

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ AYIŞ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA
ÇİFTLİĞİNDE ÜRÜN ROTASYONUNUN BAZI ENZİM AKTİVİTELERİNE
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Yasemin UÇAR

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ANKARA
2022**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

ANKARA ÜNİVERSİTESİ AYAŞ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA ÇİFTLİĞİNDE ÜRÜN ROTASYONUNUN BAZI ENZİM AKTİVİTELERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Yasemin UÇAR

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sevinç ARCAK

Bu çalışmada arpa-arpa, yonca-yonca, nohut-nohut, domates-domates, arpa-domates, yonca-mısır, nohut-arpa ve domates-arpa gibi farklı ürün ve ürün rotasyonlarının toprakların fiziko-kimyasal özelliklerine, üreaz, katalaz enzim aktivitesine, CO₂ salınım değerlerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma Ankara Üniversitesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde tarla koşullarında 2019 ve 2020 yıllarında yürütülmüştür. Tarla denemesinin başlangıcından itibaren hasat dönemine kadar geçen sürede mevsimleri yansıtabilecek şekilde Kasım 2018 ve Kasım 2020 ayları arasında, 0-20 cm derinliklerden toprak örnekleme yapılmıştır. İki yıla ait araştırma sonuçlarına göre; organik madde miktarı ile toplam azot, üreaz, katalaz ve CO₂ salınım değerleri arasında orta ve yüksek düzeyde pozitif ilişki belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik değerleri ile organik madde, toplam azot, üreaz, katalaz ve CO₂ salınım değerleri arasında orta ve yüksek düzeyde pozitif ilişki görülmüştür. Her iki yılda; arpa ekili tüm alanlarda organik madde miktarının %1.28-1.38 , azot miktarlarının %0.039-0.043 arasında ve diğer ürünlere göre en düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. En yüksek azot miktarı %0.064 ile yonca-yonca uygulamalarında bulunmuştur. Yonca-yonca, nohut-nohut mono kültür ve yonca-mısır rotasyonlarında üreaz enzim aktivitesinin 7.87-8.93 mg N/100 g top⁻¹ arasında ve diğer uygulamalara göre yüksek olduğu görülmüştür. Genel olarak ürün rotasyon uygulamalarında katalaz enzim aktivitesinin arttığı belirlenmiştir. 2020 yılının CO₂ salınım değerleri, nohut, mısır ve domates ekili ürün rotasyonu alanlarında sırası ile 385, 357 ve 305 mg CO₂ /100 g/24s gerçekleşmiş olup, bu yılda CO₂ salınım değerlerinin en yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Bu çalışma sonucunda, yonca, nohut ve mısır ürün rotasyonlarının topraktaki enzim miktarlarını önemli düzeyde etkilediği ortaya çıkarılmıştır.

Şubat 2022, 94 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Ürün rotasyonu, fiziko-kimyasal toprak, üreaz, katalaz, CO₂ salınımı

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF CROP ROTATIONS ON SOME SOIL ENZYME ACTIVITIES IN AYAŞ RESEARCH AND EXPERIMENTAL FARM OF ANKARA UNIVERSITY

Yasemin UÇAR

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Sevinç ARCAK

In this study, different crops and crop rotations such as barley-barley, alfalfa-clover, chickpea-chickpea, tomato-tomato, barley-tomato, alfalfa-corn, chickpea-barley and tomato-barley on the physico-chemical properties of soils, urease, catalase enzyme activity were investigated. The effects on CO² release values were investigated. The research was carried out in field conditions in Ankara University Ayas Research and Application Farm in 2019 and 2020. Soil sampling was carried out from 0-20 cm depths between November 2018 and November 2020, reflecting the seasons from the beginning of the field trial to the harvest period. According to the research results of two years; A moderate and high level positive correlation was determined between the amount of organic matter and total nitrogen, urease, catalase and CO₂ release values. A moderate and high level positive correlation was observed between electrical conductivity values and organic matter, total nitrogen, urease, catalase and CO₂ release values. every two years; It was determined that the organic matter amount was 1.28%-1.38%, the nitrogen content was between 0.039-0.043% and the lowest level compared to other crops in all barley cultivated areas. The highest nitrogen content of 0.064% was found in alfalfa-clover applications. In alfalfa-clover, chickpea-chickpea monoculture and alfalfa-corn rotations, urease enzyme activity was found to be between 7.87-8.93 mg N/100 g top-1 and higher than other applications. In general, it was determined that catalase enzyme activity increased in crop rotation applications. The CO² release values in 2020 were 385, 357 and 305 mg CO² /100 g/24h, respectively, in the crop rotation areas planted with chickpeas, corn and tomatoes, and it was observed that the CO² release values were the highest in this year. As a result of this study, it was revealed that alfalfa, chickpea and corn crop rotations significantly affect the amount of enzymes in the soil.

February 2022, 94 Pages

Key Words: Crop rotation, soil physico-chemical soil, urease, catalase, CO₂ release

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Öncelikle danışmanlığımı üstlenen, doktora tezimin konu araştırmanın yürütülmesine dek beni sınırlamayıp özgür bırakan, doktora öğrencisinin yeterliliğini göstermesine olanak tanıyan Prof. Dr. Sevinç ARCAK'a (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı), değerli görüşleri ile araştırmanın şekillenmesinde katkı sağlayan Prof. Dr. Gökhan ÇAYCI'ya, (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı) Prof. Dr. Nur OKUR'a (Ege Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı), yapıcı eleştiriler getirerek tezin son şeklini almasını sağlayan Prof. Dr. Sonay SÖZÜDOĞRU OK'a (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı), Doç. Dr. Sema ÇETİN CAMCI'ya (Hacı Bayram Veli Üniversitesi Tapu ve Kadastro Yüksek Okulu) ve Öğr. Gör. Dr. Esra GÜNERİ'ye (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı) teşekkürü borç bilirim.

