür (MC.Lean, 1982).
- Bünye: Toprak bünyesi, hidrometre metodu ile içerdikleri %kum, %mil, %kil fraksiyonları belirlemek yoluyla analiz edilmiştir (Bouyoucos, 1962). Bulunan değerler bünye analiz üçgenine uygulanmak suretiylr toprak örneklerinin bünyeleri saptanmıştır (Black, 1965).
- Hidrolik iletkenlik (cm h^{-1}): Analiz içinbozulmuş toprak örnekleri kullanılmıştır. İşlem sırasında hidrolik iletkenlik tayin seti kullanılarak hesaplanmıştır (Tüzüner 1990).

3.2.10 Kimyasal Analiz Yöntemleri

Toprağın kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan kimyasal analizler, toprak işlemeden önce ve ürün hasadından sonra olmak üzere 3 farklı toprak derinlik katmanından (0 – 20 cm, 20 – 40 cm, 40 – 60 cm) alınan örnekler ile yapılmıştır. Çalışma kapsamında Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü Toprak, Su, Gübre ve Yaprak Laboratuvarında aşağıda verilen analizler yapılmıştır.

- Alınabilir Fosfor: Kurutulmuş ve 2 mm'lik elekte elenmiş 5gr toprak örneği ekstrakt eriyiği olarak erlene konulmuştur. Üzerine 100 ml 0,5 M sodyum bikarbonat ($\text{pH}=8,5$) eklenerek ve 30 dakika çalkalama işleminden sonra, ekstraktta geçen fosfor miktarı kolorimetrik olarak saptanmıştır (Olsen ve Sommers 1982).

- Alınabilir Potasyum: Toprak örneklerinin bitkiye yarayışlı potasyum içerikleri, 1 N Amonyum Asetat (pH=7,0) kullanılarak hazırlanmış ekstrakt eriyiğine geçebilen potasyum miktarı flame fotometrede okunarak saptanmıştır (Richard, 1954).
- Kireç (CaCO_3) % : Scheibler kalsimetre yöntemiyle belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).
- Organik madde: Toprak örneklerinin organik madde yüzdesinin belirlenmesinde; Reuterberg ve Kremkus yöntemine göre saptanan organik karbon kapsamlarından yararlanılmıştır. Bulunan karbon değerleri 1,724 sabiti ile çarpılarak % organik madde miktarı hesaplanmıştır (Black, 1965).
- Toplam kjeldahl azotu (%N): Toprak örneklerinin toplam azot miktarları Bremner ve Schaw'ın modifiye makro kjeldahl metodu (Bremner,1965) uygulanarak belirlenmiş, sonuçlar yüzde olarak hesaplanmıştır.
- C/N: Toplam organik karbon ve toplam azot değerlerinden yararlanılarak hesaplama yöntemi ile bulunmuştur.

3.2.11 Toprakların Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Yöntemleri

Mikrobiyolojik ve biyokimyasal analizlerin yapılması amacıyla ilkbahar (nisan) ve sonbahar (ekim) aylarında olmak üzere iki kez 0-20 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Tesadüfî bir şekilde her parselinin dört farklı noktasından alınan toprak örnekleri homojen hale getirmek amacıyla polietilen küvetlerde karıştırıldıktan sonra etiketlenerek torbalara koyulmuştur. Sonra Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası Laboratuvarına, buz kutuları içerisinde en kısa sürede ulaştırılmıştır. Toprak eleme odasına getirilen toprak örnekleri mikrobiyolojik analizlerin yapılabilmesi için doğal arazi neminde 2 mm' lik elekten elenerek ve kapağı delikli polietilen kutulara konularak mikrobiyolojik analizler süresince +4 °C'de muhafaza edilmiştir (Schinner vd, 1995).

Mikrobiyolojik ve biyokimyasal analizler kapsamında aşağıdaki analizler yapılmıştır.

- CO_2 – Oluşumu (Toprak Solunumu): 0,1 N NaOH çözeltisi kullanılarak ve 27 °C'de 7 günlük bir inkübasyon süresi sonunda saptanmıştır (Isermeyer, 1952).

- Mikrobiyal Biyomas-C' u: Su tutma kapasitesinin %55-60'ı kadar nemlendirilmiş toprak örneklerinde aerob organizmaların glikozu ayrıştırması esasına dayalı 25 °C'de 4 saatlik inkübasyondan sonra ortaya çıkan CO₂ ölçülerek belirlenmiştir (Anderson ve Domsch, 1978).

- N-Mineralizasyonu: Önce topraklar su ile doygun hale getirilmiştir. Sonrasında 40°C'de 7 gün inkübasyonda bırakıldıktan sonra açığa çıkan NH₄-N'u modifiye edilmiş Bertholet reaksiyonu ile saptanmıştır (Keeney, 1982).

- Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi (EC 1.1): Toprak örneklerine TTC (trifenil tetrasolium klorür) çözeltisi ilave edilerek, 16 saat 25 °C'de inkübasyonundan sonra oluşan TPF (trifenil formazan)'nin 546 nm'de fotometrik ölçümü ile belirlenmiştir (Thalman, 1968).

- Üreaz Enzim aktivitesi (EC 3.5.1.5): Substrat olarak ürenin kullanıldığı topraklar 37 °C'de 90 dakika inkübe edildikten sonra ortaya çıkan amonyum 2 M KCl ile ekstrakte edildikten sonra modifiye edilmiş Bertholet reaksiyonu ile tespit edilmiştir (Kandeler and Gerber, 1988).

- Alkalın (EC 3.1.3.1) Fosfataz Enzim Aktivitesi: Topraklara tamponlanmış p-nitrofenil fosfat çözeltisi ilave edilerek 1 saat 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda ortaya çıkan fosfomonoesterazların NaOH ile renklendirilmesi sonucu 400 nm'de fotometrik olarak ölçülerek saptanmıştır (Tabatabai and Bremner, 1969; Eivazi and Tabatabai, 1977).

3.2.12 Net Karbon Bütçesinin Belirlenmesi

Yapılan toprak işleme uygulamalarının topraktaki karbon içeriğine olan etkilerinin ortaya konulması ve toprak işleme yöntemlerinin karbon yönünden bir kazanç sağlayıp sağlamadığını tespit etmek üzere net karbon bütçesi hesabına gidilmiştir. Burada hesaba katılan parametreler, ölçülen CO₂ emisyonu miktarları, bitki tarafından tutulan ve toprakta bulunan karbon miktarlarıdır. Net karbon bütçesinin belirlenmesi amacıyla, yetiştirilen bitkilerin farklı vejetatif dönemlerinde ve hasat sırasında olmak üzere 3 kez birim alandan bitkinin toprak üstü ve kök aksamı ayrı ayrı olacak şekilde hasat edilerek toplam karbon içeriğini belirlemek için analizler yapılmıştır. Daha sonra bulunan değerler birim analizi yöntemiyle kg/dekar olacak şekilde dönüştürülmüştür. Böylelikle 1 dekada

bitkiler tarafından tutulan karbon miktarları kg cinsinden hesaplanmıştır. Hasatla uzaklaştırılan ve toprakta kalan bitki oranlarından ve oluşan CO₂ emisyonu miktarlarından net karbon değişimi ve farklı vejetatif dönemlerdeki bitkideki karbon değişimleri tespit edilmiştir. Yine aynı şekilde denemenin başında ve denemenin sonunda alınan toprak örneklerinde yapılan karbon analizleri ile topraktaki karbon değişimi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Elde edilen değerler 1 dekarlık alandaki kg cinsinden karbonu ifade edecek birime dönüştürülmüştür. Çalışma boyunca ölçülen CO₂ emisyonu miktarları da önce kg cinsinden karbona, sonra da aynı birime dönüştürülmüştür. Sonrasında bütçe hesaplaması yapılmıştır.

3.2.13 Toprak İşleme Yöntemlerinin Emisyon Faktörünün Belirlenmesi

22 Temmuz 2014 tarih ve 29068 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması” hakkında tebliğde emisyon faktörü; tam yanmanın ve diğer tüm kimyasal reaksiyonların tamamlandığının varsayıldığı bir kaynak akışındaki faaliyet verisine ait sera gazının ortalama emisyon oranı olarak tanımlanmıştır. Toprak işleme yöntemlerinin emisyon faktörünü ise birim alandan kaynaklanan toplam emisyon miktarının birim alana bölünmesiyle elde edilen bir katsayı olarak belirtebiliriz. Bu hesaplama yaklaşımı, kabul edilmiş ve küresel ölçekli bir emisyon faktörü katsayısı kullanılarak topraktan atmosfere salınan CO₂ emisyonunun miktarının hesaplanmasında kullanılır. Bu çalışma sonucunda elde edilen CO₂ emisyonu değerleri, IPCC tarafından yayımlanan “Ulusal Sera Gazı Envanterleri Yönergeleri” içinde bulunan yaklaşımlar doğrultusunda hesaplanmıştır (IPCC 2006 a).

$$\text{Emisyon} = A \cdot EF \quad (3.2)$$

Emisyon : 1 ha. alandan yıllık atmosfere salınan toplam emisyon miktarı
(t⁻¹.ha⁻¹.yıl⁻¹)

A : Ölçüm alınan alan (ha)

EF : Emisyon faktörü (t⁻¹.yıl)

Emisyon faktörleri Tier 2 yaklaşımında ülkeye özgü yapılmış araştırmalardan ve deneysel çalışmalardan elde edilen verilerden yararlanılarak hesaplanır. IPCC

raporlarında belirtilen katsayılar ve standartlar genellikle uzun yıllar yapılan çalışmalar sonucunda elde edilmiştir (IPCC 2006 b).

Çizelge 3.3. Tarımsal alanlarda toprak karbon stoklarını etkileyen değişim faktörleri

Faktör	Seviyesi	Sıcaklık rejimi *	Nem Rejimi *	IPCC standardı	Tanım
Toprak işleme	Tam (geleneksel)	Tümü için	Kuru, nemli, ıslak	1.00 -	Yıl içinde tam ve tekrarlı toprak işleme yapılır. Toprak işleme zamanında toprak yüzeyinde <%30 bitki artığı bırakılır.
Toprak işleme	Azaltılmış	Ilıman	Kuru Nemli	1.02 +/- %6 1.08 +/- %5	1. ve 2. toprak işleme toprak daha az karıştırılarak yüzeysel ve tam olmayan işleme şeklinde yapılır. Toprak yüzeyinde <%30 bitki atığı bırakılır.
Toprak işleme	İşlenmesiz	Ilıman	Kuru Nemli	1.10 +/- 5 1.15 +/- 4	Temel toprak işleme yapılmaksızın direk ekim yapılır. Tohum yatağı toprak en az karıştırılarak hazırlanır. Yabancı ot herbisit ile yönetilir.

*>20 yıllık bir dönem için farklı toprak yönetim faaliyetleri için (Arazi kullanım şekli, toprak yönetimi ve girdi seviyeleri)

** İzmir Ilıman ve nemli iklim bölgesi olarak değerlendiriliyor.

Bitkisel materyalde karbon analizi; Deneme alanından alınan bitki örnekleri, sabit ağırlığa ulaşınca kadar 65 °C 'de kurutma dolabında kurutulmuştur. Sonrasında desikatörde soğutulmuş ve değirmende öğütülmüştür. Organik madde miktarı, fırında 550

⁰C yakılma sonunda bitki örneğinde belirlenen ağırlık kaybı dikkate alınarak belirlenmiştir (Horneck ve ark 1989).

Organik maddenin %58'inin organik karbon olduğu varsayılarak ($f = 100/58 = 1.724$) organik karbon içeriği hesaplanmıştır (Van Bemmelen faktörü).

$$\text{Organik Madde, \%} = [(A+T) - (B+T)] / A \quad (3.3)$$

$$\text{Organik C, \%} = \text{Organik madde} / f$$

Burada;

A= Kül kabına konulan örnek ağırlığı, g

B= Yakılma sonrası kül kabında kalan örnek ağırlığı, g

T= Kül kabının darası, g

f= Van Bemmelen faktörü

3.2.14 Ekonomik Analizler

Verim:

Buğdayda dane verimi, (kg.da^{-1}) her parselin 3 noktasından 1 m^2 lik alanlardan yapılan örneklemelerden elde edilen miktarların dönüştürülmesiyle dekara verim hesaplanmıştır.

Silajlık mısırdaki verim (kg.da^{-1}) her parselin kenarlarından 1'er sıra ve parsel başları ve sonlarından 10'ar metre çıkarılarak, kalan alanın tamamı bitkinin ilk boğumunun üstünden biçilip tartılmıştır. Elde edilen miktar dönüştürülerek dekara verim hesaplanmıştır.

Pamuk bitkisinde; kütlü pamuk verimi (kg.da^{-1}) her parselin kenarlarından 1'er sıra ve parsel başları ve sonlarından 10'ar metre çıkarılarak, kalan alanın tamamında yapılan hasattan elde edilen kütlü pamuk toplanarak tartılmıştır. Elde edilen miktar dönüştürülerek dekara verim hesaplanmıştır.

Maliyet:

Maliyet belirlemede birim alan başına kullanım masrafları saptanmıştır. Makine kullanım masraflarını oluşturan sabit ve değişken masraflardan amortisman, faiz masrafı, bakım onarım masrafları, personel masrafları, yakıt ve yağ masrafları vb. gibi masraflar göz önünde bulundurularak makine maliyetleri belirlenmiştir. Daha sonra, tarla kirası, tohum, gübre, ilaç, su giderleri, sezonluk ve daimi işçi giderleri, hasat giderleri devreye sokularak TL cinsinden toplam maliyetler bulunmuştur. (Sındır, 1999)

Elde edilen verim ve maliyet hesapları doğrultusunda ekonomik analizleri yapılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 CO₂ Emisyonu Ölçümleri

CO₂ emisyonlarının ölçülmesi amacıyla parsellerin ortasında 2 farklı noktaya ölçüm kasnağı çakılmıştır. Bu kasnaklar ölçüm başlığının hava almayacak şekilde toprak yüzeyine yerleştirilmesini sağlamaktadır (Resim 4.1).



Resim 4.1. Parsele çakılmış CO₂ ölçüm kasnağı

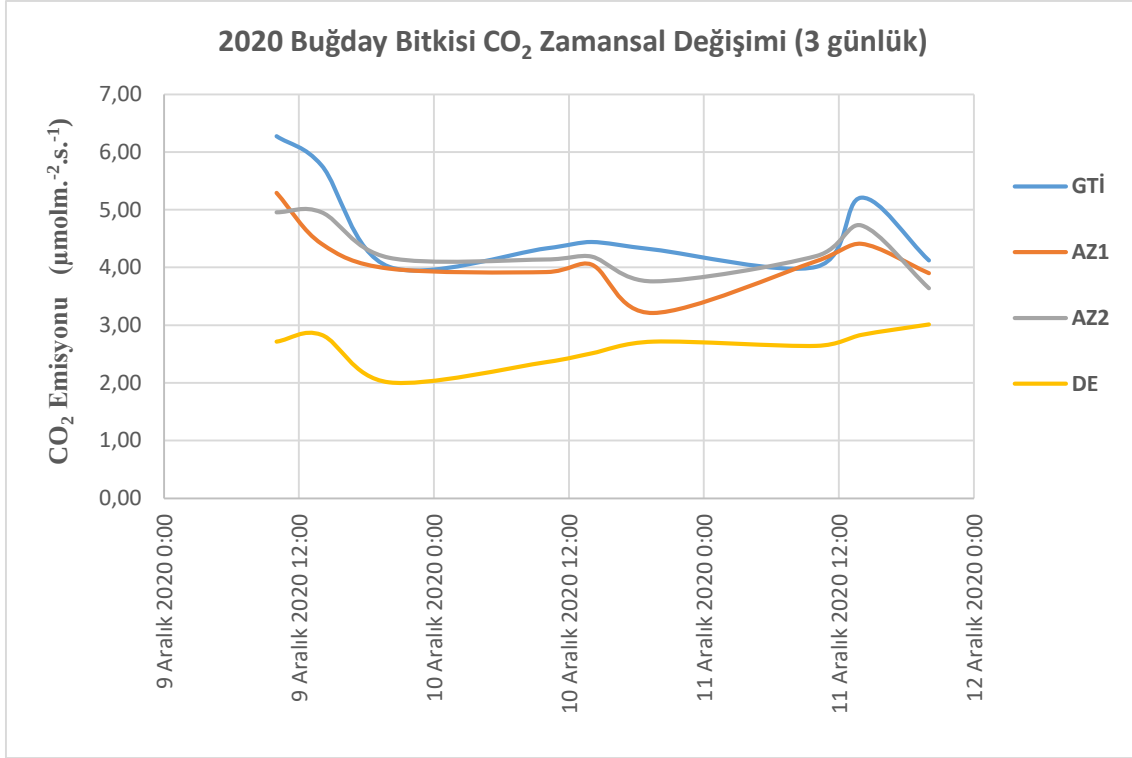
Tezin ilk yılı olan 2020 sonbaharından itibaren ilk toprak işlemenin hemen ardından CO₂ emisyonu ölçümlerine başlanmış ve hasada kadar devam etmiştir. İlk 72 saat içinde her parselde iki farklı noktadan, günün sabah, gün ortası ve gece saatlerinde olmak üzere ölçümler gerçekleştirilmiştir. Sonraki dönemdeki ölçümler metotta belirtildiği şekilde ve periyotlarda yıl boyu devam ettirilerek, elde edilen CO₂ emisyonu değerleri ve zamansal değişimi izlenmiştir. Resim 4.2’de ölçümlere ait bir görsel yer almaktadır.



Resim 4.2. Buğdayda CO₂ Ölçümü

Buna göre toprak işleme yöntemlerinin, toprak işlemenin hemen ardından yapılan ölçümlerde ortaya çıkan CO₂ emisyonu yıllara göre tespit edilmiştir. Yapılan ölçümler gün içerisindeki değişimler ile yılın tümünde kümülatif olarak en yüksek emisyonun hangi yöntemde ortaya çıktığını tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Bunun yanı sıra aynı zamanda net karbon bütçesi hesabında ve emisyon faktörü hesaplamasında kullanılmıştır. Herhangi bir ürünün olmadığı zaman dilimlerinde ise yaklaşık olarak ayda bir kez olmak üzere ölçümlere devam edilmiştir.

2020 yılında buğday ekilişi öncesinde ve ilk toprak işlemenin hemen ardından CO₂ emisyonu miktarları belirlenmek üzere ölçümler gerçekleştirilmiş ve hasada kadar ölçümler devam etmiştir. Her parselde 2 farklı noktadan olmak üzere ilk 72 saat içinde toplam 9 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler günün sabah, gün ortası ve gece saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Toprak işlemenin hemen ardından yapılan ölçümlerde elde edilen CO₂ emisyonu değerleri ve zamansal değişimi Şekil 4.1’te verilmiştir. Buna göre toprak işlemenin hemen ardından yapılan ilk ölçümlerde en yüksek CO₂ emisyonu geleneksel toprak işleme yönteminde, sonra sırasıyla azaltılmış toprak işleme-2, azaltılmış toprak işleme-1 ve doğrudan ekim yöntemlerinde oluşmuştur.

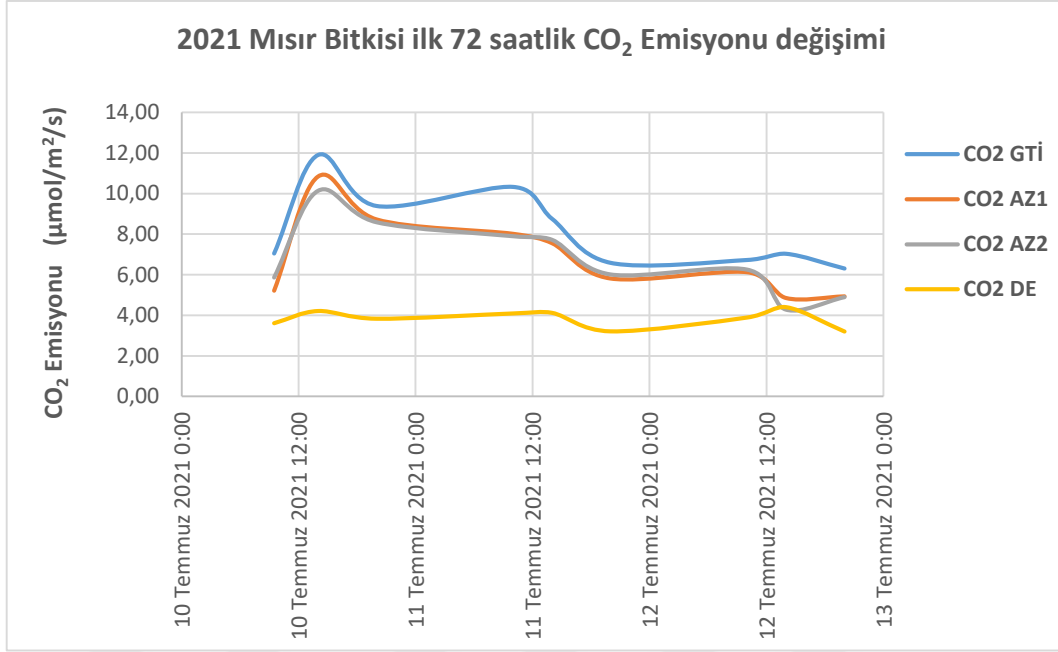


Şekil 4.1. 2020 yılı buğday bitkisinde ilk 3 gün içindeki CO₂ emisyonunun değişimi

Günün farklı saatlerinde yapılan ölçümler değerlendirildiğinde en düşük emisyon değerleri gün batımından sonraki saatlerde gerçekleştirilmiştir. Bu durumun topraktaki mikroorganizmal faaliyetlerin yavaşlamasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

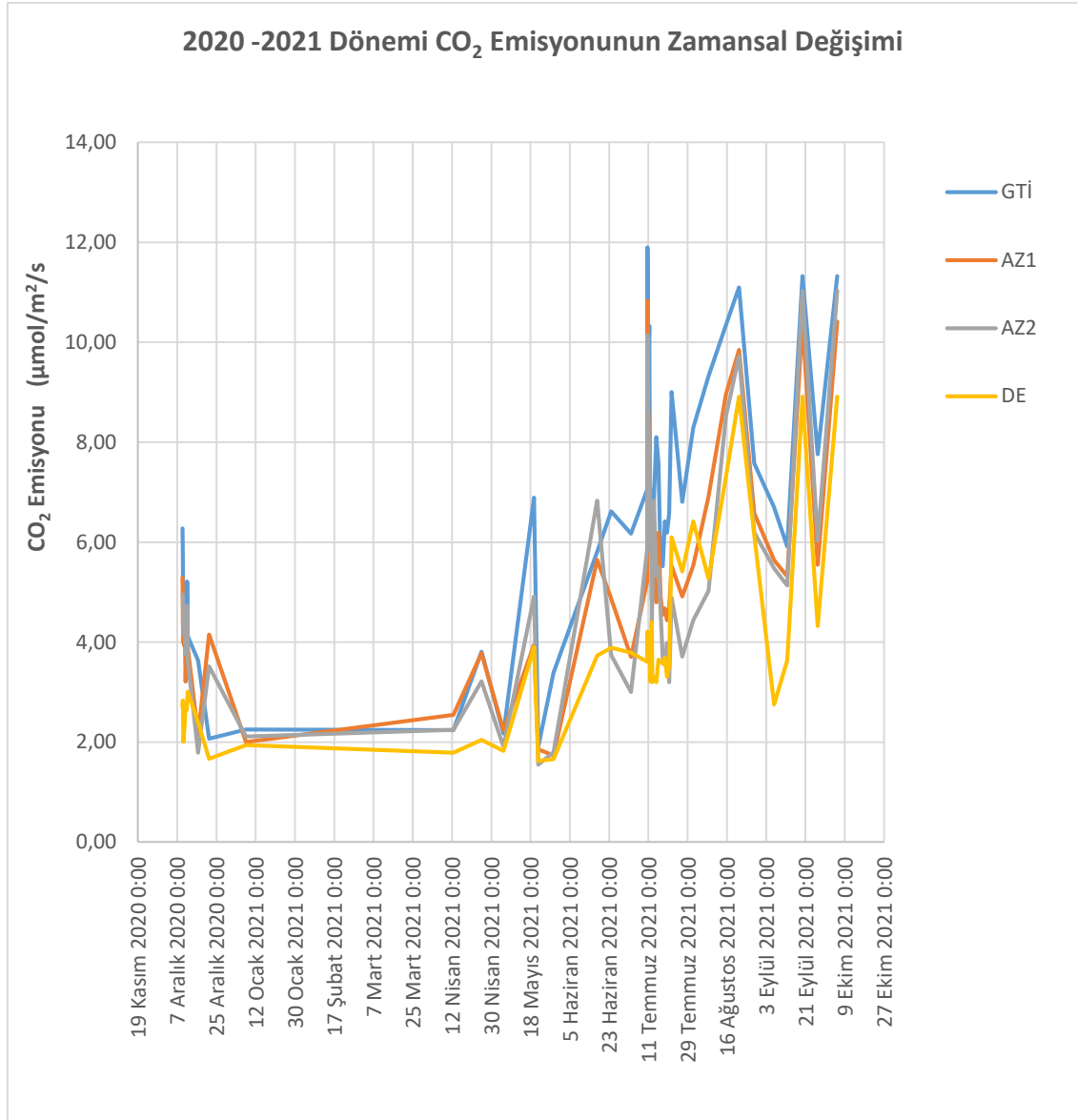
CO₂ emisyonu ölçümleri üçüncü günden sonra 10 gün boyunca günde 1 kez daha sonra farklı periyotlarda olmak üzere gün ortası saatlerde gerçekleştirilmiştir.

2021 yılında buğday hasadından sonra, hızlı bir şekilde toprak işleme uygulamaları tamamlanarak mısır ekimi yapılmıştır. Toprak işlemlerin hemen ardından CO₂ emisyonu miktarları belirlenmek üzere ölçümler gerçekleştirilmiş ve hasada kadar ölçümler devam etmiştir. Her parselde 2 farklı noktadan olmak üzere ilk 72 saat içinde toplam 9 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler günün sabah, gün ortası ve gece saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Toprak işleminin hemen ardından yapılan ölçümlerde elde edilen CO₂ emisyonu değerleri ve zamansal değişimi Şekil 4.2’de verilmiştir. Buna göre toprak işleminin hemen ardından yapılan ilk ölçümlerde en yüksek CO₂ emisyonu geleneksel toprak işleme yönteminde, sonra sırasıyla azaltılmış toprak işleme-1, azaltılmış toprak işleme-2 ve doğrudan ekim yöntemlerinde oluşmuştur.