Arazi çalışmalarında tecrübelerinden faydalandığım Öğr. Gör. Ziraat Yük. Mühendisi Ali KESİK'e, laboratuvar çalışmalarım esnasında katkı sağlayan Kimya Mühendisi Durmuş DEMİR'e (Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Toprak Koruma ve Arazi Değerlendirme Başkanlığı), Ziraat Mühendisi Harun TURGUT'a (TARGIS Tarımsal Analiz Laboratuvar Sorumlusu), analiz sürecinde teknik desteklerinden faydalandığım Dr. Onur AKÇA'ya (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı), istatistiksel verilerin derlenmesi ve analizi aşamasında gece gündüz yardımlarını esirgemeyen tezime geliştirici fikir ve önerileriyle destek veren Ziraat Yük. Mühendisi Orhan KARA'ya (Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü) ve Ziraat Yük. Mühendisi Emine ARSLAN'a (Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü), tez çalışmam boyunca yanımda olup moral ve motivasyon bakımından manevi desteklerini esirgemeyen Tarım Reformu Genel Müdürlüğünden başta Daire Başkanım İsmail COZOĞLU olmak üzere değerli mesai arkadaşlarım Ziraat Mühendisi Ahmet Seçim OTTAN'a, Dr. Gazi ALTIN'a, Dr. Yücel KEŞLİ'ye, Ziraat Yük. Mühendisi Nevin TOPRAK'a, Ziraat Yük. Mühendisi Oğuzhan FAKILI'ya, Ziraat Mühendisi Kadir KIRBAŞ'a ve aileme teşekkürü borç bilirim.

Yasemin UÇAR
Ankara, Şubat 2022

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1 Toprak Enzimleri ve Toprağın Fiziko-kimyasal Özellikleri ile İlişkisi	4
2.2 Toprak Enzimleri ve Toprağın Fiziko-Kimyasal Özellikleri Arasındaki İlişkiler ile İlgili Kaynak Özetleri	9
2.3 Ürün Rotasyonu Uygulamaları.....	16
2.4 Ürün Rotasyonu Uygulamalarının Topraktaki Enzimler ve Toprağın Fiziksel-Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri ile İlgili Kaynak Özetleri	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM	30
3.1 Materyal	30
3.1.1 Araştırma alanının bölgesel özelliği	30
3.1.2 Araştırma alanının iklim özellikleri	31
3.1.3 Denemelerde kullanılan bitki ve toprak materyalleri	33
3.2 Yöntem	33
3.2.1 Deneme deseninin kurulması	33
3.2.2 Kültürel işlemler.....	36
3.2.3 Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması	39
3.2.4 Toprak örneklerinde kullanılan fiziksel ve kimyasal yöntemler	39
3.2.5 Toprak örneklerinde kullanılan mikrobiyolojik yöntemler.....	41
3.2.6 Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analizler	42
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	43
4.1 Deneme Toprağının Bazı Fiziko-kimyasal ve Biyolojik Özellikleri	43
4.2 2019 Yılı Toprak Analiz Sonuçları	44
4.3 2020 Yılı Toprak Analiz Sonuçları	48
4.4 2019 ve 2020 Yılına Ait İncelenen Toprak Parametrelerinin Uygulamalara Bağlı Değişimleri	53
4.5 2019 ve 2020 Yılı Toprak Analizlerinin Korelasyon Sonuçları	60
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	67
KAYNAKLAR	81
EKLER	92
EK 1 2019 Yılına Ait Veri Tablosu	92
EK 2 2020 Yılına Ait Veri Tablosu	93
ÖZGEÇMİŞ	94

SİMGELER DİZİNİ

CO ₂	Karbondioksit
°C	Santigrat
C	Karbon
CH ₄	Metan
CV	Değişim Katsayısı
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
K	Potasyum
N	Azot
NH ₃	Amonyak
N ₂ O	Diazotmonoksit
P	Fosfor
pH	Toprak Reaksiyonu

Kısaltmalar

ACP	Asit Fosfataz
ALP	Alkalın Fosfataz
DFA	Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi
EC	Elektriksel İletkenlik
OM	Organik Madde
HA	Hacim ağırlığı
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
SN	Solma Noktası
SMAF	Soil Management Assessment Framework-Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi
SQI	Soil quality index-Toprak kalite indeksi
TK	Tarla Kapasitesi
TEPGE	Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışma alanına ait konum haritası.....	30
Şekil 3.2 Tarla kapasitesi ve solma noktası ve hacim ağırlığının belirlenmesi için kullanılan sistemler.....	40
Şekil 4.1 Toprakların toplam azot içeriği üzerine uygulamaların etkisi	53
Şekil 4.2 Toprakların yarayışlı fosfor içeriği üzerine uygulamaların etkisi.....	54
Şekil 4.3 Toprakların alınabilir potasyum içeriği üzerine uygulamaların etkisi.....	55
Şekil 4.4 Toprakların elektriksel iletkenliği üzerine uygulamaların etkisi	56
Şekil 4.5 Toprakların toplam organik madde miktarı üzerine uygulamaların etkisi.....	57
Şekil 4.6 Toprakların üreaz aktivitesi üzerine uygulamaların etkisi.....	58
Şekil 4.7 Toprakların katalaz aktivitesi üzerine uygulamaların etkisi	59
Şekil 4.8 Toprakların karbondioksit salınımı üzerine uygulamaların etkisi	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Bazı toprak enzimleri ve bağlı oldukları gruplar	5
Çizelge 3.1 Ayaş ilçesi 2018, 2019 ve 2020 iklim verileri ortalamaları.....	32
Çizelge 3.2 2019 yılına ait deneme	34
Çizelge 3.3 2020 yılına ait deneme	35
Çizelge 3.4 Domates için uygulanan kültürel işlemler	38
Çizelge 4.1 Çalışma alanının bazı toprak özellikleri	43
Çizelge 4.2 2019 yılı yetiştirilen ürünlerin incelenen toprak özelliklerine etkisi	44
Çizelge 4.3 2019 yılı yetiştirilen ürünlerin incelenen toprak özelliklerine etkisi	44
Çizelge 4.4 2020 yılında uygulamaların bazı toprak özelliklerine etkisi.....	48
Çizelge 4.5 2020 yılında uygulamaların bazı toprak özelliklerine etkisi.....	483
Çizelge 4.6 2019 yılına ait toprak parametreleri arasındaki korelasyon değerleri.....	65
Çizelge 4.7 2020 yılına ait toprak parametreleri arasındaki korelasyon değerleri.....	66

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun, artış hızında yavaşlama olmasına rağmen 2050 yılında 9 milyarın üzerinde olacağı tahmin edilmektedir (Anonymous 2021a). Bugünkü üretim sistemleriyle ve gıda tüketim alışkanlıklarımızla 2050 yılındaki nüfusu beslemek için tarımsal üretimin % 60-70 oranında artırılması gerekmektedir (Gökırmaklı ve Bayram 2018). Bu amaçla artan dünya nüfusunun sağlıklı ve güvenli tarımsal ürünlere ulaşabilmesi için yeterli miktarda ürünün üretilmesine gereksinim vardır.

Bugün sahip olduğumuz medeniyetin ve ekonominin arkasında tarımsal üretim olduğu yadsınamaz bir gerçekliktir. Gıda üretiminin ve mevcut ekilebilir arazilerin artması mümkün görünmemektedir. Bu nedenle ürün veriminin artırılması gerekmektedir. Ürün veriminin artırılmasında toprak sağlığının korunması ile gerçekleşebilir.

Tarımsal üretim insanların beslenmesi ve insanlığın devamlılığı açısından kritik bir role sahiptir. Tarımsal faaliyetlerin yapılabilmesi için öncelikle toprak, su ve biyolojik çeşitlilik gibi üç önemli doğal kaynağa ihtiyaç bulunmaktadır. Tarımsal üretimde birim. alandan alınan ürün miktarının. artırılmasında ise toprakların verimliliği önemli rol oynamaktadır. Toprakların verimliliğinin ve üretkenliğinin sağlanması, toprakların biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesi ve korunması ile mümkün olabilir. Toprakların biyolojik özellikleri ise, toprak içerisinde yaşayan mikroorganizmaların gerek. popülasyonu gerekse. aktiviteleri ile tanımlanabilir.

Tüm doğada olduğu gibi, toprağın kendi içerisinde de bir denge ve düzen söz konusudur. Toprak üzerine yapılan tarımsal uygulamalar (toprak işleme, sulama, gübreleme vb) mevcut dengelerin bozulmasına, dolayısıyla toprağa bağımlı canlı türlerin yok olmasına sebep olabilmektedir (Haktanır 1973).

Verimli ekilebilir arazi miktarını artırmak, gıda üretimini artırmanın yollarından biridir. Şu anda dünya çapında yaklaşık 1.500 milyon hektar ekilebilir arazi bulunmaktadır. Son yıllarda ekilen arazilerin büyük bir kısmı erozyon, deniz suyunun karışması ve çeşitli kirleticiler nedeniyle verimliliği düşmektedir. Ayrıca yoğun tarım uygulamaları toprak sağlığını ve besin zincirini olumsuz yönde etkilemektedir (Anonymous 2021b). Toprak

sağlığı ve besin zincirinin bozulması ile besin ierikleride düşmüştür. Bütün bunların sebebi topraktaki organik madde ve biyolojik çeşitliliğin kaybedilmesi ve buna bağlı olarak topraktaki enzim aktivitelerinin azalmasıdır (Anonymous 2021b).

Tarımsal üretim nedeniyle ortaya çıkan evre kirliliği ve iklim değişikliği gibi sorunların azaltılması ve gelecek nesillerin gıda ihtiyacını da riske atmadan tarımsal üretime devam edilebilmesi için sürdürülebilir tarım politikaları gündeme gelmektedir. Yabancı ot, bitki hastalık ve zararlılarının neden olduğu sorunlar da dahil olmak üzere ürün rotasyonu uygulamanın sürdürülebilir tarım politikaları arasında alternatif bir yöntem olarak yer almaktadır.

Tarımsal üretimde verim azalışına sebebiyet veren mono kültür ekim, toprak mikrobiyal topluluğunu değiştirmekte, toprak dengesinde (fiziksel özellikler, besinler, bitki oto toksinleri, vb) bozulmalara neden olur (Nie vd. 2007). Ürün rotasyonu, yüzyıllardır tanınan ve bilinen evrensel bir toprak yönetim uygulaması olup, ürün verimini artıran kanıtlanmış bir süreçtir (Bhowmik ve Doll 1982, Fahad vd. 1982, Baird ve Benard, 1984, Dabney vd. 1988, Peterson ve Varvel 1989). Ürün rotasyonunun toprak agregasını iyileştirdiği (Rosenzweig vd. 2018) ve toprak organik karbon içeriğini artırdığı bilinmektedir. Tahıl ekilen alanlarda daha fazla ürün rotasyonunun toprak enzim aktivitelerini artırdığı (Martinez vd. 2007), yine enzim aktivitelerinin besin dinamiği ve toprak organik karbonu ve azot ile ilişkili olduğu kaydedilmiştir (Akhtar vd. 2018).

Toprak verimliliği toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri yanında toprak biyolojisine de bağlıdır. Toprak, biyolojik olarak dengede bulunan bir sistemdir. Bu denge, çevresel koşulların değişmesi, toprak verimliliğinden sorumlu olan mikroflora ve onun aktivitesinin değişmesi tehlikesi ile karşılaşabilmektedir (Arcak vd 1996).

Toprak enzimleri, toprak organik maddesinin ayrışması ve besin döngüsüyle enerji transferinde kilit bir rol oynar. Toprak mikroorganizmalarının yaşam süreçleri için gerekli birçok hayati reaksiyonu katalize eder ve toprak yapısının dengelenmesine yardımcı olur. Bu nedenle tarımda önemli bir yere sahiptir (Kop Durmuş 2020).

Katalaz aktivitesi havalı koşullarda yaşayan mikroorganizmaların toplam aktivitelerinin göstergesi olarak kabul edilmektedir (Roberge, 1978). Üreaz ise topraklarda organik materyallerin mineralizasyon süreçlerinde görevlidir (Burns 1978). Çeşitli faaliyetler sonucu artan Karbondioksit salınımı toplam biyolojik aktivitesini diğer bir göstergesidir. Toprak enzim analizleri toprak verimlilik düzeylerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ünal 1967; Arcak vd 1996).