Şekil 4.2. 2021 yılı mısır bitkisinde ilk 3 gün içindeki CO₂ emisyonunun değişimi

2020 – 2021 üretim sezonu içerisinde Farklı toprak işleme yöntemlerinin CO₂ emisyonuna etkilerini belirlemek üzere yapılan tüm CO₂ emisyonu miktarlarının zamansal değişimi Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Ölçümler yetiştiricilik sırasında yapılan tarımsal uygulamalardan hemen sonra tekrarlanarak CO₂ emisyonuna etkileri araştırılmıştır. Buna göre ara toprak işlemesi yapılan günlerde emisyon miktarının arttığı tespit edilmiştir. Ancak sulamada daha farklı bir durum ortaya çıkmıştır. Bazı sulama uygulamaları sonrasında CO₂ emisyonu miktarlarında ani bir artış gözlemlenirken bazı sulamalardan hemen sonra yapılan ölçümde ise tam aksine ani bir düşüş görülmüştür. Bu durum; sulama sonrası toprak yüzeyinde meydana gelen kaymak tabakasının farklı ölçümlerde farklı sonuçları ortaya çıkardığı şeklinde yorumlanmıştır.



Şekil 4.3. 2020 – 2021 Dönemi CO₂ emisyonunun zamansal değişimi

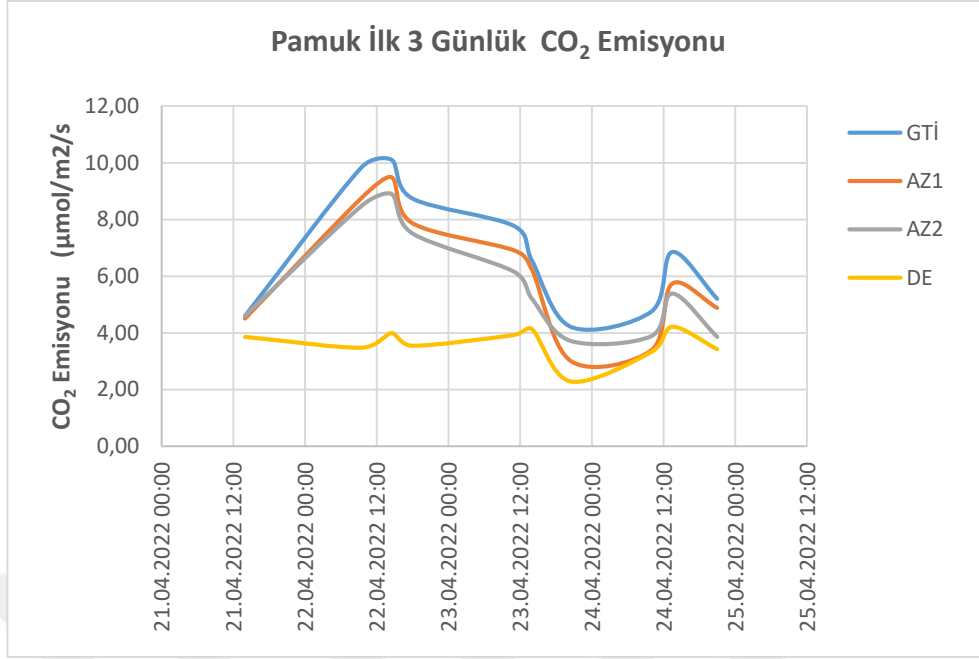
Konulara göre ölçülen CO₂ emisyonları istatistiksel olarak analize tabii tutulmuş olup Çizelge 4.1’de verilmiştir. Denemede konular ve tekerrürler arasındaki fark (P=0,01) önemli çıkmıştır. Tekerrürler arasındaki farkın önemli olması istenilen bir durum olmamakla birlikte toprak bünyesindeki heterojenlik nedeni ile ortaya çıktığı düşünülmektedir. Buna göre yapılan çoklu karşılaştırma testi (LSD) grupları da Geleneksel toprak işleme yöntemi 6,4333 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ CO₂ emisyonu ortalaması ile A grubunda, rototiller+çizel alet-makina kombinasyonu kullanılan azaltılmış toprak işleme 1 yöntemi 5,2733 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ CO₂ ve azaltılmış toprak işleme 2 yöntemi 5,1000 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ CO₂ emisyonu ortalaması ile B grubunda, doğrudan ekim yöntemi 3,1233 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ CO₂ emisyonu ortalaması ile C grubunda yer almıştır.

Çizelge 4.1. 2020-2021 dönemi CO₂ emisyonları varyans analiz tablosu ve LSD grupları

Varyasyon					
Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
BLOK (Tekerrür)	2	7,9930	3,9965	53,3403	0,0002**
KONU	3	16,9794	5,6599	75,5397	<0,0001**
HATA	6	0,4496	0,0749		
GENEL	11	25,4220			
KONULARA GÖRE LSD Grupları					
GTİ			6,4333	A	
AZ1			5,2733	B	
AZ2			5,1000	B	
DE			3,1233	C	
AÖF			0,546		
Cv %			5,4937		

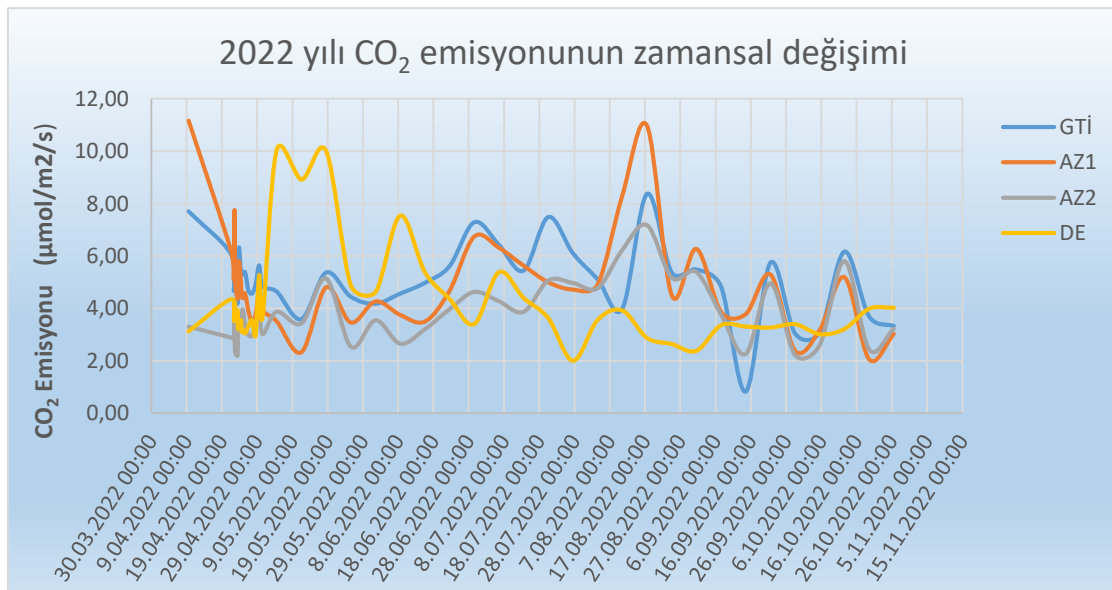
** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Denemenin 2. Yılı olan 2022’de pamuk ekimi öncesi toprak işlemenin hemen ardından başlanarak hasat sonrası döneme kadar CO₂ emisyonu ölçümleri yapılmıştır. Toprak işlemenin hemen ardından 3 gün boyunca, her parselin iki farklı noktasından günün sabah, gün ortası ve gece saatlerinde ölçülen CO₂ emisyonlarının değişimi Şekil 4.4’te gösterilmiştir. Elde edilen değerler incelendiğinde toprak işlemenin hemen ardından doğrudan ekim yöntemi hariç tüm yöntemlerde CO₂ emisyon değerleri hızlı bir şekilde artmıştır.



Şekil 4.4. 2022 yılında ilk 3 gün içindeki CO₂ emisyonunun zamansal değişimi

2022 yılında tüm vegetasyon dönemi boyunca elde edilen CO₂ emisyonunun zamansal değişimini gösteren grafik olarak Şekil 4.5'te verilmiştir. CO₂ emisyonu ölçümleri üçüncü günden sonra haftada 1 kez olmak üzere gün ortası saatlerde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler yetiştiricilik sırasında yapılan tarımsal uygulamalardan hemen sonra tekrarlanarak CO₂ emisyonuna etkileri araştırılmıştır. İlk toprak işlemenin hemen ardından CO₂ emisyonu ölçümlerine başlanmış ve hasada kadar devam etmiştir.



Şekil 4.5. 2017 yılı buğday – silajlık mısır üretimi CO₂ emisyonunun zamansal değişimi

Elde edilen ölçüm değerleri göz önünde bulundurulduğunda farklı toprak işleme yöntemlerinin, toprak işleme sırasında kullanılan alet ekipmanların seçiminin ve toprak işleme sırasındaki uygulama tekrar sayısının topraktan salınan CO₂ miktarına doğrudan etkisi olduğu tespit edilmiştir.

2022 yılında, konulara göre ölçülen CO₂ emisyonları istatistiksel olarak değerlendirmek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonucu elde edilen varyans analiz tablosu Çizelge 4.2’de verilmiştir. Analiz sonucuna göre yöntemler ve tekerrürler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.2. 2022 yılı CO₂ emisyonları varyans analiz tablosu ve LSD grupları

Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
BLOK (Tekerrür)	2	0,17315	0,0866	0,2370	0,7960 ö.d.
YÖNTEM	3	2,82749	0,9425	2,5803	0,1491 ö.d.
HATA	6	2,1915	0,3652	--	
GENEL	11	5,1922	--	--	
YÖNTEMLERE GÖRE LSD Grupları					
GTİ			5,5266	A	
AZ1			4,7233	A B	
AZ2			4,5600	A B	
DE			4,2000	B	
AÖF			1,2074		
Cv %			12,71		

ö.d. Önemli değil

Analiz sonuçları değerlendirildiğinde konular arasında istatistiksel açıdan fark çıkmamış olsa da, 2022 yılın dan elde edilen ölçüm değerleri de göz önünde bulundurulduğunda, seçilen toprak işleme yöntemlerinin, toprak işleme uygulamalarında kullanılan alet ekipmanların ve toprak işleme tekrar sayısının topraktan CO₂ emisyonuna doğrudan etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu etkinin yıllara göre farklılık gösterdiği gözlenmiştir.

Yukarıda verilen değerlendirme 2022 yılı pamuk üretim sezonu içerisinde yapılan ölçümleri kapsamaktadır. Bu etkiyi daha iyi ortaya koymak adına denemenin başladığı 2020 yılı buğday ekim öncesi yapılan ölçümlerden, tamamlandığı 2022 yılı pamuk hasadı sonuna kadar ölçülen tüm CO₂ emisyonu, toprak nemi ve toprak sıcaklığı değerleri yılların da etkisi dikkate alınarak varyans analizi yapılmıştır (Çizelge 4.3).

Denemenin başından beri ölçülen tüm CO₂ emisyonu değerlerine yapılan LSD testi sonuçlarına göre azaltılmış toprak işleme konuları A B grubunda yer alırken, geleneksel toprak işleme konusu A grubunda, doğrudan ekim konusu B grubunda yer almıştır. Çizelgede verilen CO₂ değerleri denemenin 2020 yılı sonbaharından, 2022 yılı pamuk hasadına kadar gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen emisyon değerlerinin aritmetik ortalamasını ifade etmektedir. Elde edilen sonuçlara göre konular bazında en yüksek ortalama CO₂ emisyonu 5,5266 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ile geleneksel toprak işleme yönteminde elde edilirken, doğrudan ekim konusunda en düşük ortalama CO₂ emisyonu 4,2000 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ile elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. CO₂ emisyonu toplu varyans analiz tablosu

Kaynaklar	SD	KT	KO	F	P
YIL	1	0,3174	0,3174	1,4421	0,2530 ö.d
BLOK (Tekerrür)	4	8,1662	2,0416	9,2758	0,0012**
KONU	3	16,2613	4,0653	24,6277	<0,0001**
YIL*YÖNTEM	3	3,5456	1,1819	5,3699	0,0141*
HATA	12	2,6411	0,2201		
GENEL	23	30,9317			
YÖNTEMLERE GÖRE LSD Grupları					
2021 GTİ			6,4333 A		
2022 GTİ			5,5266 B		
2021 AZ1			5,2733 B C		
2021 AZ2			5,1000 B C		
2022 AZ1			4,7233 B C D		
2022 AZ2			4,5600 C D		
2022 DE			4,2000 D		
2021 DE			3,1233 E		
AÖF			0,835		
Cv %			9,64		

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Çizelge 4.3' te verilen CO₂ emisyonu toplu varyans analiz sonuçlarına göre yılların etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken konular ve tekerrürler arasındaki

fark $P=0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Varyans analiz tablosu incelendiğinde CO_2 emisyonunun yıllara, bloklara, konulara ve yıl konu interaksyonuna göre $P=0.05$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Ancak üretim periyodu boyunca bu sonuçları etkileyebilecek bir çok etken bulunduğundan, yıllar arasındaki bu farklılığı açıklamak için farklı parametrelere göre inceleme yapılması gerekmektedir.

Yapılan analiz sonucu elde edilen toprak sıcaklığı varyans analiz tablosu Çizelge 4.4'te ve toprak nemi varyans analiz tablosu çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Toprak sıcaklığı toplu varyans analiz tablosu ve çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre oluşan gruplar

Kaynaklar	SD	KT	KO	F	P
YIL	1	50,2861	50,2861	6376,546	<0,0001 **
BLOK (Tekerrür)	4	0,0974	0,0243	3,0888	0,0579
KONU	3	0,2982	0,0994	12,6030	0,0005 **
YIL*YÖNTEM	3	0,4496	0,1499	19,0018	<0,0001 **
HATA	12	0,0946	0,00789		
GENEL	23	51,2259			
YÖNTEMLERE GÖRE LSD GRUPLARI					
2022 AZ2			23,8633	A	
2022 DE			23,7933	A B	
2022 GTİ			23,6700	B	
2022 AZ1			23,4500	C	
2021 GTİ			21,1300	D	
2021 AZ1			20,7200	E	
2021 DE			20,7133	E	
2021 AZ2			20,6333	E	
AÖF			0,1580		
Cv %			0,34		

** $P=0,01$ seviyesinde önemli, * $P=0,05$ seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Analiz sonuçlarına göre farklı yıllarda elde edilen toprak sıcaklıkları ve konular arasındaki fark $p=0,01$ seviyesinde önemli bulunurken, tekerrürler arasında fark bulunamamıştır. Ancak tüm yıllardan elde toprak sıcaklığı değerleri ile konular arasındaki interaksyona bakıldığında farklı toprak işleme yöntemlerinin, toprak sıcaklığına etkisi $P=0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Toprak nemi toplu varyans analiz tablosu ve çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre oluşan gruplar

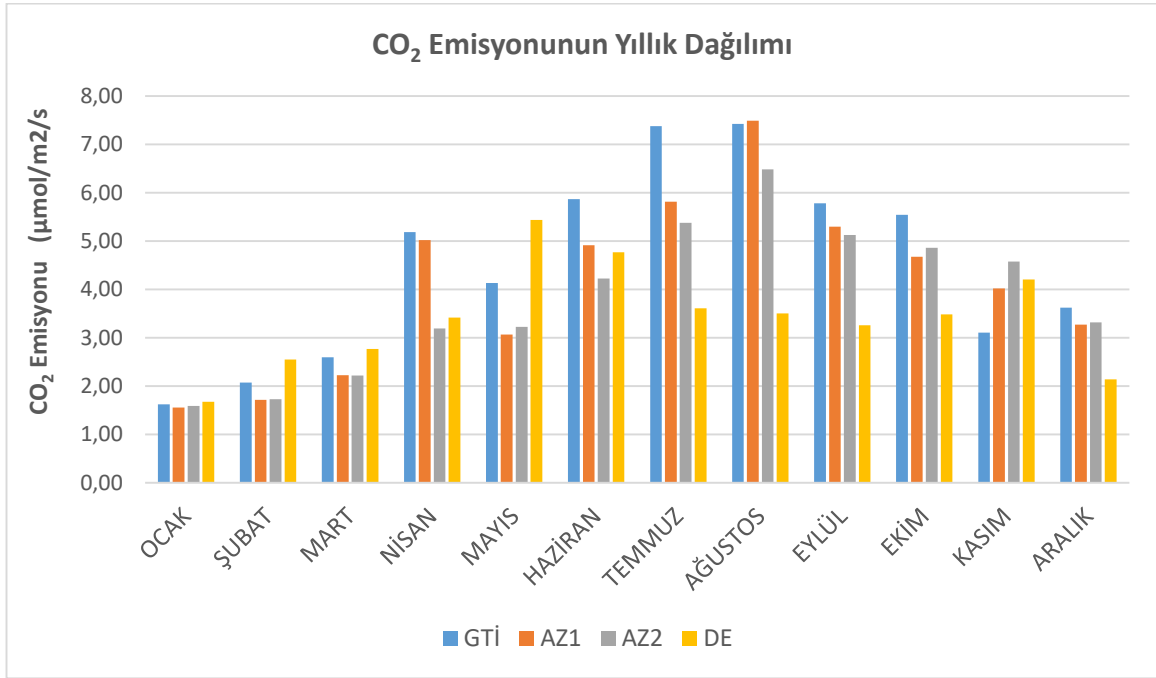
Kaynaklar	SD	KT	KO	F	P
YIL	1	0,0155	0,0155	210,6226	<0,0001 **
BLOK (Tekerrür)	4	0,0003	0,0001	1,0755	0,4110
KONU	3	0,0046	0,0015	21,0377	<0,0001 **
YIL*YÖNTEM	3	0,0046	0,0015	21,0377	<0,0001 **
HATA	12	0,0009	0,0003		
GENEL	23	0,0260			
LSD Grupları					
2021 GTİ			0,2733	A	
2021 AZ1			0,2733	A	
2021 AZ2			0,2733	A	
2021 DE			0,2733	A	
2022 DE			0,2700	A	
2022 GTİ			0,2133	B	
2022 AZ1			0,2066	B	
2022 AZ2			0,2000	B	
AÖF			0,01527		
Cv %			3,46		

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Analiz sonuçlarına göre yıl yöntem interaksiyonuna bakıldığında yöntemler arasında toprak nemi değerleri yıllara göre istatistiksel olarak çıkmıştır (P=0.01). Toprak nemi açısından yapılan değerlendirmelerde konular ve yıllar arasındaki fark P=0.01 düzeyinde önemli bulunurken, tekerrürler arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Yapılan analizlerde elde edilen sonuçları daha hassas bir şekilde değerlendirebilmek için toprak nemini farklı derinliklerde daha sık periyotlarda takip etmek önerilmektedir.

2020 – 2022 yılları arasında yapılan CO₂ emisyonu ölçümleri sadece ürün yetiştirme periyodu boyunca değil, tüm yıl boyunca yapılmış, elde edilen değerlerin ortalaması alınmak suretiyle aylık ortalama CO₂ emisyonu miktarları hesaplanmıştır. Deneme alanında herhangi bir bitkinin bulunmadığı dönemde en az ayda bir kez olacak

şekilde CO₂ emisyonu ölçümlerine devam edilmiştir. Buna göre CO₂ emisyonunun aylara göre ortalama yıllık dağılımı Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. CO₂ emisyonunun yıllık dağılımı

Yürütülen tez çalışmasından elde edilen veriler sonucunda toprak işlemenin hemen arkasında yükselen CO₂ emisyonu değerlerinin aylara göre de değişiklik gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bu değişiklik kış aylarında 24 – 36 sonrasında stabil hale gelirken, nispeten daha sıcak olan yaz aylarında ise 72 – 96 saat arasında sürmüştür. Akbolat D. vd. (2007) da yapmış oldukları çalışmalarında benzer şekilde sonuçlar elde etmişlerdir. Çalışmalarında topraktan CO₂ çıkışını tespit etmek için yaptıkları ölçümlerde; rototiller ve diskaro kullanarak yaptıkları toprak işlemede sırasıyla ortalama 0,768 µmol.m⁻².s⁻¹ ve 0,811 µmol.m⁻².s⁻¹ CO₂ emisyonu değerleri belirlemiştir. Ölçülen CO₂ miktarlarının konulara göre farklılık gösterdiği ancak işlemeden itibaren geçen zaman bağlı olarak azaldığı ve ilk toprak işleme uygulamasından sonra geçen 144 saatten sonra değişim göstermeyerek stabil hale geldiğini gözlemlemişlerdir. Çin'in Guangxi şehrinde yine benzer şekilde yapılan bir çalışmada, yüksek CO₂ emisyonu seviyelerinin birincil nedeninin ve tarihsel toprak organik karbonunun azalmasının toprak işlemeyle doğrudan bağlı toprak bozunumu olduğuna dair inanışlarının yaygın olduğunu tekrarlamışlardır. Fakat toprak işlemeden kaynaklanan toprak özelliğindeki temel farklılıklardan kaynaklanan temel CO₂ emisyonları tam olarak anlaşılamamıştır. Toprak

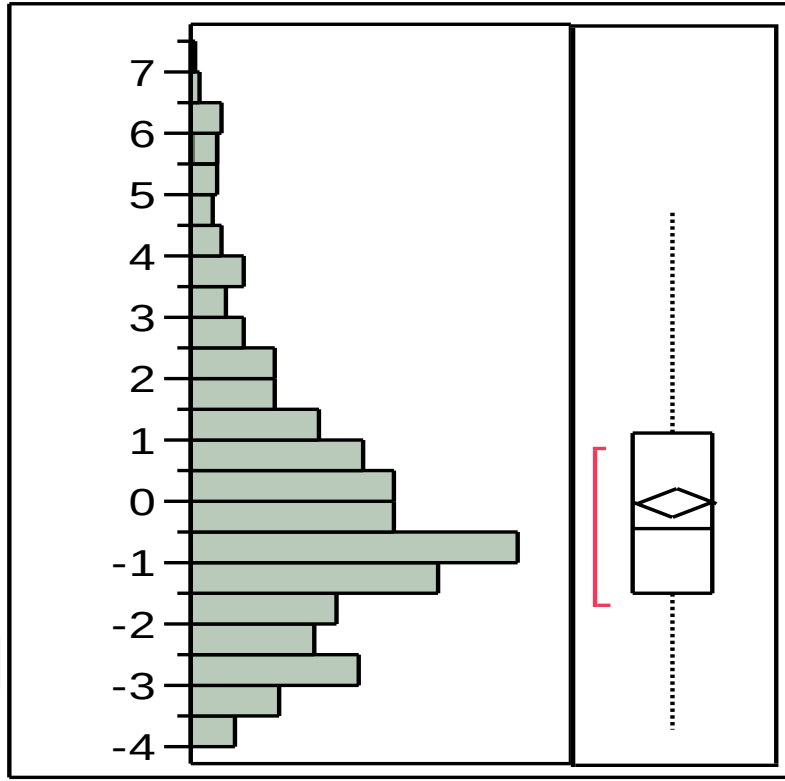
işleme yöntemlerinin ve farklı özelliklerdeki toprakların etkilerini ölçmek için farklı toprak işleme yöntemleri ve işleme sıklıkları kullanarak bir yıl deneme yürütmüşlerdir. Koruyucu toprak işleme (T0), altı aylık periyotlarda toprak işleme (T1), dört ayda bir yapılan toprak işleme (T2), iki ayda bir yapılan toprak işleme (T3) ve aylık olarak yapılan toprak işleme (T4) konularını içeren uygulamaları test etmişlerdir. Toprak işlemenin toprak CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerinin, güçlü bir mevsimsel kalıba bağlı olduğunu tespit edilmiştir. Sonbahar, ilkbahar ve yaz aylarında diğer uygulamalara göre daha sık zaman aralıklarında işleme yapılan T3 ve T4 konularında CO₂ emisyonları önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. CO₂ emisyonu açısından en avantajlı ve düşük değer T0 konusunda bulunmuştur. İlkbahar ve sonbaharda uygulanabilir toprak işleme yönetimi için, T1 ve T2'deki CO₂ akışları, T0 konusundan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Ancak soğuk geçen kış aylarında uygulanan işlemler arasında önemli bir fark bulunamamıştır (Xiao vd., 2019).

Türkiye’de kuru tarım yapılan tarım topraklarımız tarımsal arazi varlığımızın %80’ini kaplamaktadır (Sönmez, 2012). Bu nedenden dolayı kuru tarım yapılan alanlar için farklı stratejilerin geliştirilip bu yönde uygulamalar yapılması gündeme gelmektedir. Ülkemizde genel olarak kuru tarım yapılan alanların eğimleri, sulu tarım yapılan alanlara göre daha fazladır. Bu durum erozyon riskini beraberinde getirmektedir. Erozyon riski yüksek olan bu alanlarda CO₂ emisyonunu azaltacak üretim metotlarının belirlenmesi, sürdürülebilir çevre ve gıda anlayışının en önemli aşamasını oluşturacağı şüphesizdir. Çünkü bu alanlar hem toprak yapısı hem de topografik yapısı bakımından erozyona açık bir yapıya sahip olmakla birlikte, karbon yoğunluğunun da erozyon derecesi arttıkça azalma eğiliminde olduğu sorunlu arazi olma potansiyeli yüksek arazilerdir. Literatür taraması yapıldığında, erozyona maruz kalmış toprakların daha düşük karbon yoğunluğu içerdiklerini bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Bu durum maruz kalmamış topraklarda tam tersi daha yüksek yoğunluk göstermektedir (Başaran, 2004; Sezer, 2014).

Zaragoza Penaflor’da Aula Dei deneme istasyonunun kuru tarım alanında Kasım 2002 ve Mart 2003 tarihlerinde yürütülen bir çalışmada, yarı kurak iklim kuşağında Aragon kuru tarım topraklarında toprak işleme yöntemlerinden geleneksel ve korumalı toprak işleme yöntemlerinin kısa dönemdeki CO₂ emisyonlarına olan etkileri araştırılmıştır. Yılın sonbahar ve ilkbahar aylarında gerçekleştirilen toprak işlemlerinde ilk olarak geleneksel toprak işleme (35-40 cm derinliğinde pullukla işleme), azaltılmış toprak işleme (25 – 30 cm derinliğinde çizel ile) ve sıfır toprak işleme uygulaması olmak

üzere 3 farklı toprak işleme uygulaması karşılaştırılmıştır. Yapılan uygulamalardan sonra 12 – 22 günlük dönemde CO₂ emisyonları ölçülmüştür. Ölçümler infrared gaz analizörüne bağlı 21 cm çapındaki ölçüm başlığı ile gerçekleşmiş ve aynı örnekleme gününde toprak sıcaklığı, bir sıcaklık sondası vasıtasıyla 10 cm derinlikten belirlenmiştir. Sonuç olarak yetiştiricilik sistemleri dikkate alındığında bitki nadas sisteminden ölçülen CO₂ emisyon miktarı, genel olarak sürekli bitki yetiştiriciliğine göre daha düşük bulunmuştur. Yine aynı çalışmada elde edilen değerler tez çalışmamızdaki değerlere paralel bir şekilde ortaya konulmuştur. CO₂ emisyonlarının, ilk toprak işlemeden sonra, geleneksel toprak işleminde daha yüksek çıktığı, bu oranın sürekli bitki yetiştirilen parsellerde nadas yetiştirme sistemine göre 2,5 kat fazla bulunduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre koruyucu toprak işleme sistemlerinin topraktan CO₂ emisyonlarını azalttığı ve geleneksel yöntemlerin yerine önerilebileceği sonucuna varmışlardır (Alvaro vd. 2004). Tez çalışmamızda da benzer şekilde elde edilen değerler ışığında CO₂ emisyonlarının azaltılması bakımından doğrudan ekim ve diğer koruyucu toprak işleme yöntemlerinin oldukça avantajlı olduğunu söyleyebiliriz.

Tez çalışması sonucunda geleneksel toprak işleme yöntemi (GTİ) uygulaması sonrasında nispeten daha yüksek seyreden CO₂ değerlerinin, azaltılmış toprak işleme (AZ1, AZ2) ve doğrudan ekim (DE) konularında çok düşük değerlere ulaşabildiği tespit edilmiştir. Ancak bu yüksek farkın özellikle ilk toprak işlemeden hemen sonra ortaya çıktığı fakat yıllık bazda değerlendirildiğinde ise toplam emisyon miktarında ise belirli oranlarda azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Tez çalışmasının saha uygulamalarının başlangıcı olan 2020 yılından itibaren elde edilen veriler ışığında CO₂ emisyonu ile toprak nemi ve toprak sıcaklığı arasında bir ilişki olup olmadığını tespit etmek amacıyla korelasyon testleri yapılmıştır. Bunun için ilk önce konular bazında ve tüm konuların birleştirildiği CO₂ emisyon değerleri normallik testine tabi tutulmuş konu bazında ve birleştirilmiş veri setinde hiçbir veri seti normal dağılım göstermemiştir. Normallik testinde çıkan ekstrem değerler atılarak tekrar normallik testi yapıldığında ise normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Normallik testi histogram grafikleri Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Normallik testi histogramları

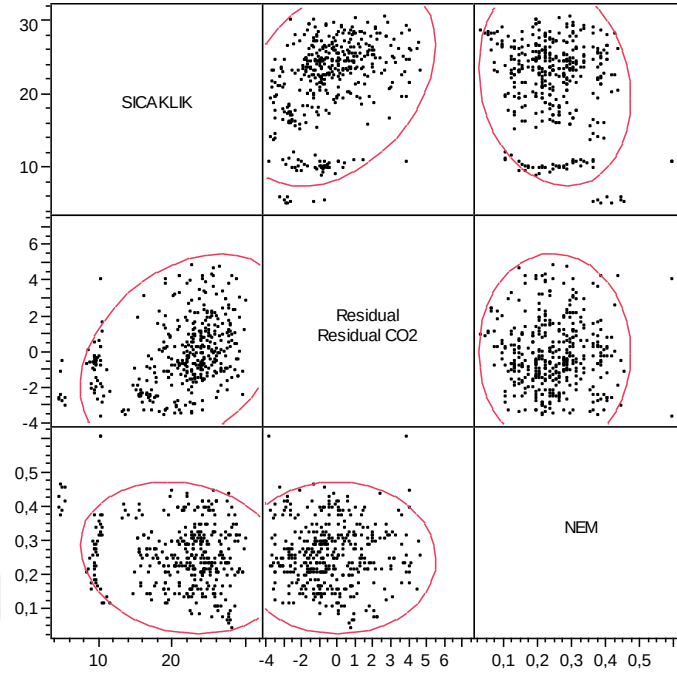
CO₂ emisyon değerleri ile 20 cm derinliğindeki toprak sıcaklığı ve toprak nemi değerleri arasındaki korelasyonları gösterir tablo Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.6. CO₂ emisyonları ile toprak sıcaklığı ve toprak nemi arasındaki korelasyonlar

	CO ₂	SICAKLIK	NEM
CO ₂	1,0000	0,3607	-0,0167
SICAKLIK	0,3667	1,0000	-0,1533
NEM	0,0167	-0,1533	1,0000

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Çoklu korelasyon analizinden elde edilen sonuçlara göre CO₂ emisyonu ile toprak sıcaklığı arasında pozitif yönlü korelasyon tespit edilmiştir. Öte yandan toprak nemi ile CO₂ arasında güçlü bir korelasyon bulunamamıştır. Korelasyon dağılım grafiği şekil 4.10’da gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Korelasyon dağılım grafiği

Toprak sıcaklığı, toprak nemi ve CO₂ emisyonları arasında ikili korelasyon olup olmadığına ilişkin olarak yapılan ikili korelasyon analiz tablosu Çizelge 4.7’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde çoklu korelasyon sonuçlarında olduğu gibi toprak sıcaklığı ile CO₂ emisyonu arasında pozitif yönlü güçlü korelasyon ve toprak sıcaklığı ile toprak nemi arasında negatif yönlü korelasyon istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

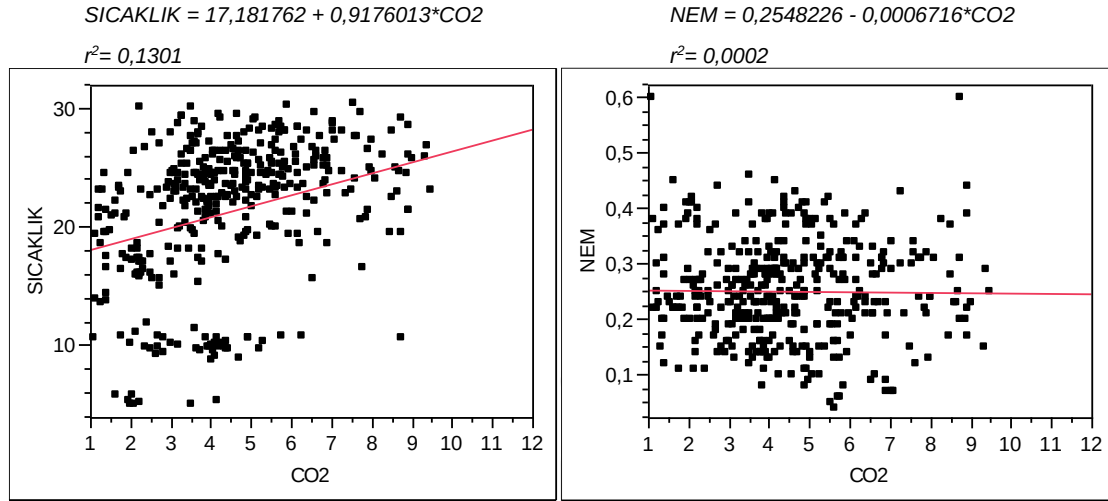
Çizelge 4.7. İkili korelasyon sonuç tablosu

Değişken	Etkileşimde bulunduğu değişken	Korelasyon	Hesap	Signif Prob	Plot Corr
CO ₂	SICAKLIK	0,3607	416	<,0001**	
NEM	SICAKLIK	-0,1533	416	0,0017**	
NEM	CO ₂	-0,0167	416	0,7339 ö.d.	

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Korelasyon analizi ilişki var ya da yok şeklinde genel fikir veren bir analizdir. Bu ilişkinin şiddeti ve yönünü belirlemek amacıyla regresyon analizi yapılmıştır. CO₂ flux

değerleri ile toprak sıcaklığı ve toprak nemi arasında bireysel ilişki grafikleri Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9. CO₂ flux değerleri ile toprak sıcaklığı ve toprak nemi arasındaki ilişki

Şekil 4.11’de gösterilen regresyon analiz sonuçları incelendiğinde CO₂ ile toprak sıcaklığı arasındaki ilişki önemli bulunurken, toprak nemi ile CO₂ emisyonu arasındaki ilişkin istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. İlişkiler incelendiğinde CO₂ flux değerleri ile toprak sıcaklığı arasında daha yüksek bir doğrusal ilişki olduğu, toprak nemi ile çok zayıf düzeyde ilişkili olduğu görülmektedir. CO₂ flux değerleri ile toprak sıcaklığı arasındaki ilişki grafiği incelendiğinde dağılımın üstel modele daha uygun olduğu düşünüldüğünden regresyon modeli için CO₂ değerlerinin logaritması alınarak model değerlendirmesi yapılmıştır. CO₂ ile toprak sıcaklığı arasındaki ilişkiye ait analiz tablosu sonuçları Çizelge 4.8’de, CO₂ ile toprak nemi arasındaki ilişkiye ait analiz tablosu sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.8. CO₂ ile toprak sıcaklığı arasındaki regresyon analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
Toprak Sıcaklığı	1	1779,151	1779,151	61,9232	<,0001**
Hata	414	11894,864	28,73		
Toplam	415	13674,015			

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Çizelge 4.9. CO₂ ile toprak nemi arasındaki regresyon analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	F	P
Toprak Nemi	1	0,00095	0,00095	0,1157	0,7339 ö.d.
Hata	414	3,4093	0,008235		
Toplam	415	3,4102			

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Tez çalışması boyunca ölçülen toprak nemi ve sıcaklığının CO₂ artışlarına etkisini belirlemek amacıyla yapılan regresyon analizi, sıcaklık değerlerindeki artışın P=0.001 seviyesinde önemle etkili ve önemli ancak nem değerlerindeki değişimlerin istatistiksel olarak önemsiz olduğunu göstermiştir.

4.2 Tarımsal Uygulamalar

Buğday bitkisinde ekim işlemi 2020 sonbaharında gerçekleştirilmiş ve sıra arası 12,5 cm olarak uygulanmıştır. Silajlık mısır bitkisinde sıra arası 70 cm, sıra üzeri 18 cm olacak şekilde ekimi gerçekleştirilmiştir. Pamuk bitkisinde ise ekimler 70 cm, sıra üzeri ve 6 cm sıra üzeri olacak şekilde gerçekleştirilmiş sonrasında tekleme işlemi yapılmıştır. Parseller ve bloklar arasında traktörün rahatça geçip dönebilmesi için 3 m boşluk bırakılmıştır. Diğer tarımsal uygulamalar tüm parsellerde üretim periyodu boyunca aynı zaman ve aynı metotla yapılmıştır.

Buğday: Ekim öncesi yapılan toprak analizleri sonucunda elde edilen sonuçlara göre gübreleme rehberine uygun olarak gübreleme programı çıkartılmış ve uygulanmıştır. Analiz sonucuna göre fosforlu ve azotlu gübrenin bir kısmı taban gübresi olarak ekimle birlikte, azot gübrelemesinin kalan kısmı ise kardeşlenme dönemi ve sapa kalkma döneminde olmak üzere 2'ye bölünerek yapılmıştır. Yabancı otlara, hastalık ve zararlılara karşı gerekli kontroller yapılarak ihtiyaca göre zirai mücadele uygulaması yapılmıştır.

Silajlık Mısır: Mısır ekilişleri buğday hasadından hemen sonra, toprak işleme uygulamalarıyla birlikte gerçekleştirilmiştir. İlk sulamalar yapılmadan önce bitkiler 30 – 40 cm boya ulaştığında ilk çapalama ve boğaz doldurma işlemi yapılmıştır. Yapılan toprak analizleri sonucunda gübreleme rehberine uygun olarak gübreleme programı çıkartılmış ve uygulanmıştır. Analiz sonucuna göre fosforlu gübrenin tamamı ekimle

birlikte azotlu gübrenin yarısı ekimle, diğer yarısı ise bitkiler 40-50 cm boylandığında uygulanmıştır. Yabancı otlara, hastalık ve zararlılara karşı gerekli kontroller yapılarak ihtiyaca göre zirai mücadele uygulaması yapılmıştır.

Pamuk: Pamuk bitkisinde de yapılan toprak analizleri sonucunda gübreleme rehberine uygun olarak gübreleme programı çıkartılmış ve uygulanmıştır. Analiz sonucuna göre fosforlu taban gübresi ekimle birlikte, azotlu gübre ise 2. çapadan önce ve 2. sulamadan önce olmak üzere 2'ye bölünerek üst gübrelemesi şeklinde verilmiştir. Bitkiler henüz 4 yapraklı iken 5- 6 cm ara ile hafif bir seyreltme (tekleme) yapılmıştır. İlk seyreltme ilk çapa, ikinci (tam) seyreltme ise ikinci çapa ile birlikte yapılmıştır. Çıkıştan sonra görülen yabancı otlar çapalanarak yok edilmiş, tarladaki yabancı ot durumuna göre tekrarlanmıştır. Yabancı otlara, hastalık ve zararlılara karşı gerekli kontroller yapılarak ihtiyaca göre zirai mücadele uygulaması yapılmıştır.

Denemenin ilk ve ikinci yılında yapılan tüm tarımsal uygulamalar kayıt altına alınmış ve Ek-1 ve Ek-2'de toplu olarak verilmiştir.

4.3 Sulama Suyu Miktarı

Tez çalışmasında, pamuk ve mısır bitkileri damla sulama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Buğday bitkisi için ihtiyaç duyulması halinde destek sulaması yapılması öngörülmüş ancak ihtiyaç görülmediğinden sulama gerçekleştirilmemiştir. Pamuk ve mısır bitkisi için tüm parsellere damla sulama sistemi kurularak sulama gerçekleştirilmiştir. Sulamalar, haftada bir olacak şekilde topraktaki eksik nemi tarla kapasitesine tamamlanmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Pamuk bitkisinde ekim işlemi 22.04.2022 tarihinde yapılmış ve ekim öncesi ve sonrası gübreleme yapılmıştır. Buğday bitkisinde ekim 09.12.2020 tarihinde yapılmış ve ekim öncesi ve sonrası gübreleme yapılmıştır. Silajlık mısır bitkisinde ise buğday hasadı sonrası tav sulaması yapılmış, toprak tava geldikten sonra 09.07.2021 tarihinde ekim yapılmıştır. Ekimle birlikte ve ekim sonrası gübreleme yapılmıştır. Pamuk ve II. ürün mısırdaki sulamalara topraktaki elverişli nem %50'ye düştüğünde başlanmıştır.

Sulama için nem takibi geleneksel deneme konusundan yapılmıştır. Tüm konulara eşit sulama yapılmıştır. 2021 yılında mısır için 260 mm, 2022 yılında pamuk için 289 mm, sulama suyu uygulanmıştır. Deneme konularına göre uygulanan sulama suyu

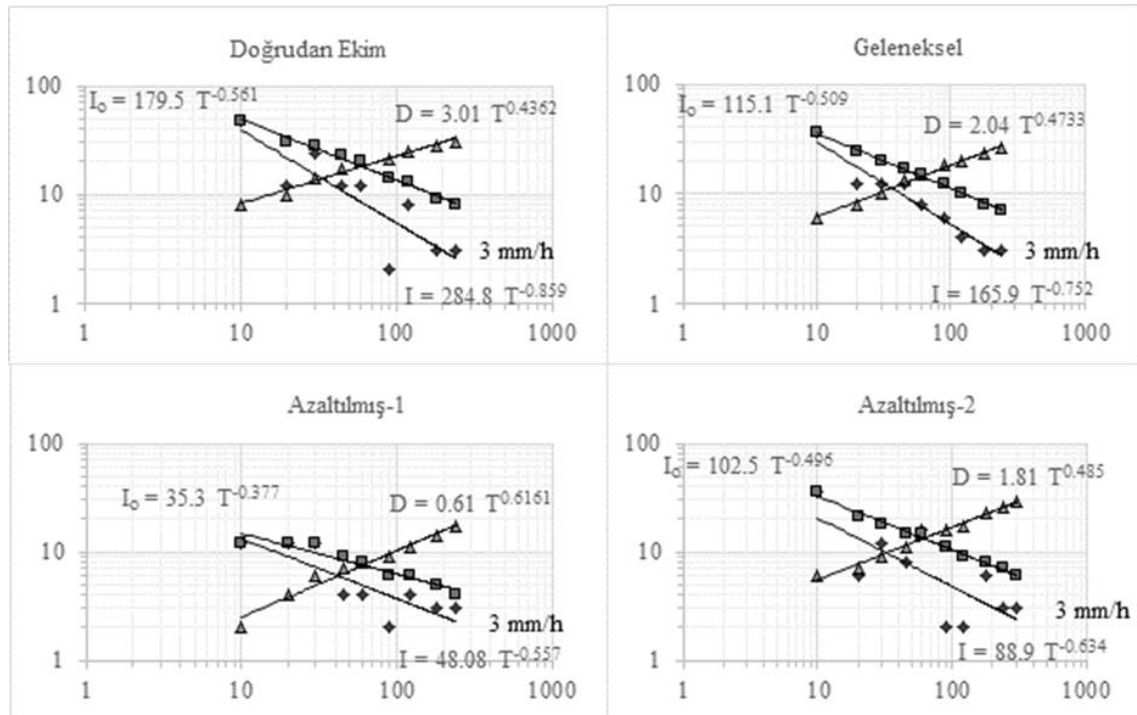
miktarları Çizelge 4.10’da verilmiştir. Çizelgede verilen yağışlar yetiştirme periyodunda düşen yağışları göstermektedir.

Çizelge 4.10. Yıllara göre sulama suyu ve yağış miktarları

Uygulama	Buğday (2020 – 2021)		Mısır (2021)		Pamuk (2022)	
	Yağış (mm)	Sul. Suyu (mm)	Yağış (mm)	Sul. Suyu (mm)	Yağış (mm)	Sul. Suyu (mm)
Doğrudan Ekim	591,8	0	19,6	260	17,6	289
Geleneksel	591,8	0	19,6	260	17,6	289
Azaltılmış-1	591,8	0	19,6	260	17,6	289
Azaltılmış-2	591,8	0	19,6	260	17,6	289

4.4 İnfiltrasyon Testi Sonuçları

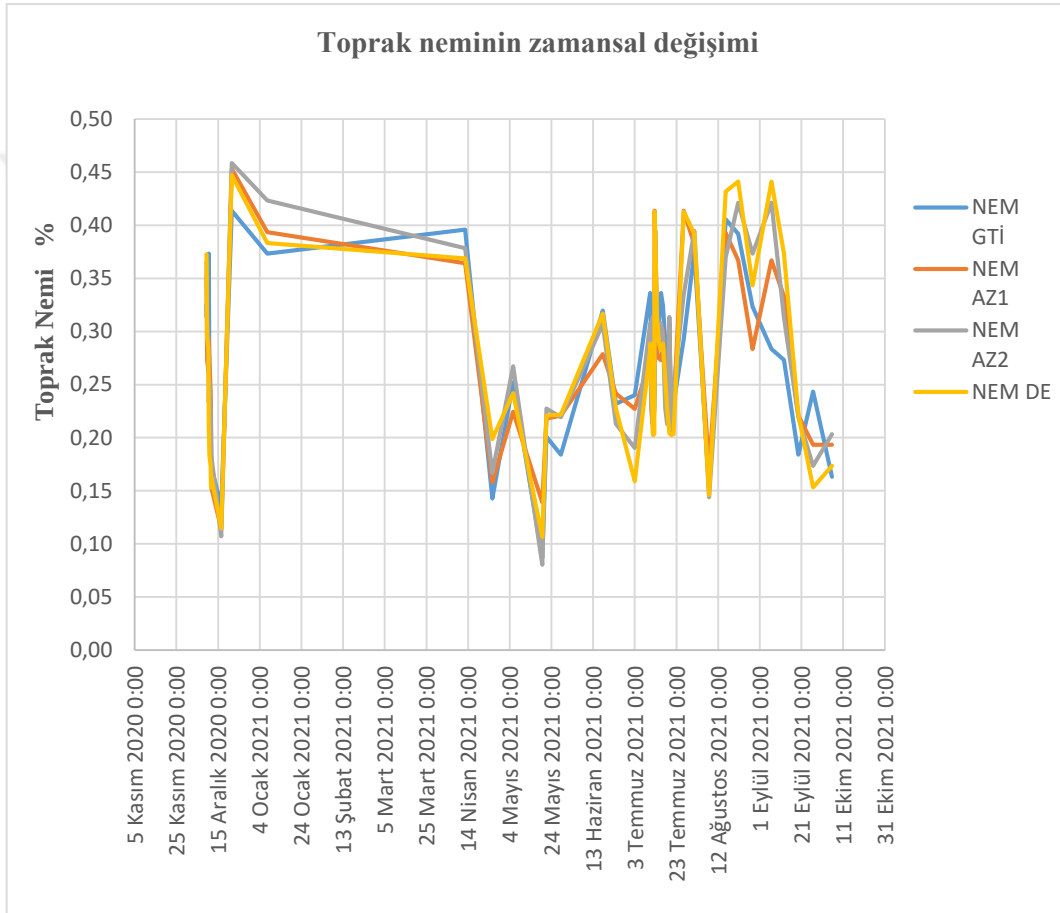
Tez çalışmasının saha uygulamalarına başlamadan önce denemenin kurulacağı alanda çift silindir infiltrometre ile infiltrasyon testi gerçekleştirilmiştir. İnfiltrasyon hızı 3 mm/h olarak hesaplanmıştır. Bu test sonuçlarına ait infiltrasyon grafikleri Şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.10. İnfiltrasyon testi sonuç grafikleri

4.5 Toprak Nemi Ölçüm Sonuçları

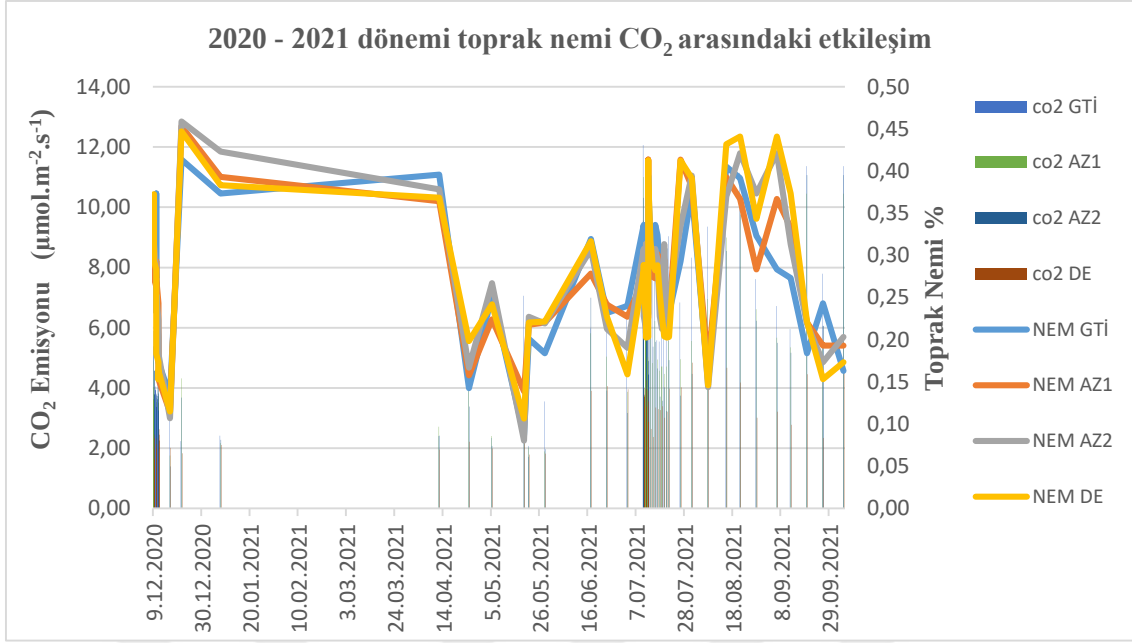
Deneme boyunca ölçülen CO₂ emisyonları ile eş zamanlı olarak toprağın 0 – 10 cm'lik katmanından metodolojide belirtildiği şekilde CO₂ ölçüm cihazına bağlı olarak kullanılan toprak nem sondası ile toprak nemi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulamalar ve ölçümler doğrultusunda 2020 – 2021 üretim sezonunda elde edilen toprak nemi değerleri Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11. 2020 – 2021 üretim sezonu toprak neminin zamansal değişimi

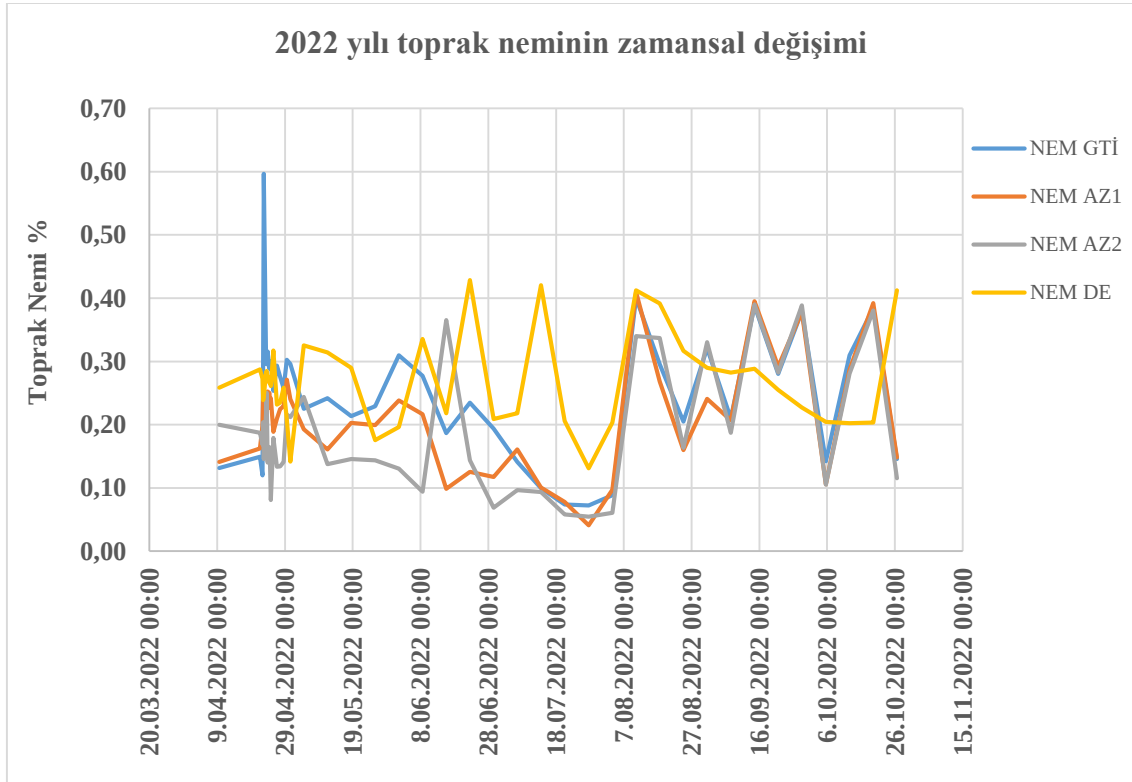
Farklı toprak işleme yöntemlerinin uygulandığı bir çalışmada sulama sonrası CO₂ emisyonu değerlerinin sulama öncesine göre arttığı belirtilmiştir (Calderon ve Jackson, 2002). Buna sebep olan etmenin ise toprak nemindeki artış ile toprağın biyolojik canlılığının artması olarak ifade edilmiştir.

2020 – 2021 üretim sezonu boyunca ölçülen CO₂ emisyonu değerleri ile toprak nem değerleri arasındaki ilişki grafik üzerinde incelenmeye çalışılmıştır (Şekil 4.12).