Bu tez çalışması, ilerleyen yıllarda yaşanabilecek kuraklık sıkıntısı, topraktaki organik madde ve enzim çeşitliliğindeki azalmaya karşı çeşitli çözümler üretmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında; farklı bitki çeşitlerinin kullanıldığı mono kültür ve rotasyon uygulamalarının toprağın fizikokimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma bulgularından yola çıkarak, toprakta suyun korunması ve toprak verimliliğın devamı için gerekli olan üretim desenleri hakkında bilgilere ulaşılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Toprak Enzimleri ve Toprağın Fiziko-kimyasal Özellikleri ile İlişkisi

Bitki örtüsü, toprak tipi, arazi kullanım geçmişi ve toprak yönetimi stratejisi toprak enzimlerini (Green ve Oleksyszyn 2002, Wyszowska vd. 2005) doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilmektedir.. Bütün bunlar derlendiğinde toprak kalite göstergeleri olarak toprak enzimlerinin kullanılması üç farklı şekilde sınıflandırılabilir; (1) kirlilik göstergesi, (2) ekosistem bozulma göstergesi ve (3) tarımsal uygulama göstergesidir (Karaca vd. 2010).

Topraktaki organik maddenin mineralizasyonu için, ekstraselüler enzimler mikroorganizmalar tarafından toprak içerisine verilmektedir. Organik maddeler enzimler tarafından hidroliz, oksidasyon, redüksiyon, dehidrojenasyon, amonifikasyon, nitrifikasyon gibi çeşitli metabolik yollarla daha küçük moleküllere ayrılmaktadır (Haktanır 1973, Tavalı 2011). Enzimler protein tabiatındaki özel maddelerdir. Bu özel proteinler çeşitli metabolik reaksiyonların gerçekleşmesinde katalizör görevi görmektedir. Ancak metabolik reaksiyonların yapısına katılmazlar. Enzimler sadece canlı formunda olan hücrelerde görev yapmazlar, ortamda bulunan hücre kalıntıları ve çeşitli maddeler ile de etkileşim kurarak bazı reaksiyonların gerçekleşmesini sağlayabilirler (Skujins 1976).

Yapılan araştırmalarda tarım topraklarında 50'den fazla enzimin aktivite olduğu belirlenmiştir. Bazı toprak enzimleri ve bağlı oldukları gruplar ise çizelge 1.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1 Bazı toprak enzimleri ve bağlı oldukları gruplar (Thornton ve McLaren 1975, Haktanır ve Arcak 1994)

Oksidoredüktazlar	Katalizlediği Reaksiyon
Katalaz	$2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
Dehidrogenaz	$\text{XH}_2 + \text{A} \rightarrow \text{X} + \text{A} \text{H}_2$
Hidrolazlar	Katalizlediği Reaksiyon
Selüloz.	β -1.4 glukon bağlarının hidrolizi
α - ve β - glukosidaz	$\text{Glikozid} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ROH} + \text{glukoz}$.
Fosfataz.	$\text{Fosfat esterleri} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ROH} + \text{fosfat}$.
Proteaz.	Proteinler \rightarrow peptidler ve amino asitler.
Üreaz.	$\text{Üre} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$

Toprakta yürüyen birçok biyokimyasal tepkimeyi düzenleyen enzimler mineralizasyon işlemlerinde önemli etkiye sahiptir ve toprağın özellikle biyolojik özellikleri olmak üzere fiziksel ve kimyasal özelliklerinden etkilenmektedir (Frankberger ve Dick 1983, Tate 1987). Toprak enzim düzeyleri toprak verimlilik düzeylerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ünal 1967, Arcak vd. 1996). Yapılan çalışmalar toprak üreaz aktivitesinin, toprak işleme, atık yönetimi, gübreleme ve bitki çeşidine bağlı olarak da önemli oranda değiştiğini göstermektedir (Deng ve Tabatabai 1996, Burket ve Dick 1998).

Üre yapısı itibarıyla topraktan bitkiler tarafından doğrudan alınamazlar, üreden bitkilerin yararlanabilmesi için ürenin hidrolize olması gerekir. (Sirko ve Brodzik 2000). Ürenin hidroliz olabilmesi için bazı enzimlere ihtiyaç vardır. Böylece ortamda bulunan üre, üreaz enzimi yardımıyla amonyak ve karbon dioksit hidrolize edilerek diğer canlıların kullanabileceği şekle dönüşür (Gür 1987, Sirko ve Brodzik 2000).

Azot döngüsünün toprak içerisinde tamamlanması için topraktaki azotlu bileşikler üreaz ile son şekline dönüştürülür (Chen vd. 2004). Azot döngüsü: topraktaki aerobik ve anerobik koşullar altında fiksasyon, asimilasyon, mineralizasyon, nitrifikasyon ve

denitrifikasyon olaylarından oluşmaktadır. Azot fiksasyonu bir takım simbiyotik ve asimbiyotik bakteriler tarafından atmosferdeki azot gazının bitkiler tarafından alınabilir forma dönüştürülmesi olayıdır. Azotun hücre içerisine alınması asimilasyondur. Organik azotun inorganik azota dönüştürülmesi mineralizasyon, amonyum nitrata dönüştürülmesi ise nitrifikasyondur. Aynı zamanda nitratin havasız koşullarda azot gazına dönüştürülmesi ise denitrifikasyondur (Gür 1987, Arcak ve Haktanır 1996, Kardeşahin 2014).

Azot, tüm canlıların yapısında bulunan önemli bir elementtir. Protein, amino asit, amid, nükleik asit, klorofil gibi fonksiyonlar organik materyalin yapısına katılır. Toprakta var olan azotun kaynağını ise organik maddeler oluşturmaktadır (Müftüoğlu ve Demirel 1998). Bu açıdan üreaz enziminin aktivitesi toprak ve bitki sağlığını doğrudan etkileyerek verime katkı sunmaktadır.