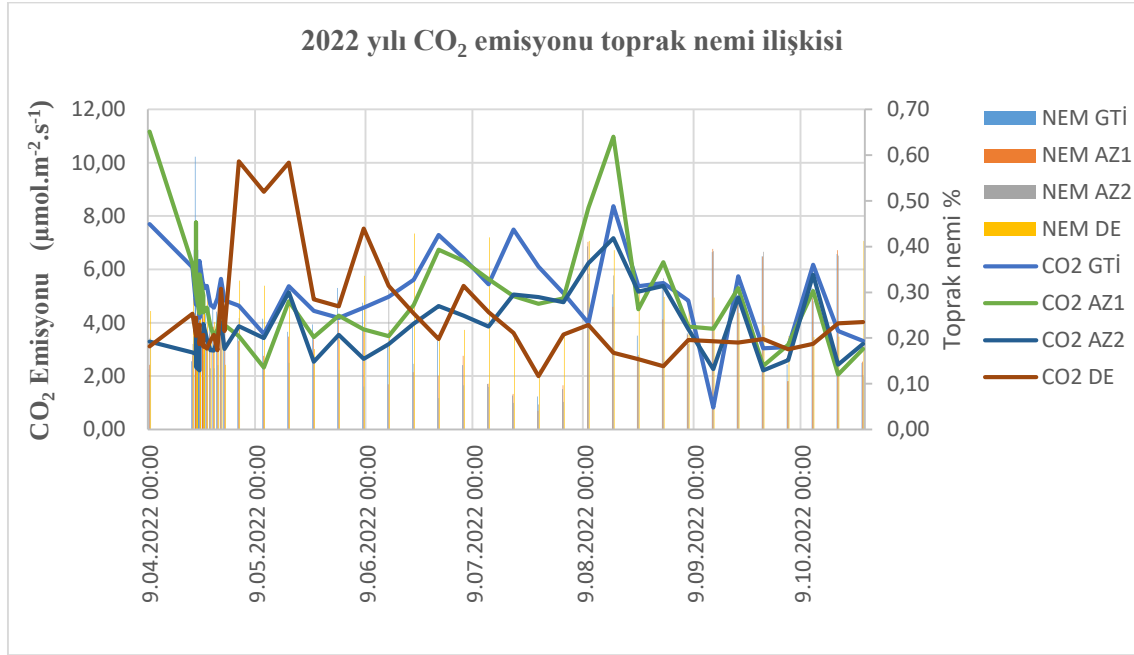
Şekil 4.12. 2020 - 2021 yılları toprak nemi CO₂ emisyonu ilişkisi

2022 yılında pamuk yetiştirme periyodu boyunca toprak nemi değerleri CO₂ emisyonları ölçümleriyle eş zamanlı olarak ölçülmeye devam etmiştir. Yapılan ölçümlerden elde edilen toprak nemi değerleri Şekil 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.13. 2022 yılı toprak nemi değerlerinin zamansal değişimi

2022 yılında ölçülen CO₂ emisyonu değerleri ile toprak nem değerleri arasındaki ilişki grafik üzerinde incelenmeye çalışılmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. 2022 yılı toprak nemi CO₂ emisyonu ilişkisi

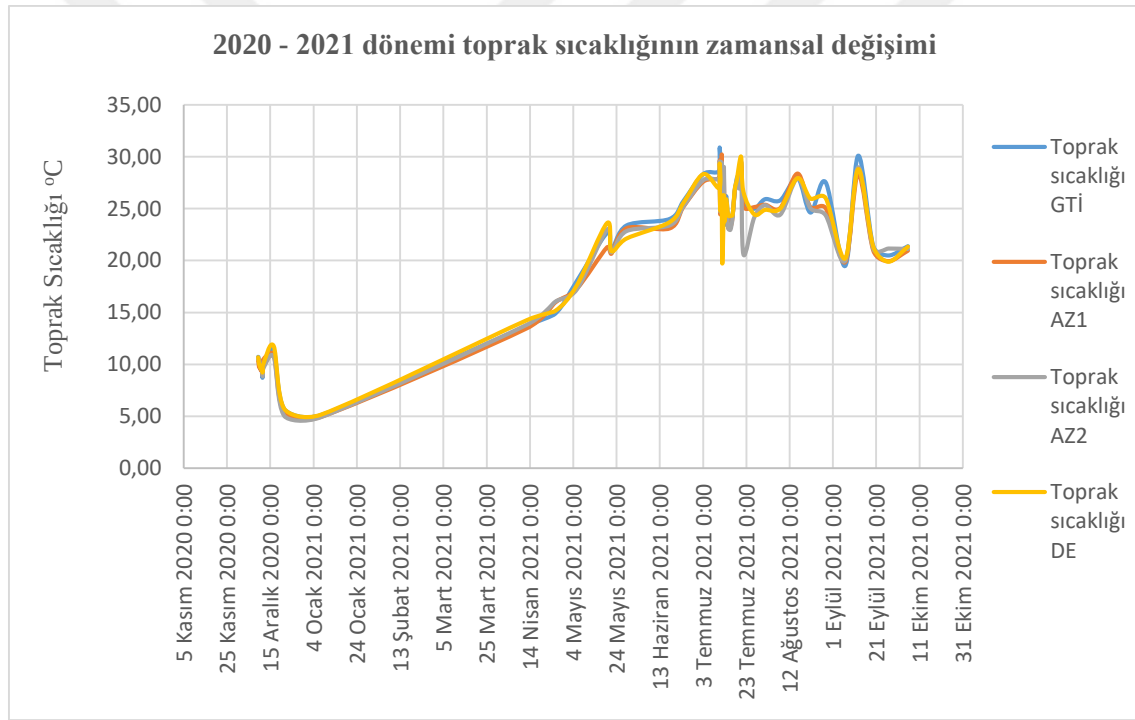
Şekil incelendiğinde toprak nemindeki ani ve keskin değişimlerin CO₂ emisyonu miktarları üzerine etkileri olduğu görülmektedir. Bu etkilerin zaman zaman pozitif yönde zaman zaman da ters orantılı olduğu görülmüştür. Denemede sulama uygulamasından hemen sonra CO₂ emisyonu ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerde emisyon miktarlarında düşüş gözlemlenmiş ancak daha sonra yapılan ölçümlerde nem ile uyumlu şekilde yüksek emisyonlar görülmüştür. Bunun sebebinin, sulamanın ölçüm noktasında oluşturduğu kaymak tabakası olduğu tahmin edilmektedir. Bu durum daha detaylı bir şekilde araştırılmalıdır kanaati oluşmuştur.

Calderon ve Jackson (2002) sulama ve farklı toprak işleme sistemlerini araştırdıkları çalışmalarında, tüm konularda CO₂ çıkışının sulamalardan sonra, sulama öncesine göre arttığı belirtilmiştir. Bunun nedenini ise toprak nemindeki yukarı yönlü değişim ile toprağın fiziksel ve mikrobiyolojik aktivitelerinin artmasının sebep olduğu şeklinde açıklamışlardır.

Elde edilen bulgular ışığında toprak neminin CO₂ emisyonuna doğrudan etkisi olduğunu söyleyebiliriz.

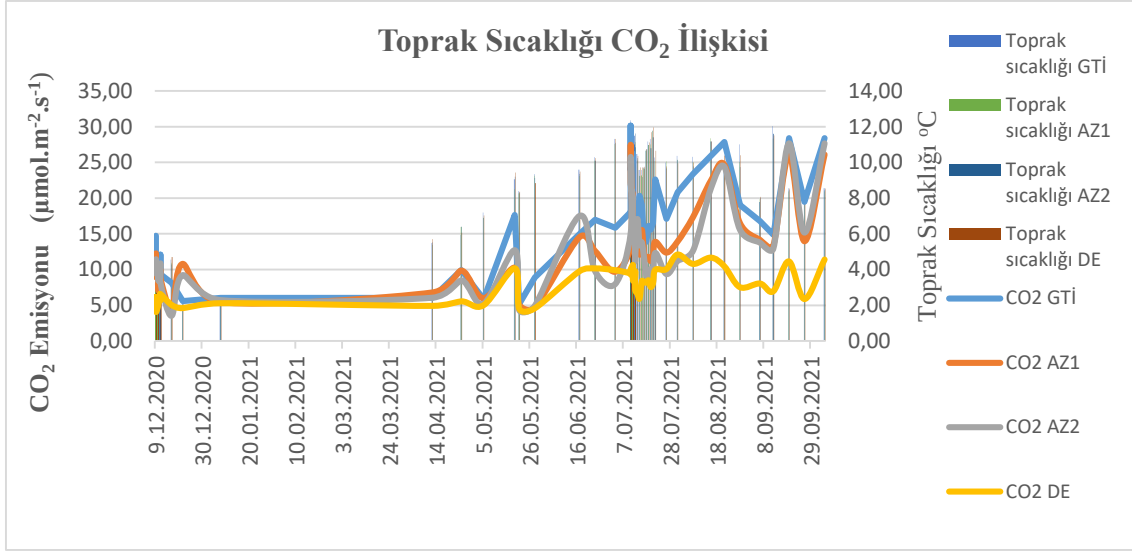
4.6 Toprak Sıcaklığı Ölçümleri

Tez çalışmasının birinci yılı olan 2020 – 2021 üretim döneminde CO₂ emisyonu ölçümlerinin gerçekleştirilmesi sırasında cihaza bağlı sıcaklık probu ile CO₂ emizsyonu ölçümleriyle eş zamanlı olarak toprağın 0 – 20 cm’lik derinlik katmanından toprak sıcaklığı değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümler belirlenen periyotlarda gerçekleştirilmiş olup, buna ilave olarak yapılan sulama ve diğer tüm tarımsal uygulamalardan hemen sonra ilave ölçümler alınmıştır. Yapılan bu uygulamalar tüm konularda aynı yöntem ve miktarda uygulanmıştır. Yapılan ölçümler doğrultusunda elde edilen toprak sıcaklığı değerlerinin zamansal değişimi ise Şekil 4.15’te verilmiştir.



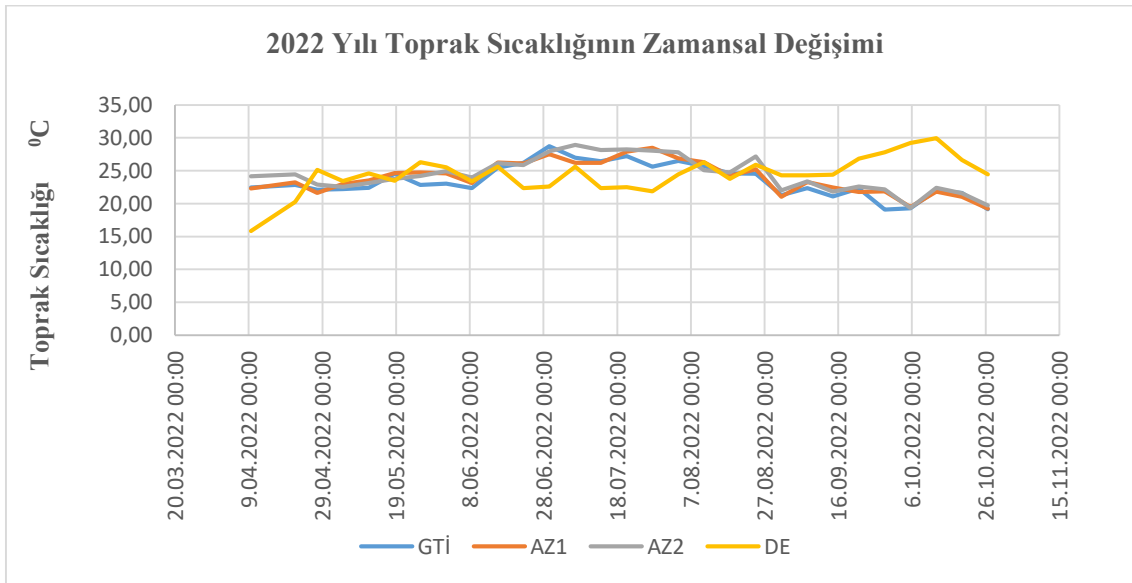
Şekil 4.15. 2020 – 2021 dönemi toprak sıcaklığının zamansal değişimi

2020 – 2021 döneminde toprak işlemenin hemen ardından başlayarak hasat sonuna kadar geçen süre zarfında yapılan CO₂ emisyonu ve toprak sıcaklığı ölçümleri sonucuna göre kış mevsiminden yaz mevsimine doğru değişen zaman diliminde toprak sıcaklığı arttıkça CO₂ emisyonu miktarında da doğrusal bir artış saptanmıştır. Yıl boyu yapılan ölçümler grafiğe dönüştürülerek, CO₂ emisyonu ile toprak sıcaklığı arasındaki ilişki gösterilmeye çalışılmıştır (Şekil 4.16).



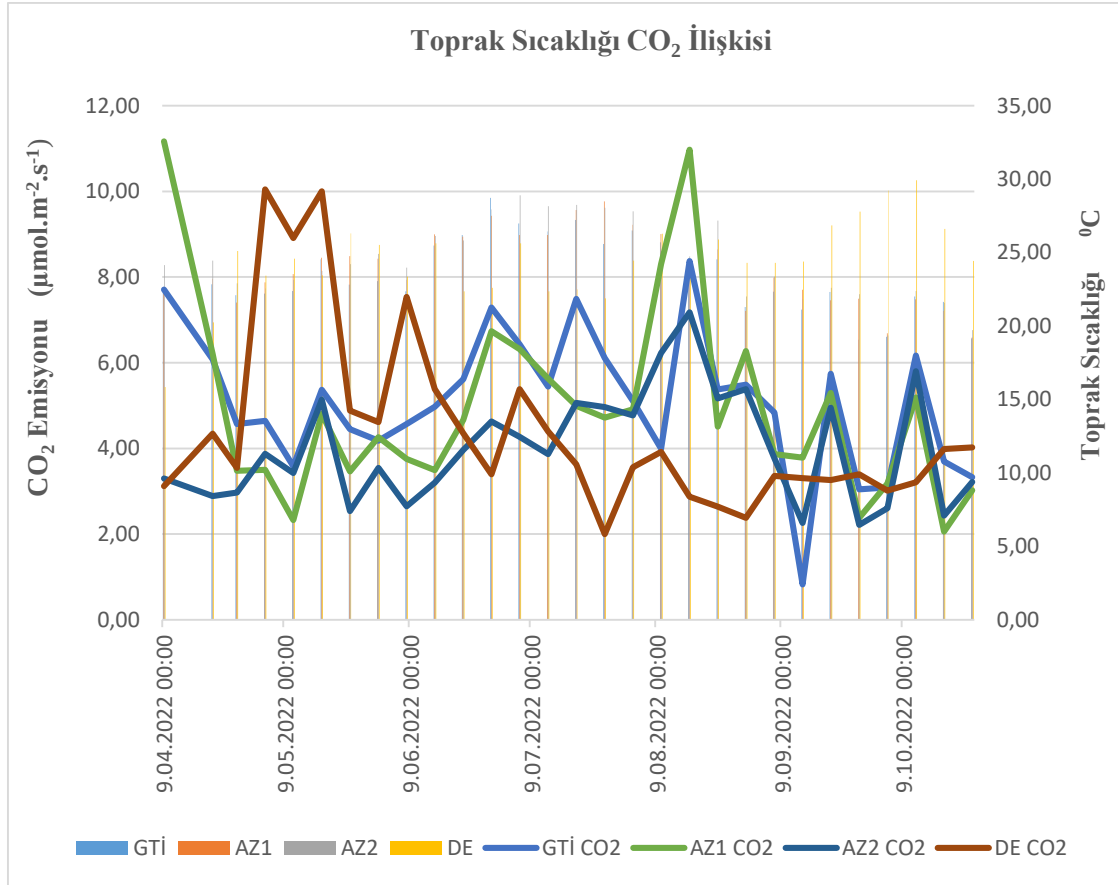
Şekil 4.16. 2020 – 2021 dönemi toprak sıcaklığı CO₂ ilişkisi

2022 yılında deneme parsellerimize pamuk ekimi gerçekleştirilmiştir. CO₂ emisyonu ölçümleriyle birlikte yine cihaza bağlı sıcaklık sondası vasıtasıyla CO₂ emisyonu ölçümleriyle eş zamanlı olarak toprağın 0 – 20 cm'lik katmanından toprak sıcaklığı değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümler belirlenen periyotlarda gerçekleştirilmiş olup, buna ilave olarak yapılan sulama ve diğer tüm tarımsal uygulamalardan hemen sonra ilave ölçümler alınmıştır. Yapılan bu uygulamalar tüm konularda aynı yöntem ve miktarda uygulanmıştır. Yapılan ölçümler doğrultusunda elde edilen toprak sıcaklığı değerlerinin zamansal değişimi ise Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17. 2022 yılı toprak sıcaklığı zamansal değişimi

2022 yılında toprak işlemenin hemen ardından başlayarak hasat sonuna kadar geçen süre zarfında yapılan CO₂ emisyonu ve toprak sıcaklığı ölçümleri sonucuna göre mevsimsel değişimlere bağlı olarak toprak sıcaklığı arttıkça CO₂ emisyonu miktarında da doğrusal bir artış saptanmıştır. Yıl boyu yapılan ölçümler grafiğe dönüştürülerek, Şekil 4.18’de toprak sıcaklığı ile CO₂ emisyonu arasındaki ilişki gösterilmiştir.



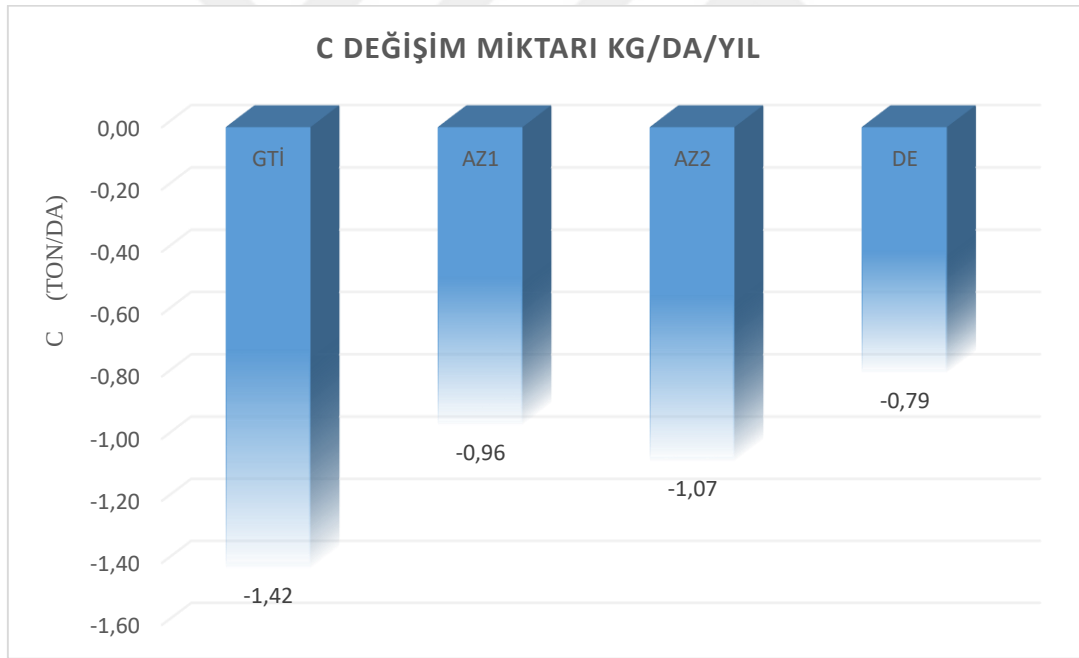
Şekil 4.18. 2022 yılı toprak sıcaklığı CO₂ emisyonu ilişkisi

4.7 Karbon Bütçesi Hesaplaması

Tez çalışması süresince ilk toprak işleme öncesi ve hasat sonrası olmak üzere toprak örnekleri alınarak toplam karbon analizi yapılmıştır. Buna ek olarak bitkilerin vejetasyon dönemi boyunca alınan biyokütle örnekleme yoluyla da bitkilerin bünyelerinde tutulan karbon miktarı analiz edilmiştir. CO₂ emisyonları, yıl içindeki yapılan tüm ölçümler baz alınarak aylık ortalama emisyon değerleri bulunmuştur. Elde edilen aylık ortalama emisyon değerleri her konu ve tekerrür için yıllık dekara kg/C cinsine çevrilmiştir.

Şekil 4.19’da konulara göre hesaplanan net karbon bütçesi hesabı sonrasında ortaya çıkan karbon değişim miktarları dekara başına ton olarak verilmiştir.

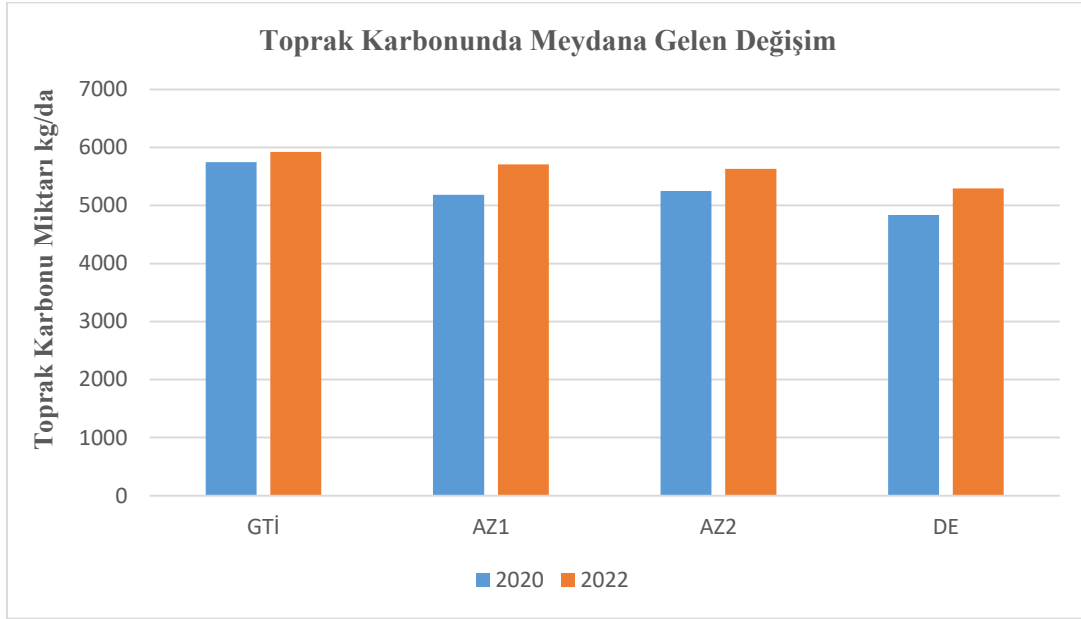
Şekil incelendiğinde tez çalışmasının yürütüldüğü 2020 ilk toprak işleme ile başlayan zamandan, 2022 yılı hasat sonrası döneme kadar tüm konularda negatif yönlü karbon değişimi görülmektedir. Denemenin saha çalışmaları 2 yıl gibi bir zaman diliminde gerçekleştirildiğinden bu etkinin negatif yönlü olması beklenen bir durum olarak görülmektedir. Ancak uygulamaların daha uzun yıllar devam ettirilmesi durumunda toprakta karbon tutulumunun artmasıyla birlikte C değişim miktarının pozitif yöne dönmesi beklenebilir. Sonuç olarak elde edilen bu değerler topraklarımızda tutulması gereken karbonun çeşitli yollar ile tutulmadığını, ancak koruyucu toprak işleme yöntemlerinin bu kaybı azalttığını göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında en yüksek karbon kazanımı DE konusunda, sonra sırasıyla AZ1, AZ2 ve GTİ konularında gerçekleşmiştir.



Şekil 4.19. 2021 - 2022 yılları arası net karbon bütçesine göre karbon değişim miktarı

Net karbon bütçesi hesabına göre her ne kadar negatif yönlü bir karbon değişimi meydana gelmişse de topraktaki toplam karbon miktarında önemli bir pozitif artış meydana gelmiştir. Bu durumun ise; emisyonların yüksek olmasına rağmen topraktaki organik madde miktarındaki değişime bağlı olarak meydana geldiği düşünülmektedir.

2020 yılından denemenin sonlandığı 2022 yılına kadar olan dönemde toprak toplam karbonundaki değişim Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.20. 2016 – 2019 yılları arası toprak toplam karbonunda meydana gelen değişim

Tez çalışmasının başladığı 2020 yılı sonbaharında toprak işleme öncesi alınan toprak örneklerinde ve 2022 yılı hasat sonrası alınan toprak örneklerinde yapılan toplam C analizi sonuçları dikkate alınarak yapılan hesaplama sonucu çıkan kg/da cinsinden topraktaki toplam C miktarındaki değişim Şekil 4.22’de verilmiştir. Bu hesaplamalarda toprağın 0-20 cm ve 20-40 cm derinlik tabakalarından alınan toprak örneklerinde tespit edilen % C değerleri kullanılmış ve bünyeye ve hacim ağırlık değerleri hesaba dahil edilerek 1 dekarlık alanda, bu derinliklerde toprağın kabul edilen ağırlık değerleri üzerinden hesaplama yapılmıştır. Çalışma başından sonuna kadar en büyük karbon miktarındaki artış doğrudan ekim konusunda meydana gelmiştir. Bu durum, toprak işleme yapılmadan tarla yüzeyinde bırakılan anızlar yoluyla toprak organik madde miktarının artış göstermesi ile doğrudan ilişkilidir. Buradan yola çıkarak doğrudan ekim yönteminin toprakta organik karbon artışını sağladığını söyleyebiliriz. Bunun en önemli nedeninin geleneksel toprak işleme yönteminde kullanılan toprak işleme aletlerinin ve işlemlerin sebep olduğu bitki artıklarının parçalanması sonucu meydana gelen ayrışmanın, doğrudan ekim yönteminde daha az ve yavaş olması olarak değerlendirilmiştir.

Kanada’nın yarı kurak bölgelerinde yapılan araştırmada 1995 – 1996 yılında Güneybatı Saskatchewan’da toprak işleme denemesindeki CO₂ emisyonları ölçülmüştür.

Deneme sürekli buğday ve nadas buğday münavebesi ile geleneksel ve sıfır toprak işleme uygulamalarını içermektedir. Sürekli buğday münavebesindeki CO₂ akışı, sıfır toprak işleminde, geleneksel toprak işlemeye göre ortalama %20 – 25 daha az olma eğilimi göstermiştir. Nadas buğday ekim nöbetinde toprak işleminin etkileri önemli bulunmuştur (P<0.05). Sıfır toprak işleminde geleneksel toprak işlemeye göre daha az CO₂ akışı sıfır toprak işleme yapılan toprak yüzeyindeki bitki artıklarının daha yavaş çürümeye bağlanmıştır. Kanada'nın yarı-kurak bölgesinde orta bünyeli topraklarda geleneksel toprak işleme yönteminden sürekli sıfır toprak işleme yöntemine geçen üreticilerin 13-14 yıl sonunda toprağa 5-6 ton/ha karbon kazandırabilir sonucuna varmışlardır (Curtin ve ark., 2000). 2020 – 2022 yılları arasında Türkiye Akdeniz iklim kuşağında yer alan İzmir Menemen bölgesinde yürütülen bu çalışmada doğrudan ekim yapılması durumunda 10 yıllık bir süre sonunda yaklaşık 8 ton/ha karbon kazandırılabilceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmadan da anlaşılacağı üzere benzer şekilde tez çalışmamızda yapılan işlemler daha uzun bir süre devam ettirildiği takdirde yüksek miktarlarda karbonun toprakta kalması mümkün olabilecektir.