Katalaz enzimi ise özellikle bitkilerde bol miktarda bulunur. Bu enzim H_2O_2 'yi indirgeyen veya parçalayan, peroksizomların yapısal bir bileşeni olan oksidaz enzimlerdendir (Higashi vd. 1974, Halliwell ve Gutteridge 1990, Nicholls vd. 2000). Katalaz enzimi; hüresel zarara neden olduğu bilinen hidrojen peroksidin suya dönüştürülmesini tek yönlü olarak katalizler ($H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$).

Alef ve Nannipieri (1995) katalaz enziminin toprak içerisinde stabil olduğunu, toprağın alt tabakalarına doğru bu enzimin miktarının düştüğünü belirtmiştir. Ayrıca katalaz enzimi ile organik karbon içeriğinin ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Küçük ve Cevheri (2017) tarafından yapılan bir çalışmada ise katalaz üzerine mikrobiyal biyokütle karbonunun pozitif yönde etkili olduğu bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda toprakların katalaz aktivitesi örneklerin alındığı yöre topraklarına göre farklılık göstermiştir (Onaç ve Gök 1994; Kızılkaya vd. 1998).

Toprak katalaz aktivitesinin toprağın verimlilik düzeyi, karbon içeriği, azot içeriği, toprak partiküllerinin büyüklüğü ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Kabiri vd. 2016). Topraktaki canlı organizma yükünün korunmasında katalaz enziminin aynı zamanda

toprak özellikleri üzerinde de olumlu etkileri olabileceği toprak verimliliği anlamında farklı bir bakış açısı getirmiştir.

Wang vd. (2016a) ve Yuan vd. (2017) bitkisel üretim yapılan topraklarda katalaz aktivitesi ile bakteriyal ve fungal mikroorganizma popülasyonu, toprağın katyon değişim kapasitesi ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Toprağa uygulanan gübre miktarı ve ürün rotasyonunun toprak katalaz aktivitesini etkilediği Mijangos vd. (2006) tarafından bildirilmiştir. Katalaz aktivitesinin toprağın içerisindeki kil, nem, toprak derinliği, sıcaklık, organik madde miktarı, pH ve toprak tipine göre değiştiği açıklanmıştır. Ayrıca katalaz aktivitesinin toprak işlemeyle de artış gösterdiği belirtilmiştir (Trasar-Cepede vd. 1999).

Öte yandan killi topraklar, gübreleme gibi herhangi bir kültürel işlemin yapılmadığı durumlarda, daha fazla alınabilir besin maddesi konsantrasyonu içermektedir. Enzim aktivitelerinin düşüklüğünün; toprakların kil kapsamı, kilden kaynaklanan adsorpsiyon kapasiteleri, havalanma ve mikroorganizma popülasyonuna bağlı olduğu belirtilmiştir (Monreal ve Bergstrom 2000).

Shi vd. (2008); toprak enzimleri ile toprakların fiziko-kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek için yaptıkları araştırmada, toprağın elektriksel iletkenliğinin (EC) katalaz aktiviteleri üzerinde doğrudan bir etkisi olduğunu ve toprak EC' si ile toprak katalaz aktiviteleri arasında önemli bir korelasyon olduğunu, topraktaki organik maddenin ise invertaz, üreaz ve asit fosfatazın aktivitelerine karşı anlamlı bir korelasyona sahip olduğunu ancak katalaz ile olmadığını ortaya koymuştur.

Atmosfer, karbon döngüsündeki en büyük havuzlardan birisidir. Atmosferde karbon (C), karbondioksit gazı formunda bulunur (Haktanır ve Arcak 1997). Toprakta ise karbon, organik ve inorganik formda bulunur. Toprak karbon döngüsü fotosentez, solunum ve ayrışma şeklinde gerçekleşir. Organik karbon topraklarda çok uzun süre muhafaza edilebilir. Bununla birlikte yoğun tarımsal faaliyetler (toprak işleme, sulama, gübreleme vb) ile su ve rüzgâr erozyonunun artması toprağın karbon stoklarını önemli

derecede azaltmaktadır. Bunun sonucunda topraklar verimsizleşirken artan karbondioksit salınımı iklim değişikliğine neden olmaktadır (Vurarak ve Bilgili 2015).

Geleneksel tarım uygulamaları, örneğin toprak işleme ve mono kültür ekim, toprak organik C (SOC) ayrışmasını hızlandırmakta (West ve Post 2002), toprak erozyonunu ve yüzey akışını artırmakta (Triplett ve Dick 2008) ve toprak agregat yapısını bozmaktadır (Six vd. 1999). Bununla beraber, atmosfere katılan organik karbon günümüzün en büyük sorunlarından iklim değişikliğine neden olan CO₂, CH₄, N₂O vd. sera gazlarını artırmaktadır. Sera gazlarının azaltılması açısından CO₂'in bitkiler tarafından tutulması ve ürün artıklarının organik karbon olarak toprağa ilave edilmesi önemlidir (Tabyehzad 2015).

Karbondioksit, karbon ve oksijenin bir formudur. Temel kaynağı karbondioksit olan karbon ise bitki yapısının %50'den fazlasını oluşturur (Gültekin ve Örgün 1994). Tarımsal faaliyetlerin etkisiyle topraktaki karbon daha fazla oksijenle temas edip karbondioksit (CO₂)'e dönüşerek atmosferde birikir.

Toprağın nemi, organik maddesi, sıcaklığı, havalanma durumu ve eğimi gibi özellikleri topraktan salınan karbondioksit oranını etkiler (Jabro vd. 2008, Akbolat 2009). Dünyamızdaki tarım alanları karbonun biyokütle ürünlerine ve toprak organik maddesine dönüşmesi açısından bir nevi CO₂ deposu olarak görev yapmaktadır (Kayıkçıoğlu ve Okur 2012). Tarım kaynaklı karbondioksit emisyonları 1800'lü yılların ortalarından sonra artış göstermiştir (Dişbudak 2008).