4.8 Emisyon Faktörü Hesaplaması

Farklı toprak işleme yöntemlerinin uygulanması sonrasında çalışmanın gerçekleştiği 2 yıl boyunca elde edilen yıllık emisyon değerleri yıllık ve ortalama değerler olarak ele alınmıştır. Elde edilen yıllık emisyon değerlerinden yola çıkılarak tersinir hesap yöntemi ile toprak işleme yöntemlerinin EF değerleri hesaplanarak Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Toprak işleme sistemlerinin emisyon faktörleri

ÖLÇÜLEN YILLIK CO₂ EMİSYONU MİKTARI (t/ha/Yıl)			
	2021	2022	ortalama
GTİ	85,0761	73,6887	79,3824
AZ1	70,0098	66,5833	68,2965
AZ2	67,9130	65,5434	66,7282
DE	51,5025	49,5606	50,5315
EF			
	2021	2022	ortalama
GTİ	1	1	1
AZ1	1,22	1,11	1,16
AZ2	1,25	1,12	1,19
DE	1,65	1,49	1,57

* İzmir nemli-ılıman iklim kuşağında her birim alandan bir yılda atmosfere salınan CO₂ emisyon faktörü

Çizelgede verilen emisyon faktörleri ülkesel sera gazı envanteri hesaplamasında kullanılarak, toprak işleme kaynaklı CO₂ emisyonu hacmi yaklaşık olarak tahmin edilebilir. Çizelgede verilen emisyon faktörü toprak işleme yöntemlerinin bir hektarlık alandan bir yılda salınan CO₂ miktarına karşılık gelen değerdir.

Elde edilen EF değerleri, Ülkemiz nemli ve ılıman iklim kuşağında bulunan İzmir İli Menemen İlçesinde, 2 yıl aralıksız yapılan anlık CO₂ emisyonu değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.11 incelendiğinde, verilen EF değerleri, temsil ettiği toprak işleme yöntemi kullanılan alanla çarpılmak suretiyle, CO₂ emisyonu miktarının azaltılmasına ne kadar katkı sağlanabileceğini göstermektedir. Diğer bir deyişle kullanılan yöntemle göre ne kadar CO₂'nin toprakta tutulacağını göstermektedir.

Emisyon faktörleri Tier 2 yaklaşımında ülkeye özgü yapılmış araştırmalardan ve deneysel çalışmalardan elde edilen verilerden yararlanılarak hesaplanır. IPCC raporlarında belirtilen katsayılar ve standartlar genellikle uzun yıllar yapılan çalışmalar sonucunda elde edilmiştir (IPCC 2006 b). Ancak bu çalışmadan elde edilen değerlerin 2 yıl süren bir çalışmadan üretildiği göz önünde bulundurulmalıdır. Daha uzun süren çalışmalardan elde edilen yıllık değerlerin ortalamasının alınması yoluyla doğruluğu daha yüksek sonuçlar elde edilmesi mümkündür.

4.9 Fiziksel Analiz Sonuçları

Tez çalışmasının saha uygulamalarına başlamadan önce denemenin kurulacağı alan içinde profil çukurları açılmıştır. Açılan profilden farklı derinliklerde toprak örnekleri alınarak analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'da verilmiştir.

Profil boyunca 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 ve 80-120 cm derinliklerden alınan örneklerde, bünye, pH, hacim ağırlığı, özgül ağırlık, porozite, hidrolik iletkenlik, tarla kapasitesi ve solma noktası analizleri yapılmıştır.

Çizelge 4.12. Toprak profili analiz sonuçları

Derinlik	BÜNYE				pH (Çamurda)	Porozite %	Solma Noktası %	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Hidrolik İletkenlik (cm/H)		
	% Kum	% Kil	% Silt	Bünye					2 saat	6 saat	24 saat
0-20	34,7	19,64	45,64	L	7,80	56,55	13,20	2,61	1,71	1,87	2,15
20-40	34,7	17,64	47,64	L	7,80	51,90	13,00	2,48	0,48	0,29	0,31
40-60	38,7	11,64	49,64	L	7,92	55,56	8,17	2,61	1,90	2,09	2,25
60-80	30,7	9,64	59,64	SİL	8,08	57,62	8,15	2,65	2,40	2,59	2,66
80-120	36,7	13,64	49,64	L	8,14	55,35	9,58	2,60	1,45	1,56	1,72

Çizelge 4.13. Toprak profili hacim ağırlığı ve tarla kapasitesi analiz sonuçları

Derinlik (cm)	Hacim Ağırlık (g cm ⁻¹)	Tarla Kapasitesi %
0-20	1,39	23,62
20-40	1,49	25,87
40-60	1,52	21,85
60-80	1,38	22,83
80-120	1,34	30,79

2020 yılı sonbaharında ilk toprak işlemeden önce ve hasat sonrası alınan toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçları ile 2022 yılı toprak işleme öncesi ve hasat sonrası alınan örneklerde hacim ağırlık, özgül ağırlık, porozite, tarla kapasitesi ve solma noktası, bünye ve hidrolik iletkenlik analizleri yapılmıştır. 2020 - 2022 yılları arasında 0 – 20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre elde edilen hacim ağırlık ve özgül ağırlık değerleri Çizelge 4.14’te topluca verilmiştir. Deneme alanı topraklarının genellikle tın ve kumlu-tın bünyede olduğu, %47 ile %58 arasında poroziteye sahip olduğu, özgül ağırlığının 2,24 – 2,57 g.cm⁻³ arasında olduğu, hacim ağırlığının 1,32 – 1,58 g.cm⁻³ arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.14. 2016 – 2019 yılları arası analiz sonuçları

	Özgül Ağırlık g cm ⁻¹			Hacim Ağırlık g cm ⁻¹		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
GTİ T1	2,24	2,39	2,53	1,42	1,58	1,50
GTİ T2	2,30	2,57	2,39	1,38	1,56	1,39
GTİ T3	2,27	2,40	2,40	1,40	1,52	1,42
AZ1 T1	2,24	2,31	2,37	1,32	1,55	1,32
AZ1 T2	2,55	2,37	2,43	1,54	1,57	1,54
AZ1 T3	2,27	2,34	2,44	1,49	1,51	1,56
AZ2 T1	2,29	2,43	2,34	1,46	1,58	1,46
AZ2 T2	2,34	2,41	2,39	1,54	1,56	1,55
AZ2 T3	2,25	2,47	2,37	1,47	1,50	1,49
DE T1	2,32	2,34	2,45	1,42	1,49	1,42
DE T2	2,38	2,36	2,43	1,47	1,40	1,48
DE T3	2,39	2,32	2,42	1,44	1,44	1,43

Çizelge incelendiğinde özgül ağırlık ve hacim ağırlık değerlerinde stabil bir değişim gözlemlenmemiştir. Elde edilen analiz sonuçları istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarına göre farklı toprak işleme yöntemlerinin tüm yıllarda toprağın hacim ağırlık ve özgül ağırlık değeri üzerine istatistiksel olarak önemli etkileri olmamıştır. Hacim ağırlık toplu varyans analiz tablosu Çizelge 4.15’te, özgül ağırlık toplu varyans analiz tablosu ise Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Hacim ağırlık toplu varyans analiz tablosu

Kaynaklar	SD	KT	KO	F	P
YIL	2	0,03784	0,01892	5,3266	0,0152*
BLOK (Tekerrür)	6	0,02800	0,00467	1,3139	0,3011 ö.d.
YÖNTEM	3	0,02432	0,00811	2,2823	0,1138 ö.d.
YIL*YÖNTEM	6	0,02027	0,00338	0,9513	0,4842 ö.d.
HATA	18	0,06393	0,00426	--	--
GENEL	35	0,17436	--	--	--
AÖF			0,102		
Cv %			4,035		

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Çizelge 4.15’te gösterilen hacim ağırlık toplu varyans analiz tablosu incelendiğinde konular, tekerrürler ve yıl konu interaksiyonundaki farklar istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Çizelge 4.16. Özgül ağırlık toplu varyans analiz tablosu

Kaynaklar	SD	KT	KO	F	P
YIL	2	0,05761	0,02881	7,6168	0,0040*
BLOK (Tekerrür)	6	0,04087	0,00681	1,8012	0,1555 ö.d.
YÖNTEM	3	0,00274	0,00091	0,2417	0,8661
YIL*YÖNTEM	6	0,05921	0,00987	2,6099	0,0534
HATA	18	0,06806	0,00378	--	--
GENEL	35	0,22850	--	--	--
AÖF			0,105		
Cv %			2,589		

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Çizelge 4.16’da gösterilen özgül ağırlık toplu varyans analiz tablosu incelendiğinde her ne kadar yıllar arasındaki fark P=0,01 seviyesinde önemli çıkmış olsa da bu durumun topraktaki heterojenlik ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Öte yandan özgül ağırlık açısından da konular, tekerrürler ve yıl konu interaksyonu arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde topraktaki heterojenliğin sebep olduğu düşünülen ve yıldan yıla sadece pozitif yönde ya da sadece negatif yönde bir değişim gözlemlenmemiştir. Bu durum sonucunda 2 yıl gibi bir sürede toprağın hacim ağırlık ve özgül ağırlık gibi fiziksel özelliklerinde bir değişim gözlemleme ihtimalinin düşük olduğunu düşündürmüştür. Ancak daha uzun süre devam ettirilecek çalışmalar sonucunda toprağın bu özelliklerinde bir değişiklik görmek mümkün olabilir.

Penetrasyon direnci ölçümlerinde Spectrum marka elektronik penetrometre kullanılmıştır. Ölçümler 0 – 40 cm derinliğe kadar olan toprak katmanında yapılmıştır. Elde edilen penetrasyon direnci değerleri değerlendirilerek istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Analiz sonuçları toplu olarak Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Penetrasyon direnci varyans analizi

		Penetrasyon direnç değerleri, MPa				
		2,5 cm	5,0 cm	7,5 cm	10,0 cm	12,5 cm
Konular	GTİ	0,604 c	0,599 d	0,749 c	0,817 c	0,783 c
	AT1	0,718 ab	0,898 b	0,893 b	1,054 b	0,963 b
	AT2	0,674 bc	0,798 c	0,782 bc	0,926 bc	0,795 c
	DE	0,785 a	0,988 a	1,238 a	1,445 a	1,728 a
Varyans Analizi P Değerleri		0,0008*	<,0001	<,0001*	<,0001*	<,0001*
			*			
AÖF 0,05		0,08	0,07	0,12	0,16	0,12
CV%		13	9	16	18	14

Çizelge incelendiğinde farklı toprak işleme yöntemlerinin, penetrasyon direnci değerlerine etkisi %99 güven aralığında önemli bulunmuştur. Tekerrürler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Özellikle en yoğun işleme yapılan toprağın 0 – 10 cm lik katmanındaki fark en yüksek bulunmuştur. Buradan yola çıkarak farklı toprak işleme yöntemlerinin toprak penetrasyon direncine doğrudan etkisi olduğunu söyleyebiliriz. Yoğun toprak işleme sonucu oluşan penetrasyon dirençlerinin en yüksek bulunduğu katmandaki değerler ayrı ayrı analize tutulmuştur. 2.5 cm derinlikteki penetrasyon direnci değerlerinin varyans analizi tablosu Çizelge 4.18’de, LSD grupları Çizelge 4.19’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Penatrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 2.5 cm varyans analiz tablosu

Kaynak	SD	KT	KO	F Ratio	Prob > F
YIL	3	8,2196750	2,7398917	313,3543	<,0001**
Tekerrür[YIL]	8	0,5210167	0,0651271	7,4484	<,0001**
Konu A	3	0,2079417	0,0693139	7,9272	0,0008**
YIL*Konu A	9	1,1947083	0,1327454	15,1817	<,0001**
Hata	24	0,209850	0,008744		
Genel	47	10,353192			

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Çizelge 4.19. Penatrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 2.5 cm LSD grupları

Level		Least Sq Mean
DE	A	0,78500000
AZ1	AB	0,71833333
AZ2	BC	0,67416667
GTİ	C	0,60416667

5 cm derinlikteki penetrasyon direnci değerlerinin varyans analizi tablosu Çizelge 4.20’de, LSD grupları Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 5 cm varyans analiz tablosu

Kaynak	SD	KT	KO	F Ratio	Prob > F
YIL	3	7,2538500	2,41795	341,8940	<,0001**
Tekerrür[YIL]	8	0,2962667	0,0370333	5,2364	0,0007**
Konu A	3	1,0029167	0,3343056	47,2702	<,0001**
YIL*Konu A	9	1,5526000	0,1725111	24,3928	<,0001**
Hata	24	0,169733	0,007072		
Genel	47	10,275367			

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Çizelge 4.21. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 5 cm LSD grupları

Level	Gruplar	Least Sq Mean
DE	A	0,98833333
AZ1	B	0,89750000
AZ2	C	0,79833333
GTİ	D	0,59916667

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

7.5 cm derinlikteki penetrasyon direnci değerlerinin varyans analizi tablosu Çizelge 4.22’de, LSD grupları Çizelge 4.23’te verilmiştir.

Çizelge 4.22. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 7.5 cm varyans analiz tablosu

Kaynak	SD	KT	KO	F Ratio	Prob > F
YIL	3	4,7405229	1,5801743	67,8874	<,0001**
Tekerrür[YIL]	8	0,1419000	0,0177375	0,7620	0,6385
Konu A	3	1,7974896	0,5991632	25,7412	<,0001**
YIL*Konu A	9	0,4380521	0,0486725	2,0911	0,0722
Hata	24	0,5586333	0,023276		
Genel	47	7,6765979			

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Çizelge 4.23. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 7.5 cm LSD grupları

Level		Least Sq Mean
DE	A	1,2375000
AZ1	B	0,8925000
AZ2	BC	0,7816667
GTİ	C	0,7491667

10 cm derinlikteki penetrasyon direnci değerlerinin varyans analizi tablosu Çizelge 4.24'te, LSD grupları Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.24. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 10 cm varyans analiz tablosu

Source	DF	Sum of Squares	KO	F Ratio	Prob > F
YIL	3	8,1160417	2,7053472	70,3055	<,0001**
Tekerrür[YIL]	8	0,7589500	0,0948688	2,4654	0,0417*
Konu A	3	2,7056417	0,9018806	23,4377	<,0001**
YIL*Konu A	9	1,2702417	0,141138	3,6678	0,0052**
Hata	24	0,923517	0,038480		
Genel	47	13,774392			

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Çizelge 4.25. Penetrasyon Direnci Toprak İşleme Sonrası 10 cm LSD grupları

Level		Least Sq Mean
DE	A	1,4450000
AZ1	B	1,0541667
AZ2	BC	0,9258333
GTİ	C	0,8166667

4.10 Kimyasal Analiz Sonuçları

Proje kapsamında kimyasal analizler için örnekleme toprak işleme öncesi ve hasat sonrası olmak üzere 0 – 20 cm, 20 – 40 cm, 40 – 60 cm, derinliklerden alınan örnekler ile 2 kez yapılmıştır. Bu kapsamda pH, alınabilir fosfor, alınabilir potasyum, kireç, organik madde, toplam kjeldahl azotu, karbon ve C/N analiz ve hesaplamaları yapılmıştır.

Analiz sonuçları incelendiğinde yıllar arasında değişim olduğu görülmüştür. Ancak bu değişim tutarlı bir şekilde düşüş ya da artış şeklinde bir eğilim göstermemektedir. Bu durum özellikle örnekleme noktaları arasında heterojen bir yapı olduğunu akıllara getirmektedir. Tüm konu ve tekerrürlerde yapılan pH ve kireç analizi sonuçları Çizelge 4.26’da topluca verilmiştir. Elde edilen tüm sonuçlara göre yapılan istatistiksel değerlendirmede uygulanan farklı toprak işleme yöntemlerinin pH ve kireç miktarına etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.26. pH ve CaCO₃ toplu analiz sonuçları

	pH			CaCO ₃ %		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
GTİ T1	7,43	7,67	7,68	5,90	5,90	6,40
GTİ T2	7,52	7,97	7,68	4,70	3,90	6,00
GTİ T3	7,45	7,83	7,52	5,10	5,50	6,00
AZ1 T1	7,64	7,56	7,70	5,50	5,50	6,40
AZ1 T2	7,65	7,73	7,73	5,50	5,50	6,00
AZ1 T3	7,43	7,67	7,76	5,10	5,10	5,60
AZ2 T1	7,59	8,04	7,69	5,50	5,10	6,40
AZ2 T2	7,66	7,75	7,82	5,10	5,50	6,00
AZ2 T3	7,57	7,73	7,69	5,50	5,50	6,00
DE T1	7,69	7,87	7,68	5,90	5,50	6,40
DE T2	7,38	7,73	7,80	5,50	6,20	6,00
DE T3	7,44	7,61	7,68	5,10	5,00	6,00

Yurtsever (1984) “Deneyisel İstatistiksel Metotlar” kitabında; Yıl birleştirmesi için; analizi yapılanların varyansları homojen ve yıl birleştirmesi yapılabilir. Çakılı Tesadüf

Bloklarının Toplu Analizi: ‘Yıllar itibariyle tekrarlanan çakılı denemelerin varyans analizi, “Zamanda bölünmüş parseller” için olan analizin tamamen aynıdır.’ denmektedir. Bu nedenle yıl birleştirmesi için bu analiz seçilmiştir.

Yıllara göre toprakta tüm konu ve tekerrürlerde yapılan analiz sonuçlarına göre, fosfor, potasyum ve organik madde miktarları topluca Çizelge 4.27’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde fosfor, potasyum ve organik madde miktarlarında tutarlı bir değişim izlenmemiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre de toprak işleme yönteminin bu parametreler üzerine doğrudan bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.27. 2020 – 2022 yılları arası fosfor, potasyum ve organik madde toprak analiz sonuçları

	P₂O₅ Kg da-1		K₂O Kg da-1		Organik Madde %	
	2020	2022	2020	2022	2020	2022
GTİ T1	22,40	12,9	93,31	72,2	1,86	1,80
GTİ T2	16,70	3,6	93,31	39,1	1,70	0,80
GTİ T3	15,90	7,4	90,30	75,3	1,76	1,40
AZ1 T1	34,10	10,5	123,41	75,3	2,03	1,60
AZ1 T2	12,90	7,1	75,25	75,3	1,54	1,50
AZ1 T3	13,90	7,7	78,26	87,3	1,76	1,90
AZ2 T1	29,90	10,9	96,32	81,3	2,03	1,80
AZ2 T2	10,70	8,1	78,26	72,2	1,32	1,70
AZ2 T3	17,40	8,5	102,34	90,3	2,11	1,70
DE T1	30,20	13,3	138,46	102,3	1,74	2,00
DE T2	18,70	8,5	105,35	81,3	1,43	1,60
DE T3	15,30	7,2	84,28	96,3	1,58	1,60

Tez çalışmasının saha uygulamaları başlamadan önce 2020 yılı sonbaharında toprak işleme öncesinde toprak analizlerinin yapılması amacıyla örnek alınmaya başlanmış, örnekleme işlemi 2022 yılı pamuk hasadı sonrası alınan son örneklerle tamamlanmıştır. Toprak örnekleri yılda 2 kez tüm konu ve tekerrürlerden alınarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.28’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.28. 2020 – 2022 yılları arası toplam karbon, toplam azot ve C/N oranı toprak analiz sonuçları

	Toplam C (%)			Toplam N (%)			C/N		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
GTİ T1	1,99	2,00	1,50	0,11	0,11	0,08	18,09	18,18	18,75
GTİ T2	1,89	1,74	1,13	0,11	0,08	0,05	17,18	21,75	22,60
GTİ T3	1,90	1,86	1,52	0,11	0,10	0,06	17,27	18,60	25,33
AZ1 T1	1,90	1,85	1,47	0,10	0,09	0,05	19,00	20,56	29,40
AZ1 T2	1,77	1,59	1,54	0,10	0,07	0,07	17,70	22,71	22,00
AZ1 T3	1,88	1,69	1,75	0,11	0,09	0,07	17,09	18,78	25,00
AZ2 T1	1,96	1,75	0,96	0,10	0,09	0,04	19,60	19,44	24,00
AZ2 T2	1,75	1,70	1,56	0,09	0,08	0,07	19,44	21,25	22,29
AZ2 T3	1,97	1,72	1,80	0,12	0,09	0,09	16,42	19,11	20,00
DE T1	1,85	1,85	1,83	0,10	0,09	0,11	18,50	20,56	16,64
DE T2	1,82	1,90	2,05	0,11	0,07	0,12	16,55	27,14	17,08
DE T3	1,83	1,88	2,78	0,11	0,09	0,18	16,64	20,89	15,44

Analiz edilen topraklardan elde edilen sonuçlar istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Yapılan varyans analizine göre toprak işleme yöntemleri hem toplam C miktarlarına, hem N miktarlarına ve dolayısıyla da C/N oranına etkisi önemli bulunmuştur. işleme yöntemlerinin N miktarlarına doğrudan etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Yıllara göre toplam C miktarlarının varyans analiz tablosu Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.29'da verilen varyans analiz sonuçlarına göre, oprak işleme yöntemlerinin C üzerine etkisi, tekerrürler ve yılların etkisi ile birlikte istatistiksel olarak önemlidir. Bu önem derecesi yıllarda $P=0,05$ düzeyinde, tekerrür, konular ve yıl konu birleşik değerlendirmede $P=0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapılan LSD gruplamasında ise 2022 yılında doğrudan ekim konusu toplam karbon miktarı A grubunda tek başına yer alırken diğer yöntemler çizelgede verildiği şekilde farklı gruplarda yer almıştır.

Çizelge 4.29. Yıllara göre toplam C miktarlarının varyans analiz tablosu

Kaynak	SD	KT	KO	F	Prob > F
YIL	2	0,29206	0,14603	5,5916	0,0129*
Tekerrür[YIL]	6	0,65583	0,10931	4,1853	0,0083**
Konu	3	0,49180	0,16393	6,2771	0,0042**
YIL*Konu	6	0,92847	0,15475	5,9251	0,0015**
Hata	18	0,4701	0,0261		
Genel	35	2,8383			
LSD Grupları					
2022 DE			2,2200	A	
2020 GTİ			1,9266	B	
2020 AZ2			1,8933	B	
2021 DE			1,8766	B	
2021 GTİ			1,8666	B	
2020 AZ1			1,8500	B C	
2020 DE			1,8333	B C	
2021 AZ2			1,7233	B C	
2021 AZ1			1,7100	B C D	
2022 AZ1			1,5866	C D E	
2022 AZ2			1,4400	D E	
2022 GTİ			1,3833	E	
AÖF			0,277		
Cv %			9,10		

** P=0,01 seviyesinde önemli, * P=0,05 seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Çizelge 4.30’da verilen varyans analiz sonuçlarına N üzerine, göre toprak işleme yöntemlerinin, tekerrürlerin ve yılların etkisi istatistiksel olarak önemlidir. Bu önem derecesi yıllarda, konular ve yıl konu birleşik değerlendirmesinde $P=0,01$ düzeyinde, tekerrürde $P=0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapılan LSD gruplamasında ise 2022 yılında doğrudan ekim konusu toplam azot miktarı A grubunda tek başına yer alırken diğer yöntemler çizelgede verildiği şekilde farklı gruplarda yer almıştır.

Çizelge 4.30. Yıllara göre toplam N miktarlarının varyans analiz tablosu

Kaynak	SD	KT	KO	F	Prob > F
YIL	2	0,00362	0,0018	9,6832	0,0014 **
Tekerrür[YIL]	6	0,00317	0,0005	2,8218	0,0408 *
Konu	3	0,00365	0,0012	6,5099	0,0036 **
YIL*Konu	6	0,00856	0,0014	7,6238	0,0003 **
Hata	18	0,00337	0,0002		
Genel	35	0,02236			
LSD Grupları					
2022 DE		0,1366	A		
2020 GTİ		0,1100	B		
2020 DE		0,1066	B C		
2020 AZ1		0,1033	B C		
2020 AZ2		0,1033	B C		
2021 GTİ		0,0966	B C		
2021 AZ2		0,0866	B C D		
2021 AZ1		0,0833	C D		
2021 DE		0,0833	C D		
2022 AZ2		0,0666	D		
2022 GTİ		0,0633	D		
2022 AZ1		0,0633	D		
AÖF		0,023			
Cv %		14,87			

** $P=0,01$ seviyesinde önemli, * $P=0,05$ seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

Çizelge 4.31’de verilen varyans analiz sonuçlarına C/N üzerine, yılların ve yıl konu birleşik değerlendirmesinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, konuların ve tekerrürlerin etkisi önemsiz bulunmuştur. Bu önem derecesi yıllarda ve yıl konu birleşik

değerlendirmesinde $P=0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapılan LSD gruplamasında ise 2022 yılında azaltılmış toprak işleme konusu karbon azot oranı A grubunda tek başına yer alırken diğer yöntemler çizelgede verildiği şekilde farklı gruplarda yer almıştır.

Çizelge 4.31. Yıllara göre toplam C/N oranı varyans analiz tablosu

Kaynak	SD	KT	KO	F	Prob > F
YIL	2	93,9010	46,9505	12,3227	0,0004**
Tekerrür[YIL]	6	47,2328	7,8721	2,0661	0,1088 ö.d.
Konu	3	29,8396	9,9465	2,6106	0,0831 ö.d.
YIL*Konu	6	121,1418	20,1902	5,2992	0,0026 **
Hata	18	68,5814	3,8101		
Genel	35	360,6965			
LSD Grupları					
2022 AZ1			25,466667	A	
2021 DE			22,863333	A B	
2022 GTİ			22,226667	A B C	
2022 AZ2			22,096667	B C	
2021 AZ1			20,683333	B C D	
2021 AZ2			19,933333	B C D E	
2021 GTİ			19,510000	C D E F	
2020 AZ2			18,486667	D E F	
2020 AZ1			17,930000	D E F	
2020 GTİ			17,513333	D E F	
2020 DE			17,230000	E F	
2022 DE			16,386667	F	
AÖF			3,348		
Cv %			9,746		

** $P=0,01$ seviyesinde önemli, * $P=0,05$ seviyesinde önemli ö.d. Önemli değil

4.11 Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları

Denemede 2020 sonbaharından, 2021 ve 2022 yılı sonbahar dönemine kadar 2 yıl boyunca her yıl ilkbahar ve sonbahar mevsiminde olmak üzere iki dönemde ve iki farklı derinlikten (0-10 ve 10-20 cm) alınan toprak örneklerinde analizler yapılmıştır. Yapılan bu analizler, toprak solunumu (CO_2 Oluşumu), mikrobiyal biyomas, N-mineralizasyonu,

dehidrogenaz, üreaz ve alkalın fosfataz enzim aktivitelerine ilişkin analizlerden oluşmuştur. Elde edilen verilerin varyans analizine tabii tutulmasıyla ana uygulamaların ve interaksiyonların mikrobiyal parametreler üzerindeki etkisi ortaya çıkarılmış ve sonuçlar her parametre için ayrı ayrı verilmiştir.

Farklı toprak işleme yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmada, 2 yıllık araştırma sonuçlarının genel değerlendirmesine göre istatistiksel olarak her ne kadar incelenen mikrobiyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerinde uygulamalar arasında fark bulunamamış olsa bile dönemlerin ve derinliğin farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu bağlamda tüm mikrobiyolojik ve biyokimyasal parametrelerin İlkbahar (I. Dönem) ve 0-10 cm'den alınan örneklerde daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. İlkbahar (I. Dönem) Döneminde 0-10 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Toprak solunumu (CO₂-oluşumu) ve Üreaz enzim aktivitesi $p \leq 0.10$, dehidrogenaz enzim aktivitesi $p \leq 0.01$ önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuşlardır. Mikrobiyal biyomas, N-mineralizasyonu ve alkalın fosfotaz enzim aktivitesi değerleri üzerinde ilkbahar döneminde 0-10 cm derinlikte uygulamalar arasında fark belirlenememiştir. 10-20 cm derinliklerde ise dehidrogenaz $p \leq 0.01$, üreaz enzim aktivitesi $p \leq 0.05$ önem düzeyinde istatistiksel olarak fark bulunmuşken, toprak solunumu (CO₂-oluşumu), mikrobiyal biyomas, N-mineralizasyonu ve alkalın fosfotaz enzim aktivitesi değerleri üzerinde uygulamalar arasında fark belirlenememiştir. Sonbahar (I. Dönem) Döneminde 0-10 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Toprak solunumu (CO₂-oluşumu) ve dehidrogenaz enzim aktivitesi $p \leq 0.10$ önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuşlardır. Mikrobiyal biyomas, N-mineralizasyonu, üreaz ve alkalın fosfotaz enzim aktivitesi değerleri üzerinde ilkbahar döneminde 0-10 cm derinlikte uygulamalar arasında fark belirlenememiştir. 10-20 cm derinliklerde ise dehidrogenaz $p \leq 0.01$, alkalın fosfotaz enzim ve N-mineralizasyonu $p \leq 0.10$ önem düzeyinde istatistiksel olarak fark bulunmuşken, toprak solunumu (CO₂- oluşumu), mikrobiyal biyomas ve üreaz enzim aktivitesi değerleri üzerinde uygulamalar arasında fark belirlenememiştir.

Toprağı ekim için hazırlamak için kulaklı pullukla ve diskaro ile toprak işleme gibi işlemler, toprak mikrobiyal aktivitesini ve organik maddeyi azaltabilir (Gupta ve Germida, 1988; Mohammadi vd., 2012). Sürekli yapılan geleneksel toprak işleme, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişime neden olur (Lupwayi vd., 2012), bu nedenle toprak bozunumunu azaltan ve tarımsal sürdürülebilirliği arttıran alternatif sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Balota vd., 2004). Örneğin azaltılmış toprak

işleme uygulamaları, makro gözenek yapısı, agregat stabilitesi, besin maddelerinin alınabilirliği ve mikrobiyolojik organizma çeşitliliği gibi toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirebilir. Toprak yapısının iyileştirilmesi ile kök büyümesini artırır; bu da ürünün daha büyük bir hacimde toprağa ulaşmasına ve besin maddelerini ve suyu daha verimli kullanmasına yardımcı olabilir (Mitchell ve ark., 2003).

Yoğun tarımın toprak verimliliği üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için direkt ekim, malç tabanlı ürün yetiştirme sistemleri gibi alternatif tarım uygulamaları sıklıkla kullanılmaktadır. Bu uygulamalar, bitkiler, toprak ve mikroorganizmalar arasındaki ekolojik ilişkileri geliştirirken (Chaussod, 1996; Alvarez vd., 2002; Marinari vd., 2006) geleneksel toprak işleme, toprağın fizikokimyasal özelliklerini olumsuz yönde etkiler (Chen vd., 2009; Mangalassery vd., 2015). Bununla beraber, toprak karbonu ve azotun yanı sıra mikroorganizmaların farklı yönetim modellerine cevabı halen iyi bilinmemektedir. Bu mikrobiyal ve biyokimyasal olaylar üzerindeki değişimler ekim nöbeti ve pedoklima (sıcaklık, su içeriği ve havalandırmanın kombine etkilerini bütünleştiren bir mikroklima) gibi pek çok farklı faktöre bağlıdır. Ayrıca farklı tarım uygulamalarının toprağın kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkileri bugüne kadar çok az ilgi görmüştür (Acosta-Martinez vd., 2011).

Çizelge 4.32. Farklı toprak işleme uygulamalarının toprağın bazı mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi ve istatistiksel önem tablosu.

Parametre	Yıl	Dönem	Derinlik	Uygulama
Toprak Solunumu	***	***	***	ö.d
Mikrobiyal Biyomas	***	***	***	ö.d
N- ineralizasyonu	***	ö.d	ö.d	ö.d
DHG Enzim Akt.	***	***	***	ö.d
Fosfataz Enzim Akt.	ö.d.	**	***	ö.d
Üreaz Enzim Akt.	**	***	**	ö.d

* $P \leq 0.10$. ** $P \leq 0.05$. *** $P \leq 0.01$. ö.d. önemli değil.

Çizelge 4.32’de uygulamaların toprağın bazı mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi etkisinin istatistiksel olarak önemsiz bulunduğu ancak derinliklerin, dönemlerin ve yılların çoğu parametrede etkili olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.33. Farklı toprak işleme uygulamalarının ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde toprağın bazı mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi ve istatistiksel önem tablosu.

Parametre	İLKBAHAR (I. DÖNEM)			SONBAHAR (II. DÖNEM)		
	Yıl	Derinlik	Uygulama	Yıl	Derinlik	Uygulama
Toprak Solunumu	***	***	*	***	**	**
Mikrobiyal Biyomas	***	***	ö.d	***	***	ö.d
N- Mineralizasyonu	***	ö.d	ö.d	***	ö.d	**
DHG Enzim Akt.	***	***	***	***	***	***
Fosfataz Enzim Akt.	*	***	ö.d	***	***	*
Üreaz Enzim Akt.	***	***	***	***	***	ö.d

*P≤0.10 ** P ≤0.05 *** P ≤0.01 ö.d.: önemli değil.

Çizelge 4.33'te ise ilkbahar döneminde uygulamaların toprak solunumuna P=0,10 seviyesinde, DHG enzim aktivitesinde ve üreaz enzim aktivitesinde ise P=0,01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Aynı şekilde sonbahar mevsiminde de toprak solunumu ve N-Mineralizasyonunda P=0,05 seviyesinde, DHG enzim aktivitesinde P=0,01 seviyesinde ve fosfotaz enzim aktivitesinde ise P=0,10 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.34. Farklı toprak işleme uygulamalarının ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde derinlik esasına göre toprağın bazı mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi ve istatistiksel önem tablosu.

Parametre	İLKBAHAR (I. DÖNEM)				SONBAHAR (II. DÖNEM)			
	Yıl		Uygulama		Yıl		Uygulama	
	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20
Toprak Solunumu	**	***	*	ö.d	***	***	*	ö.d
Mikrobiyal Biyomas	**	***	ö.d	ö.d	***	***	ö.d	ö.d
N- Mineralizasyonu	**	***	ö.d	ö.d	***	***	ö.d	*
DHG Enzim Akt.	***	***	**	***	***	***	*	***
Fosfataz Enzim Akt.	*	*	ö.d	ö.d	***	***	ö.d	*
Üreaz Enzim Akt.	***	***	*	**	***	***	ö.d	ö.d

* P≤0.10. ** P ≤0.05. *** P ≤0.01. ö.d. önemli değil.

Çizelge 4.34'te yapılan değerlendirmede önemli çıkan derinliğin 2 farklı derinlikte yapılan değerlendirmesi verilmiştir. Değerlendirmelere göre ilkbahar döneminde yapılan

analiz sonuçlarına göre konular her iki derinlikte de DHG enzim aktivitesi ve üreaz enzim aktivitesinde önemli bulunmuştur. Konuların toprak solunumuna etkisi ise sadece 0 – 10 cm derinlikte istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sonbahar döneminde yapılan analiz sonuçlarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Konuların etkisi 0 – 10 cm derinlikte toprak solunumu ve DHG enzim aktivitesinde önemli bulunurken, 10 – 20 cm derinlerde N-mineralizasyonu, DHG enzim aktivitesi ve fosfotaz enzim aktivitesi üzerine önemli bulunmuştur. Diğer konu ve derinliklerdeki etkileri istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

Topraklardaki organik karbonun heterotrof mikroorganizmalar tarafından C ve enerji kaynağı olarak kullanılması sonucu son ürün olarak ortaya çıkan CO₂ miktarı (toprak solunumu), topraktaki organik karbonun mineralizasyonu hakkında önemli bilgiler vermektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre CO₂-oluşum miktarlarında; yıl, dönem ve derinliğe göre oluşan farklılığın istatistiksel olarak $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli olduğu ancak uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

Mikrobiyal biyomas kavramı topraktaki canlı mikroorganizma ağırlığı anlamına gelmekte olup C, N, S ve P gibi besin maddelerinin yarıyışlı bir deposu ve toprak organik maddesindeki dönüşümlerin göstergesidir (Jenkinson ve Ladd, 1981). Mikrobiyal biyomas miktarı, toprağın mikrobiyolojik yapısını karakterize etmede son yıllarda sıkça kullanılan bir yöntemdir. Mikrobiyal biyomas, toplam toprak N ve C'unun çok küçük bir miktarını temsil etmesine rağmen azot ve diğer bitki besin maddelerinin mineralizasyonu ile sonuçlanan hızlı döngüsü nedeni ile bitkilerin beslenmesinde önemli katkıları olmaktadır.

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; farklı toprak işleme uygulamalarının, yıl, dönem ve derinliğe göre toprak mikrobiyal biyomas değeri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenirken, uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

Organik azotlu bileşiklerin inorganik formlara dönüşümü olan N-mineralizasyonu, toprakta farklı fizyolojik özelliklere sahip mikroorganizmalar tarafından yürütülmektedir. Mikrobiyal biyomas, gerek dönüşümü sağlayan bir ajan ve gerekse N-kaynağı olarak toprağın azot döngüsünde önemli bir role sahiptir (Bonde vd., 1988; Duxbury vd., 1991). Topraktaki biyolojik N döngüsü ayrıca topraktaki C-dinamiği ile de çok ilişkili olan bir

olaydır. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; farklı toprak işleme uygulamalarının, yıllar arasında N-mineralizasyonu değeri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenirken, dönem, derinlik ve uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

Topraklardaki enzimatik aktivite; mikroorganizmaların yaşam süreçleri, organik atıkların dekompozisyonu, besin maddelerinin döngüsü ve organik madde ile toprak strüktürünün oluşumu için gerekli sayısız reaksiyonda son derece önemli fonksiyonlara sahiptir. Toprak enzimleri bu reaksiyonların biyolojik katalizörleri olup aktif toprak biyolojisini saptamada bir toprak kalite göstergesi olarak rol oynamaktadır. Araştırmada farklı toprak işleme uygulamalarının bazı toprak enzimatik aktiviteleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla dehidrogenaz, alkalın fosfataz ve üreaz enzim aktiviteleri incelenmiştir.

Bir solunum enzimi olan dehidrogenaz (DHG) aktivitesinin ölçülmesiyle çeşitli DHG enzimlerinin topraktaki miktarı hakkında bilgi edinilmekte ve aynı zamanda solunum kademelerinde organik bileşiklerden hidrojen açığa çıkarabilen ve onu bir hidrojen tutucu maddeye taşıyabilen, aerob ve fakültatif anaerob yaşamlı organizmaların bir göstergesi olabilmektedir (Çengel, 1995). Wittling vd. (1995) dehidrogenaz enzim aktivitesinin, topraklardaki küresel mikrobiyal aktivitenin güvenilir bir göstergesi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Dehidrogenaz enzimi toprağın canlı mikrobiyal popülasyonunun gerçekleştirdiği bir enzim olduğu için, mikrobiyal yaşamı etkileyen birçok toprak ve iklim faktörleri ile toprağa yapılan uygulamalar bu enzim aktivitesini de etkilemektedir.

Organik fosfor bileşiklerinin ortofosfata mineralizasyonunu gerçekleştirerek, bitkiler tarafından alınmasını sağlayan fosfomonoesterazlar (asit ve alkalın toprak fosfatazlar) topraklarda bitki kökleri ve mikroorganizmalar tarafından salgılanmaktadırlar. Fosfatazlar düşük fosfor yarayışlılığının olduğu koşullar altında dominant olarak üretilen enzimlerdir. Topraklarda mikrobiyal fosfatazlar daha fazla bulunmaktadır (Tabatabai, 1982).

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; farklı toprak işleme uygulamalarının, dönem ve derinliğe göre alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak sırasıyla $p \leq 0.05$ ve $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenirken, yıl ve uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Farklı

toprak işleme uygulamalarının dönemsel olarak alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine etkileri ilkbahar döneminde (I. Dönem) yılların ($p \leq 0.10$), derinliğin etkisi ($p \leq 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı toprak işleme uygulamalarının alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine istatistiksel olarak etkisi önemsiz bulunmuştur.

Ürenin CO_2 ve amonyağa hidrolize olmasını katalize eden üreaz, yüksek bitkilerde ve mikroorganizmalarda (özellikle bakterilerde) yaygın bir şekilde bulunan bir enzimdir. Üreaz önemli bir azotlu gübre olan ürenin topraktaki ayrışmasını ve bitkiye yarayışlılığını büyük ölçüde etkileyen tek enzimdir. Üreaz aktivitesi toprakların organik madde içeriğindeki artışa paralel olarak artmakta, tuzlu ve gley topraklarda bu enzim aktivitesi azalmaktadır.

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; farklı toprak işleme uygulamalarının, yıllar ve derinliğe göre üreaz enzim aktivitesi üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak $p \leq 0.01$, dönemler arasında $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli farkların olduğu belirlenmiştir, Uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Farklı toprak işleme uygulamalarının dönemsel olarak üreaz enzim aktivitesi üzerine etkileri ilkbahar döneminde (I. Dönem) yılların, derinliğin ve uygulamaların etkisi ($p \leq 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur.

4.12 Ekonomik Analizler

Verim

Çalışma takviminde belirtilen ön hazırlıkların tamamlanmasının ardından, deneme alanlarında farklı toprak işleme uygulamaları yapılarak Aralık 2020’de buğday bitkisi ile araştırmaya başlanmıştır. Buğday hasadından sonra ikinci ürün olarak silajlık mısır ekimi gerçekleştirilmiş ve 2021 yılı üretim sezonu bu şekilde sonlandırılmıştır. 2022 yılında ise nisan ayında toprak hazırlıkları yapılmış ve pamuk ekimi gerçekleştirilmiştir. Bu dönemler içinde yetiştirilen ürünler her parselde parsel kenarlarından 1’er sıra ve parsel başlarından ve sonlarından 10’ar metre çıkarılarak yapılan hasattan elde edilen ürünler tartılıp dekara verim hesaplanmıştır. Çalışma boyunca elde edilen verim değerleri toplu olarak Çizelge 4.35’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.35. Deneme boyunca elde edilen verim değerleri

	2020 - 2021		2022
	BUĞDAY (kg.da ⁻¹)	S.MISIR (kg.da ⁻¹)	PAMUK (kg.da ⁻¹)
GTİ	666,32	5701,19	609,51
AZ1	680,15	6329,86	580,53
AZ2	741,84	6104,29	559,84
DE	496,56	4952,00	575,58

Maliyet

Araştırma projesinde belirtildiği gibi; maliyetlerin hesaplanmasında birim alan başına kullanım masrafları saptanmıştır. Makine kullanım masraflarını oluşturan sabit ve değişken masraflardan amortisman, faiz masrafı, bakım onarım masrafları, personel masrafları, yakıt ve yağ masrafları vb. gibi masraflar göz önünde bulundurularak makine maliyetleri hesaplanmıştır. Daha sonra, tarla kirası, tohum, gübre, ilaç, su giderleri, sezonluk ve daimi işçi giderleri, hasat giderleri devreye sokularak TL cinsinden toplam maliyetler bulunmuştur.

2021 üretim sezonunda;

Geleneksel Toprak İşleme (GTİ) yönteminde, buğday dane verimi 666,32 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim masrafları 619,29 TL/da olarak hesaplanmış, 1 kg buğday maliyeti ise 0,93 TL olarak belirlenmiştir.

Azaltılmış Toprak İşleme 1 (AZ1) yönteminde, buğday dane verimi 680,15 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim masrafları 576,37 TL/da olarak hesaplanmış, 1 kg buğday maliyeti ise 0,85 TL olarak belirlenmiştir.

Azaltılmış Toprak İşleme 2 (AZ2) yönteminde, buğday dane verimi 741,84 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim masrafları 575,71 TL/da olarak hesaplanmış, 1 kg buğday maliyeti ise 0,78 TL olarak belirlenmiştir.

Doğrudan Ekim (DE) yönteminde, buğday dane verimi 496,56 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim masrafları 545,37 TL/da olarak hesaplanmış, 1 kg buğday maliyeti ise 1,10 TL olarak belirlenmiştir.

Toplam üretim masrafı olarak en az (DE) yönteminde gerçekleşmiştir. (DE) Konusunda verimin düşük olması dolayısıyla birim maliyet yüksek (1,10 TL) olmuştur. En düşük birim maliyet (0,78 TL) verimin ise en yüksek olduğu (AZ2) Konusunda gerçekleşmiştir.

Yapılan hesaplar doğrultusunda Silajlık Mısırdaki;

Geleneksel Toprak İşleme (GTİ) yönteminde, mısır verimi 5701,19 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim masrafları 1012,74 TL/da olarak hesaplanmış, 1 kg mısır maliyeti ise 0,18 TL olarak belirlenmiştir.

Azaltılmış Toprak İşleme 1 (AZ1) yönteminde, mısır verimi 6329,86 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim masrafları 969,83 TL/da olarak hesaplanmış, 1 kg mısır maliyeti ise 0,15 TL olarak belirlenmiştir.

Azaltılmış Toprak İşleme 2 (AZ2) yönteminde, mısır verimi 6104,29 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim masrafları 969,17 TL/da olarak hesaplanmış, 1 kg mısır maliyeti ise 0,16 TL olarak belirlenmiştir.

Doğrudan Ekim (DE) yönteminde, mısır verimi 4952,00 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim masrafları 938,83 TL/da olarak hesaplanmış, 1 kg mısır maliyeti ise 0,19 TL olarak belirlenmiştir.

Toplam üretim masrafı olarak en az (DE) yönteminde, en yüksek (GTİ) gerçekleşmiştir. Birim maliyet en yüksek verimin düşük gerçekleşmesi dolayısıyla (DE) Konusunda bulunmuştur. En düşük birim maliyet (0,15 TL), verimin en yüksek olduğu (AZ1) Konusunda gerçekleşmiştir.

Yapılan hesaplar doğrultusunda 2022 üretim sezonunda ise;

Geleneksel Toprak İşleme (GTİ) yönteminde, kütlü pamuk verimi 609,51 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim masrafları 6085,77 TL/da olarak hesaplanmış, 1 kg kütlü pamuk maliyeti ise 9,98 TL olarak belirlenmiştir.

Azaltılmış Toprak İşleme 1 (AZ1) yönteminde, kütlü pamuk verimi 580,53 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim masrafları 5816,52 TL/da olarak hesaplanmış, 1 kg kütlü pamuk maliyeti ise 10,02 TL olarak belirlenmiştir.

Azaltılmış Toprak İşleme 2 (AZ2) yönteminde, kütlü pamuk verimi 559,84 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim masrafları 5833,14 TL/da olarak hesaplanmış, 1 kg kütlü pamuk maliyeti ise 10,42 TL olarak belirlenmiştir.

Doğrudan Ekim (DE) yönteminde, kütlü pamuk verimi 575,58 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretim masrafları 5552,55 TL/da olarak hesaplanmış, 1 kg kütlü pamuk maliyeti ise 9,65 TL olarak belirlenmiştir.

En düşük toplam üretim masrafı ve birim maliyet (DE) yönteminde bulunmuştur. Verimin en düşük olduğu (AZ2) Konusunda ise birim maliyet en yüksek olarak gerçekleşmiştir.

2020-2022 yılları arasında yürütülen çalışma kapsamında gerçekleştirilen üretim faaliyetlerinin ekonomik analizlerine ilişkin değerlendirmeler aşağıdaki gibidir.

Araştırmanın başlangıç yılında buğday ve silajlık mısır yetiştiriciliği yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar doğrultusunda buğdayda;

Değişen masraflar içinde en yüksek masraf payını yaklaşık %34-48 arasında değişen oranla gübre masrafı kapsamaktadır. Değişen masraflar içinde bir diğer yüksek masraf payını ise yaklaşık % 15-37 arasında değişen oranla işçilik masrafı oluşturmıştır.

Toplam üretim masrafı açısından en yüksek masraf Geleneksel Toprak İşleme (GTİ) yönteminde gerçekleşmiş olup, 619,29 TL/da olarak hesaplanmıştır. En düşük üretim maliyeti ise Doğrudan Ekim (DE) yönteminde hesaplanmıştır. Bu tutar 545,37 TL/da olarak hesaplanmıştır.

En yüksek dane verimi Azaltılmış Toprak İşleme 2 (AZ2) yönteminde gerçekleşmiş olup, 741,84 kg/da olarak belirlenmiştir.

En yüksek net kâr değerlerinin Azaltılmış Toprak İşleme 2 (AZ2) yöntemine ait olduğu belirlenmiş olup, 3377,21 TL/da dır. Doğrudan Ekim (DE) Konusu ise 2100,58 TL/da ile sıralamada sonuncu sırada yer almıştır.

1 kg buğday maliyeti Azaltılmış Toprak İşleme 2 (AZ2) yönteminde en düşük olarak gerçekleşmiş olup, 0,78 TL/kg olarak hesaplanmıştır.

Silajlık mısır 2021 yılında buğday hasadı sonrasında ikinci ürün olarak yetiştirilmiştir. Bu kapsamda;

Değişen masraflar içinde en yüksek masraf payını her üç yılda yaklaşık %27-57 arasında değişen oranla gübre masrafı kapsamaktadır. Değişen masraflar içinde bir diğer yüksek masraf payını ise yaklaşık %9-36 arasında değişen oranla işçilik masrafı oluşturmıştır.

Toplam üretim masrafı açısından en yüksek masraf Geleneksel Toprak İşleme (GTİ) yönteminde gerçekleşmiş olup, 1012,74 TL/da olarak hesaplanmıştır. En düşük üretim maliyeti ise beklendiği üzere Doğrudan Ekim (DE) yönteminde hesaplanmış olup, bu tutar 938,83 TL/da'dır.

En düşük silaj verimi Doğrudan Ekim (DE) yönteminde gerçekleşmiş olup 4952,00 kg/da olarak belirlenmiştir.

En yüksek net kâr değerleri Azaltılmış Toprak İşleme 1 (AZ1) yöntemine ait olduğu belirlenmiş olup, 2195,10 TL/da dır. Net kâr açısından Doğrudan Ekim (DE) yöntemi ise 1537,17 TL/da ile sıralamada sonuncu sırada yer almıştır.

Araştırma ikinci yılı olan 2022 yılında pamuk üretimi gerçekleştirilmiştir.

Değişen masraflar içinde, yakıt masrafları %45-47 arasında değişen payla en yüksek masraf kalemini oluşturmuştur. Değişen masraflar içinde bir diğer yüksek masraf payını ise yaklaşık %9-22 arasında değişen oranla sulama masrafı oluşturmuştur.

Toplam üretim masrafı açısından en yüksek masraf Geleneksel Toprak İşleme (GTİ) yönteminde gerçekleşmiş olup, 6085,77 TL/da olarak hesaplanmıştır. En düşük üretim maliyeti ise Doğrudan Ekim (DE) yönteminde hesaplanmış olup bu tutar 5552,55 TL/da'dır.

En yüksek kütlü pamuk verimi Geleneksel Toprak İşleme (GTİ) yönteminde gerçekleşmiş olup, 609,51 kg/da olarak belirlenmiştir.

En yüksek net kâr değerlerinin ise Geleneksel Toprak İşleme (GTİ) yöntemine ait olduğu belirlenmiş olup, 9084,42 TL/da dır.

1 kg kütlü pamuğun maliyeti Doğrudan Ekim (DE) yönteminde 9,65 TL/kg ile en düşük olarak gerçekleşmiştir.

5. SONUÇ

2020 – 2022 yılları arasında yürütülen bu çalışmada ölçülen CO₂ emisyonu değerleri bize göstermiştir ki; uygulanan farklı toprak işleme yöntemleri, toprak işlemede kullanılan alet ve ekipmanların seçimi ve kullanılan ekipmanların işlem tekrar sayısı topraktan salınan CO₂ miktarına doğrudan etkilidir.

Her ne kadar elde edilen veriler istatistiksel olarak bu tezi doğrulamasa da, bulgular ışığında toprak neminin ve toprak sıcaklığının CO₂ emisyonuna doğrudan etkisi olduğunu söyleyebiliriz. Bu etki mevsimsel değişimlere de bağlı olarak zaman zaman güçlü, zaman zaman da zayıf hissedilmiştir. Ancak özellikle toprak sıcaklığının artmaya başladığı ilkbahar ve yaz aylarında CO₂ emisyonu değerlerindeki paralel artış tüm konularda görülmüştür. Bu artış doğrudan ekim ve azaltılmış toprak işleme konularında nispeten daha sınırlı olmuştur.

2020 yılında buğday ekilişi öncesinde ve ilk toprak işlemenin hemen ardından CO₂ emisyonu miktarları belirlenmek üzere ölçümler gerçekleştirilmiş ve hasada kadar ölçümler devam etmiştir. Her parselde 2 farklı noktadan olmak üzere ilk 72 saat içinde toplam 9 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler günün sabah, gün ortası ve gece saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Buna göre toprak işlemenin hemen ardından yapılan ilk ölçümlerde en yüksek CO₂ emisyonu geleneksel toprak işleme yönteminde, sonra sırasıyla azaltılmış toprak işleme-2, azaltılmış toprak işleme-1 ve doğrudan ekim konularında oluşmuştur.

2021 yılında buğday hasadından sonra, hızlı bir şekilde toprak işleme uygulamaları tamamlanarak mısır ekilişi yapılmıştır. Toprak işlemlerin hemen ardından CO₂ emisyonu miktarları belirlenmek üzere ölçümler gerçekleştirilmiş ve hasada kadar ölçümler devam etmiştir. Buna göre toprak işlemenin hemen ardından yapılan ilk ölçümlerde en yüksek CO₂ emisyonu geleneksel toprak işleme yönteminde, sonra sırasıyla azaltılmış toprak işleme-1, azaltılmış toprak işleme-2 ve doğrudan ekim konularında oluşmuştur.