Ülkemizde tarımsal faaliyetlerin neden olduğu sera gazı emisyonlarının alt sektörlere göre dağılımı incelendiğinde, % 47' lik kısmı enterik fermentasyon (karbonhidratların bir hayvanın kan dolaşımına emilmek üzere mikroorganizmalar tarafından basit moleküllere ayrıştırıldığı bir sindirim sürecidir) ile en önemli emisyon kaynağı olmuş, tarım toprakları ise % 40' lık kısım ile ikinci sırada, üçüncüsü sırada ise % 11'lik kısım ile gübre yönetimi olmuştur (Ağaçayak ve Öztürk 2017). Bu minvalde tarımsal uygulamalar yeniden değerlendirilmekte ve başta ülkemiz olmak üzere uluslararası kuruluşlar tarafından da konu edilmektedir. Öyle ki, iklim değişikliğine karşı Kyoto

Protokolü farklı ülkelerce imzalanmış ve sera gazı emisyonlarının azaltılması konusunda eylem planları ortaya konmuştur.

2.2 Toprak Enzimleri ve Toprağın Fiziko-Kimyasal Özellikleri Arasındaki İlişkiler ile İlgili Kaynak Özetleri

Kızılkaya vd. (1998) yaptıkları bir çalışmada, çeltik tarımı yapılan. Üçpınar, Harız, Doğancı, Kaygusuz, Emenli, Sarıköy ve Gelemenagrı. köylerinden alınan toprak örneklerinde üreaz, fosfataz, β -glikosidaz ve katalaz enzim aktivitelerini belirlemiş, toprak özelliklerinin enzim aktiviteleri üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda toprakların üreaz enzim aktivitesi. ile organik madde, Mn, K ve P elementleri arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğunu bulmuştur. Ayrıca araştırmacılar toprakların katalaz enzim aktivitesi ile toprakların kum ve ekstrakte edilebilir Fe elementleri arasında yüksek düzeyde negatif bir ilişki, kil ve tuz ile de yüksek düzeyde pozitif ilişki olduğunu belirtmiştir.

Arcak vd. (1999) tarafından yayınlanan bir çalışmada farklı vejetasyon altındaki toprak örneklerinde (yonca, buğday, elma, çam ve nadas) ve farklı derinliklerdeki (0-5, 5-15, 15-30 cm) üreaz ve beta glikosidaz enzim aktivitelerini incelemiştir. Araştırma sonucunda toprak derinlikleri arttıkça üreaz enzimin aktivitesinde artışlar olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, sürekli buğday yetiştirilen parsellerden alınan örneklerinin üreaz enzim aktiviteleri, yonca, buğday ve elma örneklerinden daha düşük bulunmuş, nadas alanlarından alınan toprak örneklerinin üreaz aktivitesinin ise diğer uygulamalara göre daha düşük olduğu belirtilmiştir.

Biofarm, Leonardit ve Hümik asit olmak üzere üç farklı organik gübre kullanarak marul, havuç, roka ve maydanoz bitkileriyle tarla denemelerinin yapıldığı bir yüksek lisans tez çalışmasında, parsellerin tümüne çeşitli miktarlarda Biofarm, Humik VI asit, Leonardit uygulanmıştır. Uygulamalardan 20 gün sonra ve bitkilerin hasat dönemlerinde alınan toprak örneklerinde mikrobiyal biyokütle, dehidrogenaz, beta glikosidaz, alkalın fosfataz ve proteaz enzimlerinin miktarları incelenmiştir. İncelemeler sonucunda biofarm gübresinin uygulandığı tüm alanlarda mikrobiyal biyokütle ve enzim

aktivitelerinin miktarında artış olduğu görülmüştür. Biofarm gübresininin uygulaması ile konvansiyonel tarıma oranla ortalama mikrobiyal biyokütledeki artış %77, dehidrogenaz enzim aktivitesinde %175, β -glikozidaz enzimi aktivitesindeki artış %55, alkalın fosfataz enzimi aktivitesindeki artış %44 ve proteaz enzimi aktivitesindeki artış %69 olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte topraklara uygulanan leonardit ve humik asit gübrelerinin mikrobiyal biyokütle ve enzim aktivitesinde bir değişikliğe yol açmadığı saptanmıştır (Gülhan 2006).

Durmuş vd. (2011) yayınladıkları bir çalışmada, Kızılırmak nehrinin biriktirdiği alüvyon depozitleri üzerinde farklı pedolojik özelliklere sahip topraklarda katalaz enzim aktivitelerinin dağılımını ve çeşitli toprak parametreleri ile ilişkileri incelemiştir. Araştırma sonucunda kuru toprak seviyelerine göre katalaz enziminin aktivitelerinde değişiklik olduğu açıklamıştır.

Shi vd. (2008) yaptıkları çalışmada; Çin'in Shenzhen şehrinin merkezi yerleşim bölgesindeki iki arazinin kullanımında üreaz, asit fosfataz, invertaz ve katalaz, toprak organik maddesi, pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve kil (<0.01 mm) içeriği incelemiş ve toprak enzimleri ile toprağın fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için çok değişkenli analiz kullanmıştır. Araştırmacılar; kentleşmenin, toprak özelliklerini büyük ölçüde değiştirdiğini ve bu değişikliklerin değerlendirilmesinin, toprak yönetimi ve toprak sağlığı için gerekli olduğunu bildirmiştir.

Shi vd. (2008) yol kenarına yakın toprağın invertaz aktivitesinin kentsel park toprağından önemli ölçüde daha yüksek olduğu, buna karşın katalaz aktivitesinin kentsel park toprağında önemli ölçüde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Toprak organik maddesi, invertaz, üreaz ve asit fosfataz aktiviteleri ile anlamlı pozitif korelasyona sahip iken, katalaz ile pozitif bir ilişki kurulmamıştır. Toprak pH'sının, üreaz ve asit fosfataz aktivitesi üzerinde önemli derecede olumsuz doğrudan etkiye sahip olduğu ancak bu etkinin, toprak organik maddesinin pozitif dolaylı etkisiyle dengelendiği bildirmiştir. Araştırmacılar, toprak EC'sinin, katalaz aktiviteleri üzerinde doğrudan pozitif bir etkiye sahip olduğunu ve toprak EC ile toprak katalaz aktiviteleri arasında önemli bir korelasyon olduğunu bildirmiştir. Toprak organik maddesi, toprak

pH' ı ve EC' sinin, toprak enzim faaliyetlerini etkileyen başlıca faktörler olarak rapor edilmiştir.

Yıldırım (2010)'ın yaptığı bir çalışmada, tuzlu toprakların katalaz enzim aktivitesi ve kinetiği incelemiştir. Araştırmacı, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile %tuz oranı farklı olan topraklardaki katalaz enzim aktivitesi analizlerini 20 ± 1 °C'de laboratuvar koşullarında değişik substrat konsantrasyonlarında (%3, %6, %9, %12, %15, %18, %21, %24, %27, %30 H₂O₂) yapmıştır. Araştırmacı, tuz konsantrasyonu yüksek toprakta katalaz enziminin kinetik parametresi olan Km değerini yüksek, Vmax değerini düşük olarak bulmuştur. Bununla birlikte, reaksiyon hızının %24 substrat konsantrasyonunda artış gösterdiğini ve stabil kaldığını bildirmiştir.

Tavalı (2011) farklı dozlarda uygulanan vermikompost ve çiftlik gübresinin toprağın enzim aktivitesi ve toprak canlı varlığı üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada deneme saksılarına toprak ve gübre karışımı eklenmiş, nemlendirilmiş ve 16 haftalık inkubasyonda bekletilmiştir. Çalışma sonucunda 1 t/da vermikompost uygulanan toprakların elektriksel iletkenlik değerlerinin haftalara bağlı olarak değiştiğini, ancak 1 t/da çiftlik gübresi uygulanan toprakların elektriksel iletkenlik değerlerinin sabit kaldığı görülmüştür.

Tamer (2011) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, toprak iyileştirme çalışmalarında kullanılan organik toprak düzenleyicilerinin toprak bileşenleri üzerine, enzim miktarlarına ve buğdayın verim ve kalitesine etkileri araştırılmıştır. Araştırmacı organik toprak düzenleyicilerinin etkisinin nanopartikül uygulamaları ile birlikte uygulandığında daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir.

Zhang vd. (2009) tarafından yapılan, Çin'in kuzeydoğusundaki Jilin Eyaletinde phaeozem tipi toprak kullanarak uzun vadeli (28 yıllık) saha deneyinde, oksidoredüktaz aktivitesi ve kinetik parametrelerin üzerinde dengeli ve besin eksikliği olan gübrelemenin etkisi araştırılmış ve kontrol (CK) grubu ile karşılaştırılmıştır. Besin elementi eksik gübrelemenin (P eksikliği hariç) toprağın toplam karbon içeriği ve dehidrogenaz aktivitesini önemli ölçüde artırdığını ancak enzimin Vmax'ı üzerinde daha

az etkiye sahip olduğunu, toprak katalaz aktivitesi ve Vmax'ın besin elementi eksik gübreleme koşullarından daha az etkilendiği bildirmiştir.

Purev vd. (2012) yayınladıkları bir çalışma ile üç farklı toprak tipinde insan etkisinin toprak derinlikleri ile (0-7,5; 7,5-15; 15-25 cm) katalaz, proteaz ve üreaz aktivitesine olan etkisini araştırmıştır. Tüm toprak örneklerinde en yüksek enzimatik aktivite toprak yüzeyinden 0-15 cm derinlikte tespit edilmiştir. Bununla birlikte insan etkisine maruz kalan tüm toprak numunelerinde enzim faaliyetlerinin, insan etkilerine maruz kalmayan numunelere kıyasla ve toprak derinliğinin artmasıyla daha hızlı bir şekilde azaldığı vurgulanmıştır.

Ekberli ve Kars (2012) yayınladıkları bir çalışmada killi ve kumlu topraklarda artan oranlarda 2,4-Diklorofenoksiasetik asit ilaç uygulamasının toprak katalaz enzim aktivitesi ve çeşitli reaksiyonların kinetik parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Topraklara artan oranlarda uygulanan 2,4-Diklorofenoksiasetik asitin katalaz aktiviteleri üzerine etkisinin olmadığı bulunmuştur. Ancak çeşitli reaksiyon süreleri ile katalaz enzim aktivitesinin değiştiği belirtilmiştir.

Mikrobiyal aktivite ile toprak verimliliği arasındaki ilişkinin araştırıldığı Amik Ovası'nın Paşaköy, Bağlama, Aktaş, Akkerpiç, Kangallar olmak üzere 5 toprak serisinde, toprağın mikrobiyal aktivitesini tespit etmek için alınan toprak örneklerinin, CO₂ üretimi ve Dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA) tayinleri yapılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre en yüksek CO₂ ve DHA değerleri sırası ile 19.20 mg CO₂ 100 gkt/24sa ve 164.60 mg TPF 10 gkt/24sa olarak Akkerpiç seri topraklarında, en düşük değerler ise sırası ile 13.10 mg CO₂ 100 gkt/24sa ve 59.80 µg TPF 10 gkt/24sa olarak Paşaköy serisine ait topraklarda belirlemiştir (Doğan 2016).

Wang vd. (2016b) Çin'in Pekin eyaletine bağlı Yanging şehrinde yapılan *Pinus tabulaeformis* (Carrière)'in dikimlerinden sonra farklı yıllarda yapılan seyreltme işlemlerinin invertaz, üreaz, katalaz ve fenol oksidaz aktivitelerinin değişimi üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırmacılar invertaz ve üreazın seyreltme ile birlikte zamanla önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte katalaz aktivitesi 24 yıl geçmiş

seyreltmede en yüksek miktarda belirlenmiş ve 32-40 yıllık seyreltme arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulamamışlardır. Seyretlmenin yapıldığı mevsim dönemleri karşılaştırıldığında yaz aylarında maksimum invertaz, üreaz, katalaz ve fenol oksidaz aktiviteleri meydana geldiği belirlenmiştir. Sonbaharda ise daha düşük enzim aktiviteleri kaydedilmiştir. Ayrıca araştırmacılar, invertaz ile üreaz, katalaz ile fenol oksidazın birbirleriyle pozitif korelasyon gösterdiğini bildirmiştir. Çalışmada, çoğu toprak enzim aktivitesinin 10-20 cm derinliğe göre 0-10 cm' de daha yüksek olduğu, seyreltme ile birlikte toprak derinliği arasındaki farklılıkların azaldığını vurgulamıştır.