Ölçümler yetiştiricilik sırasında yapılan tarımsal uygulamalardan hemen sonra tekrarlanarak CO₂ emisyonuna etkileri araştırılmıştır. Buna göre ara toprak işlemesi yapılan günlerde emisyon miktarının arttığı tespit edilmiştir. Ancak sulamada daha farklı bir durum ortaya çıkmıştır. Bazı sulama uygulamaları sonrasında CO₂ emisyonu

miktarlarında ani bir artış gözlemlenirken bazı sulamalardan hemen sonra yapılan ölçümde ise tam aksine ani bir düşüş görülmüştür. Bu durum; sulama sonrası toprak yüzeyinde meydana gelen kaymak tabakasının farklı ölçümlerde farklı sonuçları ortaya çıkardığı şeklinde yorumlanmıştır.

2022 yılında, konulara göre ölçülen CO₂ emisyonları istatistiksel olarak değerlendirmek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonucuna göre konular ve tekerrürler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde konular arasında istatistiksel açıdan fark çıkmamış olsa da, 2022 yılın dan elde edilen ölçüm değerleri de göz önünde bulundurulduğunda, seçilen toprak işleme yöntemlerinin, toprak işleme uygulamalarında kullanılan alet ekipmanların ve toprak işleme tekrar sayısının topraktan CO₂ emisyonuna doğrudan etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu etkinin yıllara göre farklılık gösterdiği gözlenmiştir.

Denemenin başından beri ölçülen tüm CO₂ emisyonu değerlerine yapılan LSD testi sonuçlarına göre azaltılmış toprak işleme konuları A B grubunda yer alırken, geleneksel toprak işleme konusu A grubunda, doğrudan ekim konusu B grubunda yer almıştır. Elde edilen sonuçlara göre konular bazında en yüksek ortalama CO₂ emisyonu 5,5266 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ile geleneksel toprak işleme yönteminde elde edilirken, en düşük CO₂ emisyonu ortalaması doğrudan ekim konusunda 4,2000 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ile elde edilmiştir.

Günün farklı saatlerinde yapılan ölçümler değerlendirildiğinde en düşük emisyon değerleri gün batımından sonraki saatlerde gerçekleştirilmiştir. Bu durumun topraktaki mikroorganizmal faaliyetlerin yavaşlamasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda toprak işleme faaliyetlerinin gün batımı ya da sabah erken saatlerde yapılması daha düşü CO₂ emisyonuna sebep olabilir. Sera gazı emisyonları açısından daha avantajlı olacağı için toprak işlemede bu saatlerin tercih edilebilir ya da çiftçilere bu saatler tavsiye edilebilir.

2020 – 2022 yılları arasında yapılan CO₂ emisyonu ölçümleri sadece ürün yetiştirme periyodu boyunca değil, tüm yıl boyunca yapılmış, elde edilen değerlerin ortalaması alınmak suretiyle aylık ortalama CO₂ emisyonu miktarları hesaplanmıştır. Deneme alanında herhangi bir bitkinin bulunmadığı dönemde en az ayda bir kez olacak şekilde CO₂ emisyonu ölçümlerine devam edilmiştir.

Yürütülen tez çalışmasından elde edilen veriler sonucunda toprak işlemenin hemen arkasında yükselen CO₂ emisyonu değerlerinin aylara göre de değişiklik gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bu değişiklik kış aylarında 24 saatten daha az sürede stabil hale gelirken, nispeten daha sıcak olan yaz aylarında ise üçüncü günden sonra stabil hale gelmiştir.

Tez çalışmamızda yapılan benzer çalışmalarda olduğu gibi, elde edilen değerler ışığında CO₂ emisyonlarının azaltılması bakımından doğrudan ekim ve diğer koruyucu toprak işleme yöntemlerinin oldukça avantajlı olduğunu söyleyebiliriz.

Geleneksel toprak işleme yöntemi (GTİ) uygulaması sonrasında nispeten daha yüksek seyreden CO₂ değerlerinin, azaltılmış toprak işleme (AZ1, AZ2) ve doğrudan ekim (DE) konularında çok düşük değerlere ulaşabildiği tespit edilmiştir. Ancak bu yüksek farkın özellikle ilk toprak işlemeden hemen sonra ortaya çıktığı ve yıllık bazda değerlendirildiğinde ise toplam emisyon miktarında ise belirli oranlarda azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

Yürütülen çalışmada toprak nemindeki değişimler CO₂ emisyonu miktarlarını etkilemiştir. Bu etkileşim genellikle ters orantılı olarak gerçekleşmiştir. Sulamadan bir gün sonrasında yapılan CO₂ ölçümlerinde, emisyon miktarlarında düşüş gözlemlenmiş sonraki dönemlerde hızlı bir yükseliş gerçekleşmiştir. Bunun sebebinin, sulamanın ölçüm noktasında oluşturduğu kaymak tabakası olduğu tahmin edilmektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Yürütülen çalışmada kış aylarında tüm konularda toprak işleme uygulamalarının tamamlanmasının hemen ardından DE konusunda daha yüksek ölçülen CO₂ emisyonu miktarlarının, bahar aylarında yapılan ölçümlerde oransal olarak daha az arttığı fakat diğer konulardaki emisyon artışının daha fazla olduğu ve toplamda DE konusunu geçtiği görülmektedir. Ayrıca çalışmada hava ve toprak sıcaklığının çok düşük seyrettiği kış aylarında CO₂ emisyonu miktarlarının da çok düşük olduğu, toprak sıcaklığının artmaya başladığı mart ayının başlarından itibaren emisyon miktarlarında da artışın başladığını söyleyebiliriz.

Tüm yıl boyunca yapılan CO₂ ölçümlerinden elde edilen veriler ışığında İzmir Menemen bölgesi koşullarında en yüksek CO₂ emisyonunun haziran, temmuz ve ağustos aylarında meydana geldiğini söyleyebiliriz. Toprak işlemenin hemen ardından GTİ

yönteminde daha yüksek ölçülen CO₂ emisyonu miktarlarının, bahar aylarında yapılan ölçümlerde oransal olarak daha az arttığı fakat diğer konulardaki emisyon artışının daha fazla olduğu, toplamda ise en yüksek emisyon hacmine GTİ yönteminin sahip olduğu tespit edilmiştir. Kış aylarında ve toprak sıcaklığının daha düşük olduğu dönemlerde oransal olarak küçük farklarda olmak üzere CO₂ emisyonu değerleri oldukça düşük seyretmiştir.

Tez çalışmasının saha uygulamalarının başlangıcı olan 2020 yılından itibaren elde edilen veriler ışığında CO₂ emisyonu ile toprak nemi ve toprak sıcaklığı arasında bir ilişki olup olmadığını tespit etmek amacıyla korelasyon testleri yapılmıştır. Bunun için ilk önce konular bazında ve tüm konuların birleştirildiği CO₂ emisyon değerleri normallik testine tabi tutulmuş konu bazında ve birleştirilmiş veri setinde hiçbir veri seti normal dağılım göstermemiştir. Normallik testinde çıkan ekstrem değerler atılarak tekrar normallik testi yapıldığında ise normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.

Toprak sıcaklığı, toprak nemi ve CO₂ emisyonları arasında ikili korelasyon olup olmadığına ilişkin olarak yapılan ikili korelasyon analiz sonuçları incelendiğinde çoklu korelasyon sonuçlarında olduğu gibi toprak sıcaklığı ile CO₂ emisyonu arasında pozitif yönlü güçlü korelasyon ve toprak sıcaklığı ile toprak nemi arasında negatif yönlü korelasyon istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Regresyon analiz sonuçları incelendiğinde CO₂ ile toprak sıcaklığı arasındaki ilişki önemli bulunurken, toprak nemi ile CO₂ emisyonu arasındaki ilişkin istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. İlişkiler incelendiğinde CO₂ flux değerleri ile toprak sıcaklığı arasında daha yüksek bir doğrusal ilişki olduğu, toprak nemi ile çok zayıf düzeyde ilişkili olduğu görülmektedir. CO₂ flux değerleri ile toprak sıcaklığı arasındaki ilişki grafiği incelendiğinde dağılımın üstel modele daha uygun olduğu düşünüldüğünden regresyon modeli için CO₂ değerlerinin logaritması alınarak model değerlendirmesi yapılmıştır.

Tez çalışması boyunca ölçülen toprak nemi ve sıcaklığının CO₂ artışlarına etkisini belirlemek amacıyla yapılan regresyon analizi, sıcaklık değerlerindeki artışın P=0,001 seviyesinde önemle etkili ve önemli ancak nem değerlerindeki değişimlerin istatistiksel olarak önemsiz olduğunu göstermiştir.

Topraklardaki organik karbonun heterotrof mikroorganizmalar tarafından C ve enerji kaynağı olarak kullanılması sonucu son ürün olarak ortaya çıkan CO₂ miktarı (toprak solunumu), topraktaki organik karbonun mineralizasyonu hakkında önemli

bilgiler vermektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre CO₂-oluşum miktarlarında; yıl, dönem ve derinliğe göre oluşan farklılığın istatistiksel olarak $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli olduğu ancak uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Dolayısıyla spesifik bölgelerde organik karbonun izlediği yolları doğru tespit etmek, CO₂'ye dönüşüm sistematüğini belirlemek, hangi uygulamalarla, hangi toprak şartlarında karbon kayıplarının arttığını tespit etmek için yapılacak araştırmalara ihtiyaç vardır.

Emisyon miktarının düşürülmesi amacıyla geleneksel toprak işleme yerine doğrudan ekim tercih edilmesi durumunda %15 - 25 oranında bir azalma sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Benzer sonuçların elde edildiği tüm çalışmalardan elde edilen veriler ışığında koruyucu toprak işleme yöntemlerinin tercih edilmesi yoluyla, tarım kaynaklı CO₂ emisyonu miktarlarının düşürülmesi mümkün gözükmektedir.

Elde edilen EF değerleri, Ülkemiz nemli ve ılıman iklim kuşağında bulunan İzmir İli Menemen İlçesinde, 2 yıl aralıksız yapılan anlık CO₂ emisyonu değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan EF değerleri, temsil ettiği toprak işleme yöntemi kullanılan alanla çarpılmak suretiyle, CO₂ emisyonu miktarının azaltılmasına ne kadar katkı sağlanabileceğini göstermektedir. Diğer bir deyişle kullanılan yönteme göre ne kadar CO₂'nin toprakta tutulacağını göstermektedir.

Emisyon faktörleri Tier 2 yaklaşımında ülkeye özgü yapılmış araştırmalardan ve deneysel çalışmalardan elde edilen verilerden yararlanılarak hesaplanır. IPCC raporlarında belirtilen katsayılar ve standartlar genellikle uzun yıllar yapılan çalışmalar sonucunda elde edilmiştir (IPCC 2006 b). Ancak bu çalışmadan elde edilen değerlerin 2 yıl süren bir çalışmadan üretildiği göz önünde bulundurulmalıdır. Daha uzun süren çalışmalardan elde edilen yıllık değerlerin ortalamasının alınması yoluyla doğruluğu daha yüksek sonuçlar elde edilmesi mümkündür.

Denemede 2020 sonbaharından, 2021 ve 2022 yılı sonbahar dönemine kadar 2 yıl boyunca her yıl ilkbahar ve sonbahar mevsiminde olmak üzere iki dönemde ve iki farklı derinlikten (0-10 ve 10-20 cm) alınan toprak örneklerinde analizler yapılmıştır. Yapılan bu analizler, toprak solunumu (CO₂ Oluşumu), mikrobiyal biyomas, N-mineralizasyonu, dehidrogenaz, üreaz ve alkalın fosfataz enzim aktivitelerine ilişkin analizlerden oluşmuştur.

Farklı toprak işleme yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmada, 2 yıllık araştırma sonuçlarının genel değerlendirmesine göre istatistiksel olarak her ne kadar incelenen mikrobiyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerinde uygulamalar arasında fark bulunamamış olsa bile dönemlerin ve derinliğin farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu bağlamda tüm mikrobiyolojik ve biyokimyasal parametrelerin İlkbahar (I. Dönem) ve 0-10 cm'den alınan örneklerde daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. İlkbahar (I. Dönem) Döneminde 0-10 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Toprak solunumu (CO₂-oluşumu) ve üreaz enzim aktivitesi $p \leq 0.10$, dehidrogenaz enzim aktivitesi $p \leq 0.01$ önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuşlardır. Mikrobiyal biyomas, N-mineralizasyonu ve alkalın fosfotaz enzim aktivitesi değerleri üzerinde ilkbahar döneminde 0-10 cm derinlikte uygulamalar arasında fark belirlenememiştir. 10-20 cm derinliklerde ise dehidrogenaz $p \leq 0.01$, üreaz enzim aktivitesi $p \leq 0.05$ önem düzeyinde istatistiksel olarak fark bulunmuşken, toprak solunumu (CO₂-oluşumu), mikrobiyal biyomas, N-mineralizasyonu ve alkalın fosfotaz enzim aktivitesi değerleri üzerinde uygulamalar arasında fark belirlenememiştir. Sonbahar (I. Dönem) Döneminde 0-10 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Toprak solunumu (CO₂-oluşumu) ve dehidrogenaz enzim aktivitesi $p \leq 0.10$ önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuşlardır. Mikrobiyal biyomas, N-mineralizasyonu, üreaz ve alkalın fosfotaz enzim aktivitesi değerleri üzerinde ilkbahar döneminde 0-10 cm derinlikte uygulamalar arasında fark belirlenememiştir. 10-20 cm derinliklerde ise dehidrogenaz $p \leq 0.01$, alkalın fosfotaz enzim ve N-mineralizasyonu $p \leq 0.10$ önem düzeyinde istatistiksel olarak fark bulunmuşken, toprak solunumu (CO₂- oluşumu), mikrobiyal biyomas ve üreaz enzim aktivitesi değerleri üzerinde uygulamalar arasında fark belirlenememiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü arazinin tın ve kumlu tın toprak bünyesine sahip olması ve iklimin mikrobiyal ayrışmayı hızlandırması 2 yıl gibi kısa sürede sonuçların net olarak gözlemlenebilmesini azaltsa bile, genel anlamda araştırma sonuçları irdelendiğinde Azaltılmış Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim uygulamasının toprakların mikrobiyolojik aktivite ve biyokimyasal döngüler üzerine olumlu etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Araştırma bulguları, toprak solunumu, mikrobiyal biyomas ve enzim aktivitelerinin toprak işleme ve gübreleme değişikliklerine çok hızlı tepki verme hipotezini desteklemektedir. Bitki artıklarının yüzeyini büyük oranda arttıran azaltılmış toprak işleme ve toprak işlemez tarım sisteminin, nispeten kısa vadede karbon ve enzim aktivitelerinin toprak mikrobiyal biyomasını iyileştirmek ve tarım ekosistemlerini

sürdürmek için etkili bir yöntem olduğu görülmektedir. Öte yandan elde edilen değerler ışığında farklı toprak işleme yöntemlerinin, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde etkisi istatistiksel açıdan bulunamamıştır. Ancak özellikle toplam karbon ve organik madde içeriğinde küçük miktarlarda da olsa pozitif yönlü bir artış gözlemlenmiştir. Böyle bir etkinin görülmesi için daha uzun bir süre koruyucu toprak işleme uygulamasını devam ettirmenin gerektiği kanaatine varılmıştır.

Tez çalışması süresince ilk toprak işleme öncesi ve hasat sonrası olmak üzere toprak örnekleri alınarak toplam karbon analizi yapılmıştır. Buna ek olarak birkilerin vejetasyon dönemi boyunca alınan biyokütle örnekleme yoluyla da bitkilerin bünyelerinde tutulan karbon miktarı analiz edilmiştir. CO₂ emisyonları, yıl içindeki yapılan tüm ölçümler baz alınarak aylık ortalama emisyon değerleri bulunmuştur. Elde edilen aylık ortalama emisyon değerleri her konu ve tekerrür için yıllık dekara kg/C cinsine çevrilerek net karbon bütçesi hesabı ve sonrasında ortaya çıkan karbon değişim miktarları belirlenmiştir.

Tez çalışmasının yürütüldüğü 2020 ilk toprak işleme ile başlayan zamandan, 2022 yılı hasat sonrası döneme kadar tüm konularda negatif yönlü karbon değişimi görülmektedir. Denemenin saha çalışmaları 2 yıl gibi bir zaman diliminde gerçekleştirildiğinden bu etkinin negatif yönlü olması beklenen bir durum olarak görülmektedir. Ancak uygulamaların daha uzun yıllar devam ettirilmesi durumunda toprakta karbon tutulumunun artmasıyla birlikte C değişim miktarının pozitif yöne dönmesi beklenebilir. Sonuç olarak elde edilen bu değerler topraklarımızda tutulması gereken karbonun çeşitli yollar ile tutulmadığını, ancak koruyucu toprak işleme yöntemlerinin bu kaybı azalttığını göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında en yüksek karbon kazanımı DE konusunda, sonra sırasıyla AZ1, AZ2 ve GTİ konularında gerçekleşmiştir.

Net karbon bütçesi hesabına göre her ne kadar negatif yönlü bir karbon değişimi meydana gelmişse de topraktaki toplam karbon miktarında önemli bir pozitif artış meydana gelmiştir. Bu durumun ise; emisyonların yüksek olmasına rağmen topraktaki organik madde miktarındaki değişime bağlı olarak meydana geldiği düşünülmektedir.

Çalışma başından sonuna kadar en büyük karbon miktarındaki artış doğrudan ekim konusunda meydana gelmiştir. Bu durum, toprak işleme yapılmadan tarla yüzeyinde bırakılan anızlar yoluyla toprak organik madde miktarının artış göstermesi ile doğrudan

ilişkilidir. Buradan yola çıkarak doğrudan ekim yönteminin toprakta organik karbon artışını sağladığını söyleyebiliriz. Bunun en önemli nedeninin geleneksel toprak işleme yönteminde kullanılan toprak işleme aletlerinin ve işlemlerin sebep olduğu bitki artıklarının parçalanması sonucu meydana gelen ayrışmanın, doğrudan ekim yönteminde daha az ve yavaş olması olarak değerlendirilmiştir.

2020 – 2022 yılları arasında Türkiye Akdeniz iklim kuşağında yer alan İzmir Menemen bölgesinde yürütülen bu çalışmada doğrudan ekim yapılması durumunda 10 yıllık bir süre sonunda yaklaşık 8 ton/ha karbon kazandırılabilceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmadan da anlaşılacağı üzere benzer şekilde tez çalışmamızda yapılan işlemler daha uzun bir süre devam ettirildiği takdirde yüksek miktarlarda karbonun toprakta kalması mümkün olabilecektir.

Yapılan bu çalışmaların yayılması yoluyla hem tarımla uğraşan tüm sektör temsilcilerinin, hem de çiftçilerin daha çevreci yaklaşımlar ile yetiştiricilik yapması söz konusu olabilecek, bölgesel ve ülkesel ölçekçe sera gazlarının salımlarının azaltılmasına katkı sağlanması mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

ACOSTA-MARTINEZ, V., MIKHA, M.M., SISTANI, K.R., STAHLMAN, P.W., BENJAMIN, J.G., VIGIL, M.F., ERICKSON, R., (2011). Multi-location study of soil enzyme activities as affected by types and rates of manure application and tillage practices. *Agriculture* 1, 4– 21.

ADAM, D., (2007). Environment Correspondent. Saturday January 27, The Guardian Agriculture Problems and Solutions,

AKBOLAT, D., EKİNCİ, K., UYSAL, S., ONURSAL, E., (2007). Elma Bahçelerinde Yaygın Olarak Kullanılan Toprak İşleme Aletlerinin Yabancı Ot Gelişimi ve Toprakta CO₂ Kontrolünde Yaygın Çıkışı Üzerine Etkisi. *Tarım Makinaları Bilim dergisi*, 3(2), s: 87-96

AKBOLAT, D., ÇOŞKAN, A., (2020). Farklı Toprak Sıcaklıkları ile Azalan Toprak Nem İçeriğinin CO₂ Üretimine Etkisi. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. Cilt 15, Sayı 2, Sayfa 192-198, 2020.

AL-AZZAWI, G. S. D., (2018). Farklı Derinlikte Çizel ile Tohum Yatağı Hazırlığının Toprak Karbondioksit Emisyonu ve Bazı Toprak Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Yük.Lis.Tezi. ISPARTA*

AL-KAISI, M., YIN, X., (2005). Tillage and Crop Residue Effects on Soil Carbon and Carbon Dioxide Emission in Corn-Soybean Rotations. *J. Environ Qual*, 34:437-445 IOWA

ALVAREZ, G., CHAUSSOD, R., CLUZEAU, D., GODDEN, B., LEMARIÉ, C., METZGER L., NICOLARDOT, B., PARAT, J., SALDUCCI, X., (2002). Activités biologiques et fertilité des sols. Intérêts et limites des méthodes analytiques disponibles. « Etat et activités biologiques des sols ». ITAB, Online document.

ALVARO, J., LOPEZ, M.V., GRACIA, R., ARRUE, J.L., (2004). Effect of tillage on short-term CO₂ emissions from a loam soil in semiarid Aragon (NE Spain). *Options Méditerranéennes. Series A:Séminaires Méditerranéens* 60, 51-54. SPAIN.

ANDERSON, J.P.E. and DOMSCH, K.H. (1978) A Physiological Method for the Quantitative Measurement of Microbial Biomass in Soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 11, 215-221. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(78\)90099-8](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(78)90099-8).

AYKAS, E., ÇAKIR, E., YALÇIN, H., OKUR, B., NEMLİ, Y., ÇELİK, A., (2010). Koruyucu Toprak İşleme, Doğrudan Ekim Ve Türkiye’deki Uygulamaları. *ZMO Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiri Kitabı*. s. 269-292 ANKARA

BALOTA, E.L., KANASHIRO, M., FILHO, A.C., ANDRADE, D.S., AND DICK, R.P., (2004). Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems. *Braz. J. Microbial.* 35,300–306. doi: 10.1590/S1517-83822004000300006

BAŞARAN, M., (2004). Türkiye'nin organik karbon stoku. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8 (3/4): 31-36.

BERKMAN, A., (1996). Sürdürülebilir tarımsal kalkınmada araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yeri ve Güneydoğu Anadolu Projesi Tarım ve Çevre İlişkileri Sempozyumu Bildiri Kitabı, s. 19-35, MERSİN.

BLACK, C.A, (1965). Methods of soil analysis. Part I, American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. 1572 p.

BREGAGLIO, S., MONGIANO G., FERRARA, R.M., GINALDI F., ALESSANDRA LAGOMARSINO, A., GIANFRANCO RANA, G., (2022). Which Are The Most Favourable Conditions For Reducing Soil CO₂ Emissions With No-Tillage? Results From A Meta-Analysis. International Soil and Water Conservation Research 10 (2022) p: 497 – 506.

BOECKX P., VAN NIEULAND K, CLEEMPUT O., (2011) Short-term effect of tillage intensity on N₂O and CO₂ emissions Agronomy for Sustainable Development Volume 31, Issue 3, pp 453-461

BONDE, T.A., SCHÜRER, J. AND ROSWALL T., (1988). Microbial Biomass as a Fraction of Potentially Mineralizable Nitrogen in Soils from Long-Term Field Experiments. Soil Biology & Biochemistry 447-452.

BONO, A., ALVAREZ, R., BUSCHIAZZO, D.E., CANTET, R.J.C., (2008). Tillage Effects on Soil Carbon Balance in a Semiarid Agroecosystem. Soil Science Society of America Journal, 72 (4): 1140 ARGENTINA.

BREMNER, J. M., LANCASTER, J. D., (1965). Inorganic Forms of Nitrogen 1. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, (methods of soil an), 1179-1237.

BRYE, K.R., LONGER, D.E., GBUR, E.E., (2006). Impact of Tillage and Residue Burning on Carbon Dioxide Flux in a Wheat-Soybean Production System. SSASJ, 70(4), 1145.

BOUYOUCOS, G. J., (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. Agronomy journal, 54(5), 464-465.

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.

CHAUSSOD, R., (1996). La qualité biologique des sols: evaluation et implications. Etude et Gestion des Sols 3, 261–277.

CHEN, H., HOU, R., GONG, Y., LI, H., FAN, M., KUZUYAKOV, Y., (2009). Effects of 11 years of conservation tillage on soil organic matter fractions in wheat monoculture in Loess Plateau of China. Soil Tillage Res. 106, 85–94. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2009.09.009>.

CURTIN, D., WANG, H., SELLES, F., MCCONKEY, B. G., CAMPBELL C. A.,

(2000). Tillage effects on carbon fluxes in continuous wheat and fallow-wheat rotations. Soil Science Society of America journal ISSN 0361-5995 CODEN SSSJD4, vol. 64, no6, pp. 2080-2087 NEW ZEALAND

ÇENGEL, M., (1995). Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası Ders Teksiri. E.Ü.Z.F. Teksir no:78 Bornova İZMİR.

ÇENGEL, M., (2006). Toprak Mikrobiyolojisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:558 İZMİR.

DUXBURY J.M., LAUREN, J.G. AND FRUCI, J.R., (1991). Measurement of the Biologically Active Soil Nitrogen Fraction by a N¹⁵ Technique, Agriculture, Ecosystems and Environmental, 121-129.

EİVAZİ, F., TABATABAİ, M. A. (1977). Phosphatases in soils. Soil biology and biochemistry, 9(3), 167-172.

EYÜPOĞLU, F., (1999). Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumları. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No:220, Teknik Yayın No: T-67, 122 s. ANKARA

FORTİN, M.C., ROCHETTE, P. and PATTEY, E., (1996). Soil carbon dioxide fluxes from conventional and no-tillage small-grain cropping system. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:1541-1547. CANADA

FRANZLUEBBERS, A. J., HONS, F.M., ZUBERER, D.A. (1995). Soil Organic Carbon, Microbial Biomass, and Mineralizable Carbon and Nitrogen in Sorghum. Soil Science Society of America Journal. Vol. 59 No. 2, p. 460-466.

GONG, H., Lİ, J., LİU, Z., ZHANG, Y., HOU, R., OUYANG, Z. (2022). Mitigated Greenhouse Gas Emissions in Cropping Systems by Organic Fertilizer and Tillage Management. Land 2022, 11, 1026.

GUO L, NİSHİMURA T, MİYAZAKİ T., IMOTO H., (2014). Behavior of carbon dioxide in soils affected by tillage systems, Paddy and Water Environment. Volume 376, Issue 1-2, pp 31-41

GUPTA, V.V.S.R., GERMIDA, J.J., (1988). Distribution of microbial biomass and its activity indifferent soil aggregate size classes as affected by cultivation. Soil Biol. Biochem. 20,777–786.doi:10.1016/0038-0717(88)90082-X

HORNECK, D.A., HART, J.M., TOPPER, K., KOEPESELL, B., (1989). Methods of soil analysis used in the Soil Testing Laboratory at Oregon State University. SM 89:4 Agric. Expt. Sta., 21 pgs. OSU, Corvallis, OR.

IPCC,(2006 a). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Annex 2 Summary of Equations.

IPCC, (2006 b). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 5 Cropland. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use.

ISERMEYER, H., (1952). Eine einfache Methode zur Bestimmung der

Bodenatmung und der Karbonate im Boden. [A simple method for determining soil respiration and carbonates in the soil]. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 56: 26-38.

JENKINSON D.S. AND LADD, J.N., (1981). Microbial Biomass in Soil: Measurement and Turnover. In Soil Biochemistry, 5:415-471.

KANDELER, E., GERBER H., (1988). Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. Biology and Fertility of Soils, 6: 68-72.

KEENEY, R.L. (1982). Decision Analysis: An Overview. Operations Research, 30, 803-838.

KİRİŞCİ, S., KORUCU, T., (2007). Ekolojik Tarımda Toprak İşleme Uygulamaları Ekolojik Tarım Organizasyonu Semineri ANTALYA.

KULMÁNY, I.M., GİCZİ, Z., BESLİN, A., BEDE, L., KALOCSAI, R., VONA, V. (2022). Impact of Environmental and Soil Factors in The Prediction of Soil Carbon Dioxide Emissions Under Different Tillage Systems. Ecocycles, Vol. 8, No. 1, pp. 27-39 (2022).

LULUCF, (2006). İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği Ve Ormancılık (Land Use, Land-Use Change And Forestry-Lulucf) Çalışma Grubu Raporu ANKARA

LUPWAYI, N.Z., LAFOND, G.P., ZIADI, N., AND GRANT, C.A., (2012). Soil microbial response to nitrogen fertilizer and tillage in barley and corn. Soil Till. Res. 118, 139–146. doi: 0.1016/j.still. 2011.11.006.

MANCINELLI, R., MARINARI, S., ATAİT, M., PETROSELLI, V., CHILOSI, G., JASAREVIC, M., CATALANI, A., ABIDEEN, Z., MIRZAEI, M., ALLAM, M., RADICETTI, E. (2023). Durum Wheat–Potato Crop Rotation, Soil Tillage, and Fertilization Source Affect Soil CO₂ Emission and C Storage in the Mediterranean Environment. Land 2023, 12, 326.

MANGALASSERY, S., MOONEY, S.J., SPARKES, D.L., FRASER, W.T., SJOGERSTEN, S., (2015). Impacts of zero tillage on soil enzyme activities, microbial characteristics and organic matter functional chemistry in temperate soils. Eur. J. Soil Biol. 68, 9–17.

MARINARI, S., MANCINELLI, R., CAMPIGLIA, E., GREGO, S., (2006). Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. Ecol. Indic. 6, 701–711.

MC. LEAN, E.O., (1982). Soil pH and Lime Requirement. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 199–224, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.

MITCHELL, J.P., LANINI, W.T., TEMPLE, S.R., BROSTROM, P.N., HERRERO, E.V., MIYAO, E.M., ET AL., (2003). “Reduced - disturbance agro ecosystems in California,” in Managing for Healthy Ecosystems, eds D.J. Rapport, W.L.

Lasley, D.E. Rolston, N.O. Nielsen, C.O. Qualset, and A.B.Damania (Boca Raton, FL: LEWIS PUBLISHERS), 993–998.

MOHAMMADI, K., HEIDARI, G., KARIMI NEZHAD, M.T., GHAMARI, S., AND SOHRABI, Y., (2012). Contrasting soil microbial responses to fertilization and tillage systems in canola rhizosphere. *Saudi J. Biol. Sci.* 19,377–383. doi:10.1016/j.sjbs.2012.05.001

MÜHLBACHOVÁ G., KUSÁ H., RŮŽEK P., VAVERA R. (2022). CO₂ emissions in a soil under different tillage practices. *Plant Soil Environ.*, 68: 253–261.

OLSEN, S.R., SOMMERS L.E., (1982). Phosphorous. In: page et al, (eds). *Methods of Soil Analysis part: 1.* Amer. Soc. Agron. Madison Wisconsin 403-430.

PARRY, M., (2000). Assessment of Potential Effects and Adaptations or Climate Change in Europe: The Europe ACACIA Project, Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich.

PAUSTIAN, K., O. ANDRÉN, H. H. JANZEN, R. LAL, P. SMITH, G. TIAN, H. TIESSEN, M. VAN NOORDWIJK, P. L. WOOMER, (1997). Agricultural Soils as A Sink to Mitigate CO₂ Emissions *Soil Use and Management* 13 (s4), 230–244.

POLAT, H., (2020). Farklı Toprak İşleme Sistemlerinin Sürdürülebilir Organik Madde Yönetimine Etkileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi.* 16 (1), 2020:1-11.

REICOSKY, D.C., (1997). Tillage-induced CO₂ emission from soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Volume 49, Numbers 1-3, 1997, pp. 273-285(13) NETHERLANDS

RICHARD, L.A., (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils (Moisture Retention Curve). Dept. Of Agri. Handbook 60. USA.

SAINJU, U.M., JABRO, J.D., STEVENS, W.B., (2008). Soil carbon dioxide emission and carbon sequestration as influenced by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization. *Journal of Environmental Quality.* 37:98-106.

SAINJU, U.M., LENSSEN, A.W. AND. BARSOTTI, J.L., (2013). Dryland malt barley yield and quality affected by tillage, cropping sequence, and nitrogen fertilization. *Agron. J.* 105:329–340. doi:10.2134/agronj2012.0343

SALINAS-GARCÍA, J.R., VELAZQUEZ-GARCÍA, J. DE J., GALLARDO-VALDEZ, M., DÍAZ-MEDEROS, P., CABALLERO-HERNANDEZ, F., TAPIA-VARGAS, L.M., ROSALES-ROBLES, E., (2002). Tillage effects on microbial biomass and nutrient distribution in soils under rain-fed corn production in central-western Mexico. *Soil and Tillage Research.* Volume 66, Issue 2, Pages 143–152.

SCHINNER, F., (1986). Die Bedeutung der Mikroorganismen und Enzyme im Boden. II. Seminar; Die Anwendung Enzymatischer und Mikrobiologischer Methoden in der Bodenanalyse. 5-6 juni, Linz.

SCHINNER, F., R. ÖHLINGER, E. KANDELER AND R. MARGESIN., (1995). *Methods in Soil Biology.* Berlin: Springer- Verlag, pp. 189-191.

SEZER, B., (2014). Karbon Salınımı ve Toprak Yönetimi. <http://www.tarim.gov.tr/ABDGM/Belgeler/İDARİ%20İŞLER/2014haziran/5.pdf>.
Ulaşım. 21.12.2016

SINDIR, K.O., (1999). Tarımda Makina Seçimi ve Ortak Kullanım Modelleri, T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayın No:110, ANKARA

SÖNMEZ, B., (2012). Tarım Arazilerinin Sürdürülebilir Kullanımı. Onuncu Kalınma Planı (2014-2018). Çalışma Grubu Taslak Raporu. ANKARA

ŞENER S., (1995). Menemen Ovası Koşullarında Farklı Sulama Yöntemleriyle Sulamanın Pamuk Verimine ve Su Kullanımına Etkileri, Menemen Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Menemen-İzmir, Genel Yayın No: 213-140

ŞENER S., SHAFER W., UZ E., YÜRDEM H., (1994). Farklı Sulama Yöntemlerinin Menemen Yöresinde Patates, II. Ürün Mısır ve Soyanın Verimine ve Su Kullanma Randımanına Etkileri, Menemen Araştırma Enstitüsü Yayınları, Menemen-İzmir, Genel Yayın No:205-134.

TABATABAI, M. A., (1982). Soil enzymes. p. 903-915, 943-947. In A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney (eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy, Madison, WISCONSIN.

THALMANN, A. (1968). Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenaseaktivität im Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC) [Methodology of determination of dehydrogenase activity in soil using triphenyltetrazoliumchloride (TTC)]. Landwirtschaftliche Forschung, 21: 249-258.

TABATABAI, M. A., BREMNER, J. M. (1969). Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. Soil biology and biochemistry, 1(4), 301-307.

TOPRAKSU, (1971). Menemen Ovası Temel Toprak Etüdü. Topraksu Genel Müdürlüğü Toprak ve Etüd Haritalama Dairesi Raporları, Seri No: 24, ANKARA.

TURGUT, M.M., KOCA, Y.K., (2019). Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin İki Farklı Toprak Serisinde CO₂ Salımına Etkileri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 7 (1) 51-56.

TÜZÜNER, A., (1990). Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. ANKARA.

U.S. SALINITY LABORATORY STAFF, (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Department of Agriculture Handbook 60, WASHINGTON, DC.

UTAEM, (2022). Menemen Hidrometeoroloji Rasat Verileri Yıllığı. İZMİR

WITTLING, S.C., HOUOT, S. AND BARRIUSO, E., (1995). Soil Enzymatic Response to Addition of Municipal Solid-Waste Compost. Biology and Fertility Of Soils. 20: 4, 226-236.

XIAO, D., YE, Y., XIAO, S., ZHANG, W., HE, X., & WANG, K., (2019). Effects of tillage on CO₂ fluxes in a typical karst calcareous soil. *Geoderma*, 337, 191-201.

XAVIER, C.V., MOITINHO, M.R., TEIXEIRA D.D.B., SANTOS, G.A.A., JOSÉ EDUARDO CORÁ A, SCALA JR., N., 2020. Crop Rotation and Sequence Effects on Temporal Variation of CO₂ Emissions After Long-Term No-Till Application. *Science of The Total Environment* 709 (2020) 136107.

YALÇIN, H., AYKAS, E., EVRENOSOĞLU, M., (2003). Koruyucu Tarım ve Koruyucu Toprak İşleme Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. s. 153-160 İZMİR

YERLİ, C., ŞAHİN, Ü., ÇAKMAKÇI, T., TÜFENKÇİ, Ş., (2019). Tarımsal Uygulamaların CO₂ Salınımına Etkileri ve Azaltılmasının Yolları. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(9): 1446-1456, 2019.

YURTSEVER, N., (1984). Deneysel İstatistiksel Metotlar, Yayın No:121/56, S:542-543 ANKARA.

YILDIRIM, O. VE MADANOĞLU, K., (1985). A Sınıfı Buharlaşma Kaplarının Bitki Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılması.” Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 433, ANKARA.

ZHANG, Q., YANG, L., XU, Z., ZHANG, Y., LUO, H., WANG, J., ZHANG, W.F., (2014). Effects of cotton field management practices on soil CO₂ emission and C balance in an arid region of Northwest China. *Journal of Arid Land*, 6(4): 468–477. doi: 10.1007/s40333-014-0003-y.



EKLER

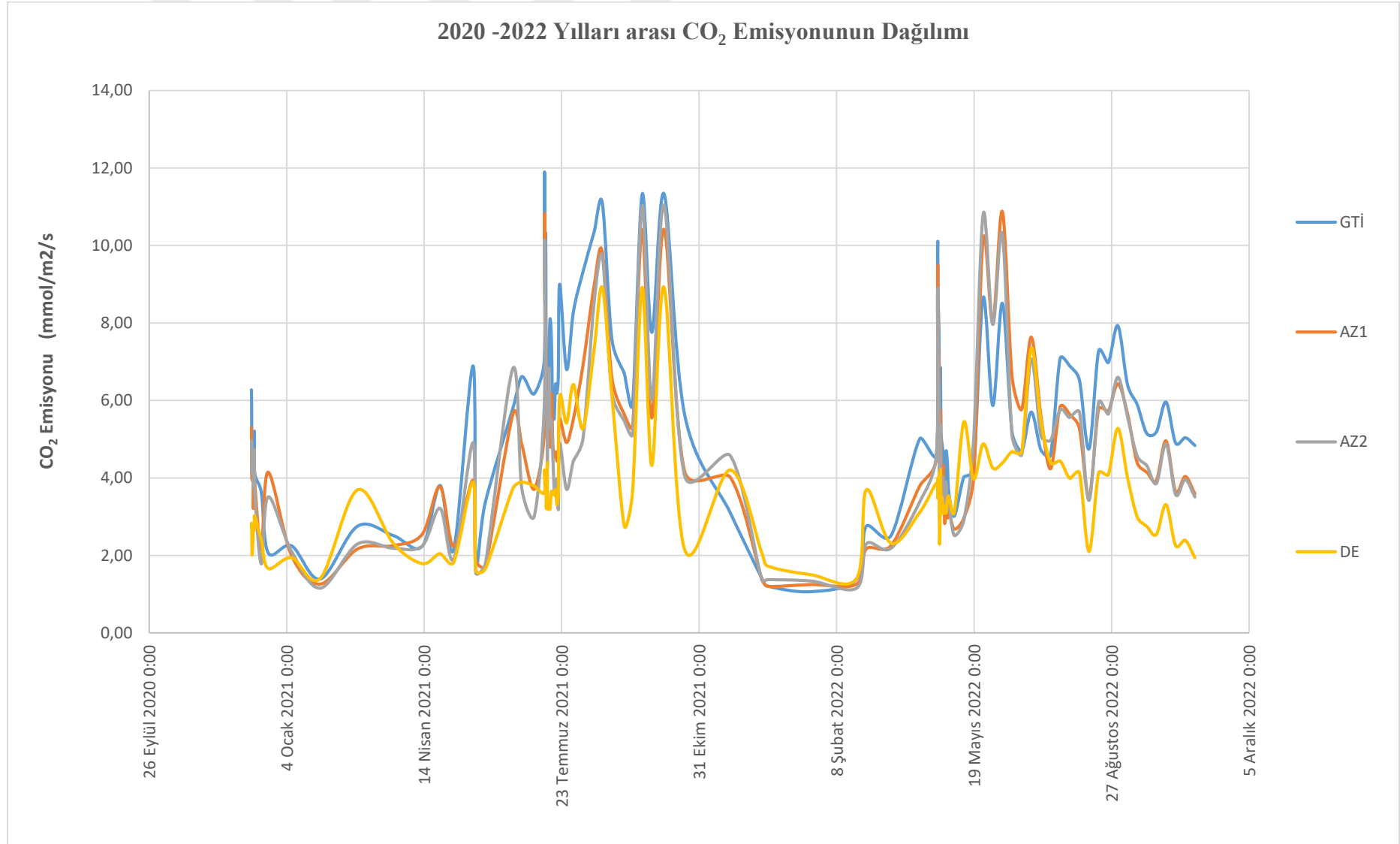
Ek 1. 2020 yılında yapılan tarımsal uygulamalar

Uygulamanın Adı	Uygulama Tarihi	Uygulamanın yapıldığı Konular
Toprak İşleme	08.12.2020	GTİ, AZ1, AZ2
Toprak İşleme	08.12.2020	GTİ, AZ1, AZ2
Buğday Ekimi	09.12.2020	Tüm konular
Gübreleme Taban Gübresi 30 kg/da DAP	09.12.2020	Tüm konular
Üst Gübreleme 25 kg Amonyum Sülfat	19.02.2021	Tüm konular
Yabancı ot ilaçlaması	26.02.2021	Tüm konular
Pas hastalığı ilaçlaması	26.03.2021	Tüm konular
Üst Gübreleme 12 kg Üre	12.04.2021	Tüm konular
Hasat	17.06.2021	Tüm konular
Tav suyu verilmesi	18.06.2021	Tüm konular
Toprak İşleme	08.07.2021	GTİ
Toprak İşleme	09.07.2021	GTİ, AZ1, AZ2
Mısır Ekimi	09.07.2021	Tüm konular
Gübreleme Taban Gübresi 20 kg/da DAP	09.07.2021	Tüm konular
Yabancı ot ilaçlaması (Ekim üstü)	12.07.2021	Tüm konular
Koçan Kurdu İlaçlaması	26.07.2021	Tüm konular
Sulama Başlangıcı	30.07.2021	Tüm konular
Ara Patlatma	06.08.2021	Tüm konular
Ara çapa	09.08.2021	Tüm konular
Üst (Karık) gübreleme 22 kg üre	09.08.2021	Tüm konular
Koçan Kurdu İlaçlaması	11.08.2021	Tüm konular
Son Sulama (Toplam 10 kez)	10.09.2021	Tüm konular
Hasat	03.10.2021	Tüm konular

Ek 2 2022 yılında yapılan tarımsal faaliyetler

Uygulamanın Adı	Uygulama Tarihi	Uygulamanın yapıldığı Konular
Tav sulaması yapılması	04.04.2022	Tüm Konular
Toprak İşleme	20.04.2022	GTİ
Toprak İşleme	21.04.2022	GTİ, AZ1, AZ2
Ekim	22.04.2022	Tüm konular
Gübreleme Taban Gübresi 20 kg DAP 15 kg/da Amonyum Sülfat	22.04.2022	Tüm konular
Sıra arası kültivatör ile işleme	23.05.2022	Tüm konular
Tekleme – çapalama	23.05.2022	Tüm konular
Ara Çapa makinası ile çapalama	03.06.2022	Tüm konular
Üst Gübreleme 16 kg Üre	06.06.2022	Tüm konular
Zirai Mücadele Yeşil sinek - yaprak biti ilaçlaması İMİDRİD	10.06.2022	Tüm konular
Zirai Mücadele Yeşil sinek - yaprak biti ilaçlaması İMİDRİD	13.06.2022	Tüm konular
Zirai Mücadele Kırmızı örümcek ilacı + bodurlaştırıcı (PIX + MECTIN)	20.06.2022	Tüm konular
Kırmızı örümcek ilacı + bodurlaştırıcı (PIX + MECTIN)	11.07.2022	Tüm konular
1, sulama	26.07.2022	Tüm konular
2, sulama	02.08.2022	Tüm konular
3, sulama	09.08.2022	Tüm konular
4, sulama	16.08.2022	Tüm konular
Zirai Müc,Yeşil sinek - yaprak biti-Kırmızı örümcek İMİDRİD + MECTIN	17.08.2022	Tüm konular
Zirai Mücadele Koza açtırıcı + Yaprak Dökücü Uygulaması (Finish + Drop)	12.09.2022	Tüm konular
Hasat	19.10.2022	Tüm konular

Ek 3 Tüm yıllar CO₂ Emisyonunun Zamansal Değişimi





ÖZGEÇMİŞ

4.1 KİŞİSEL BİLGİLER		
Adı Soyadı	Tuncay TOPDEMİR	
Ünvan	Ziraat Yüksek Mühendisi	
EĞİTİM BİLGİLERİ		
Doktora		
Üniversite Adı	Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	
Akademik Birim / Mezuniyet Yılı	Tarım Makinaları / devam ediyor	
Yüksek Lisans		
Üniversite Adı	Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	
Akademik Birim / Mezuniyet Yılı	Tarım Makinaları / 2018	
Lisans		
Üniversite Adı	Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi	
Akademik Birim / Mezuniyet Yılı	Tarım Makinaları / 2002	
DİĞER EĞİTİMLER		
Düzenleyen Kuruluş	Eğitimin adı	Tarih
UTAEM Menemen İZMİR	İstatistik-1	2008
UTAEM Menemen İZMİR	İslam Konferansı teşkilatına Üye Pamuk Yetiştiren Ülkelerde Pamuk üretiminde Karşılaşılan Sorunların Tespiti ve İşbirliği Olanaklarının Belirlenmesi Toplantısı	2009
GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü DİYARBAKIR	Sırtta Ekim, Azaltılmış Toprak İşleme Yöntemleri ve Kurak Koşullarda Bitki Yetiştirme Teknikleri	2009
UTAEM Menemen İZMİR	Uluslararası Sürdürülebilir Toprak ve Su Kaynakları Yönetimi	2009
Kar Hidrolojisi Arş.İst. KASTAMONU	Sürdürülebilir Toprak Yönetimi	2010
UTAEM - FAO ortak çalışması Menemen İZMİR	Orta Asya Ülkelerinde Pestisit ve Zararlı Yönetimi Projesi Çalıştayı	2010
UTAEM - FAO ortak çalışması Menemen İZMİR	Pestisitlerin Özellikleri ve Eşdeğerlik Kalitesi Üzerine Alt Bölge Çalıştayı	2011
İran Tahran Şehir Suyu Yönetim Bölge Merkezi – Utaem Ortak Çalışması Menemen İZMİR	İklim Değişikliği Koşullarında Sürdürülebilir Su Yönetimi Konusunda Uluslararası Çalıştay	2011
Aoc Oost Hollanda	Coach Training Course	2012
UTAEM Menemen İZMİR	Agricultural Mechanization and Information Technologies	2013
Tagem	Determination of Soil Carbon Release From Field Conditions	2016
Tagem	İklim Değişikliği ve Havza Araştırmaları Grubu Meteorolojik Aletler Çalışma Sistemleri	2016

UTAEM Menemen İZMİR		İklim Değişikliği ve Tarımsal Ekoloji Araştırma Grubu Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Sera Gazları Ölçüm ve İzleme Projelerinin Değerlendirilmesi			2017
UTAEM - FAO ortak çalışması Menemen İZMİR		Ex – Ante Carbon- balance Tool Training			2018
YABANCI DİL BİLGİSİ					
Yabancı Dil / Derecesi	KPDS	YÖKDİL	YDS	TOEFL	IELTS
İngilizce		58,75			
Diğer					
GÖREV ALDIĞI PROJELER					
Destekleyen Kuruluş/lar	Görevi	Proje adı			Başlangıç-Bitiş Tarihi
AB HORIZON 2020	Proje Lideri	Belirsiz Gelecekte Nexus Ortamları İçin Öğrenme ve Eylem İttifakları LENSES			2021 – 2024
TAGEM	Proje Yürütücüsü	Tuzlu–Alkali Tarım Alanlarında Farklı Toprak İşleme–Ekim Yöntemlerinin ve Gübre Kısıtı Dozlarının Bazı Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi			2021 – 2024
TAGEM	Proje Yürütücüsü	Mısırdaki Yabancı Ot Kontrolünde Derin Öğrenme Yöntemiyle Hassas İlaçlama Makinesi Prototipi Geliştirilmesi			2021 – 2024
TAGEM	Proje Lideri	Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin, Verim ve Toprağın Bazı Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi			2017 – 2021
TAGEM	Proje Lideri	Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin, CO ₂ Emisyonu ile Toprağın Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi			2016 – 2019
TAGEM	Proje Yürütücüsü	Mikrohavza (yarı dairesel seddeler) Su Hasadı Tekniği ile Toprak Su Tutma Kapasitesini Artırıcı Uygulamaların Zeytin Sulama Suyuna Etkisi			2020 – 2024
TAGEM	Proje Yürütücüsü	Zeytin Yetiştiriciliğinde Yarı Dairesel Kaş Tipi Mikrohavza Su Hasadı Tekniği ile Toprak Su Tutma Kapasitesini İyileştirici Uygulamalar.			2016 – 2019
TAGEM AR-GE DESTEK PROGRAMI	Proje Yürütücüsü	Sulu ve Kuru Şartlarda Yetiştirilen Bitkiler İçin Uygun Sıvı Kimyasal Gübrelerin Üretilip Geleneksel Katı Kimyasal Gübrelerle Etkinliklerinin Karşılaştırılması Ve Sıvı Gübre Kullanımı İçin Uygun Makinelerin Geliştirilmesi			2018 - 2021
Özel Sektör İşbirliği	Proje Yürütücüsü	Bazı Kimyasal Gübrelerin Tuzlu Topraklarda Toprak İslahına ve Dane Verimine Etkisinin Araştırılması. (2018-2019)			2018-2019
Özel Sektör İşbirliği	Proje Yürütücüsü	Damla Sulama ve Yüzeyaltı Damla Sulama ile Sulanan Satsuma Çeşidi Mandalinada Sulama Sistemlerinin Karşılaştırılması ve Verim ile Bazı Büyüme Parametreleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması.			2018-2019

AB HORIZON 2020	Proje Yürütücüsü	Tarımda Su ve Gübre Yönetimi İçin Araçlar (FATIMA)	2015 – 2018
TAGEM	Proje Yürütücüsü	Tarla Düzeyinde Toprak Verimlilik Değişkenlerine Göre Uygulama Zonlarının Belirlenmesi Menemen Örneği	2015 – 2017

MAKALELER & BİLDİRİLER & YAYINLAR

- TOPDEMİR, T., ÖZÇELİK, Ş., USLU, İ., ŞEN, S., RAHMANOĞLU, N., ÇELİK, Z., YÜCEERİM, G., AYKAS, E., GÖÇMEZ, S.** (2021). Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin CO₂ Emisyonu ile Toprağın Bazı Fiziksel Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Proje Sonuç Raporu
- ŞEN, S., YILMAZ, G., TOPDEMİR, T., ALKAN, Ü.,** (2019). Zeytin Fidan Gelişimine Mikrohavza Su Hasadı Tekniği İle Toprak Su Tutma Kapasitesini Artırıcı Bazı Uygulamaların Etkisi. Toprak Su Dergisi , () , 122-129 . DOI: 10.21657/topraksu.655561
- USLU, İ., TOPDEMİR, T., CANDAN, N., ŞEN, O. F., TEKİN, A. B.,** 2019. Tarla Düzeyinde Toprak Verimlilik Değişkenliğine Göre Uygulama Zonlarının Belirlenmesi, Menemen Örneği, (Proje Sonuç Raporu).
- TOPDEMİR, T., COŞKUN, M.,** 2019. Pamuk Yetiştiriciliğinde Uygulanan Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Enerji Verimliliği ve Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi. 6. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi 12-14 Kasım 2019, İzmir.
- TOPDEMİR, T., AYKAS, E., ÖZÇELİK, Ş., USLU, İ., ŞEN, S., RAHMANOĞLU, N., GÖÇMEZ, S.,** 2019. Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinde Toprak İşleme Sonrası CO₂ Emisyonlarının Belirlenmesi. 32. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi 04-06 Eylül 2019, Çanakkale
- ŞEN, S., ALKAN, Ü., YILMAZ, G., TOPDEMİR, T.,** 2019. Mikrohavza Su Hasadı Tekniği İle Toprak Su Tutma Kapasitesini Artırıcı Bazı Uygulamaların Zeytin Fidan Gelişimine Etkisi. Hasat Uluslararası Tarım ve Orman Kongresi, 21-23 Haziran 2019, Ankara.
- TOPDEMİR, T., COŞKUN, M.,** 2019. Menemen Koşullarında Pamuk Yetiştiriciliğinde Uygulanan Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Enerji Verimliliği ve Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16 (1), 7-12. DOI: 10.25308/aduziraat.439650
- ŞEN, S., YILMAZ, G., TOPDEMİR, T., ALKAN, Ü.,** 2017. Zeytin Fidan Gelişimine Yarı Dairesel Mikrohavza Su Hasadı Tekniği ile Toprak Su Tutumu Kapasitesini Arttırıcı Bazı Uygulamaların Etkisi. 5. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, Eylül – 2017, Kırklareli.
- ÇELİK, A., AKKUZU, E., TOPDEMİR, T.,** 2012. Roofing for Rain Water Harvesting Technique to Supply Potable Water. International Construction Congress, 11-13 Ekim, Isparta, Turkey.
- ÇELİK, A., TOPDEMİR, T.,** 2012 . Seawater Greenhouse Applications by Using Solar Energy. International Construction Congress, 11-13 Ekim, Isparta, Turkey.
- TOPDEMİR, T.,** 2010. Hassas Tarım Teknolojisi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği. Analiz’35 sayı 4 S: 30-33 Ocak Mart 2010