Özdemir vd. (2018) bir aylık inkübasyon dönemi sonucunda asidik, nötr ve alkalın topraklara verilen çeltik kompostu, çöp kompostu ve tütün işleme atığının dehidrogenaz enzim aktivitelerini artırdığını bulmuşlardır. Ayrıca yapılan incelemelerde, asidik reaksiyonlu topraklarda tütün işleme atığının, alkalın reaksiyonlu toprakta ise çöp kompostunun daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Dehidrogenaz aktivitesi, artan oranlarda kompostların kullanılmasıyla asitli topraklarda arttığı, ancak artan oranlarda kompostların kullanılmasıyla alkalın ve nötr topraklarda azaldığı görülmüştür.

Zhang vd. (2020) yayınladıkları bir çalışmada, farklı su baskını seviyelerine sahip üç çeşit sulak alanda; uzun süreli sel (CEW), mevsimsel taşkın (PAW) ve nadiren su basmış (DMW) toprak enzim faaliyetlerinin farklılıklarını araştırmışlardır. Mikrobiyal biyokütle karbonu ile toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmış ve bu özellikler ile enzim aktiviteleri (toprak sükröz, katalaz, amilaz ve üreaz) arasındaki korelasyonu belirlemiştir. DMW ve PAW arasında katalaz aktivitesinde önemli bir fark bulunmadığı, ancak CEW'deki toprak derinliğinin artmasıyla katalaz aktivitesinin azaldığını vurgulamışlardır. Bununla birlikte araştırmacılar taşkın koşullarının olduğu üç sulak alan arasında üreaz aktivitesinde önemli bir fark olmadığını ifade etmiştir (Zhang vd. 2020).

Ellen vd. (1999) yaptıkları bir çalışmada, şeker pancarı, patates, kış buğdayı, baharlık arpa, yoncadan oluşan ürün rotasyonunda toprak, çiftlik gübresi ve çeşitli gübre gruplarıyla gübrelenmiştir. Araştırmacılar, deneme alanlarında her yıl inorganik gübre kullanmışlar ve her iki yılda bir çiftlik gübresi uygulaması yapmışlardır. Çiftlik gübresi

uygulamaları, toprağın mikrobiyal biyokütle, N-mineralizasyonu, üreaz, arginin deaminaz ve alkalın fosfataz aktivitesini artırırken, ek NPK gübrelemesinin etkisi test edilen enzime bağılı olarak artmıştır.

Klose ve Tabatabai (2000) farklı ekim nöbeti (mısır, soya fasulyesi, yulaf veya yonca) ve N gübrelemesinin toprak üreaz aktivitesine etkisini araştırdıkları bir çalışmada üreaz aktivitesinin N uygulamasından etkilenmediğini ancak bitki çeşidine bağılı olarak önemli değişimler gösterdiğini belirtmiştir. Genel olarak 4 yıllık mısır-yonca ekim nöbeti altında üreaz aktivitesinin sürekli mısır yetiştirilen koşula göre önemli düzeyde yüksek olduğunu belirtmiştir.

Balota vd. (2004) yayınladıkları bir çalışmada toprak işlemez ve geleneksel tarım uygulanan arazilerde rotasyonunun (soya fasulyesi/buğday, S/W; mısır/buğday, M/W veya pamuk/buğday uygulanması halinde toprak enzim aktivitelerindeki değişimi incelemişlerdir. Araştırmacılar toprak işlemez tarımda 0-5 cm'lik katmanda, amilaz için %68, selüloz için %90, arilsülfataz için %219, asit fosfataz için %46 ve alkalın fosfataz için %61 artış kaydetmiştir.

Göçmez (2006) İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Atıksu Arıtma Tesisinden stabilize edilmiş arıtma çamurunu 1, 2, 3, 4 ve 5 t da⁻¹ olmak üzere 5 farklı dozda alüvyal bir toprağa uygulamıştır. Buğday-pamuk ürün rotasyonu uygulaması yapılan tarımsal alandan 2 yıl süreyle düzenli aralıklarla toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örnekleri incelendiğinde arıtma çamuru uygulamalarının toprakta bulunan canlı kütlelerini, karbon miktarını, karbondioksit oluşumunu, azot mineralizasyonunu, dehidrogenaz, alkalın fosfataz ve β-glikozidaz seviyelerini artırdığı bulunmuştur. Bununla birlikte uygulamaların üreaz aktivitesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı bildirilmiştir.

Çelik (2011) yaptığı çalışmasında, toprağın biyolojik yapısı üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırmacı, üreaz ve katalaz enzim aktiviteleri ile birlikte karbondioksit salınımı (CO₂ üretim), toplam bakteri, mantar, aktinomiset sayısı gibi biyolojik, kireç. (%), organik madde. (%), pH, EC, Na, K, Ca, Mg, NH₄-N, NO₃-N, yarayıklı P₂O₅,

ayrıca Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Pb ve Al. konsantrasyonu gibi kimyasal; kil, silt ve kum (%) içeriği gibi fiziksel özelliklerini belirlemiştir. Toprağın biyolojik özellikleri ile toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Araştırma sonucunda üreaz enzimi ile silt, mangan, kurşun, azot arasında, katalaz enzimi ile de elektriksel iletkenlik, silt, kalsiyum, mangan, kobalt, molibden, kadmiyum ve karbondioksit arasında önemli ilişkiler olduğunu ifade etmiştir.

Çelik (2011) öte yandan, üreaz enzim aktivitesi ile toprak organik maddesi arasında ve katalaz enzim aktivitesi ile kum, kireç ve Fe arasında istatistiksel açıdan negatif yönde önemli düzeyde ilişki bulmuştur. Araştırmacı karbondioksit salınımı (CO₂ üretim) ile elektriksel iletkenlik, silt, organik madde ve bazı elementler (kalsiyum, kobalt, mangan, kadmiyum, nikel, kurşun, selenyum) arasında ve karbon ile elektriksel iletkenlik arasında pozitif yönde ilişki olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca karbondioksit salınımı (CO₂ üretim) ile kireç, kum, demir ve çinko arasında, mikrobiyal karbon ile pH, Fe, Cu, Zn arasında negatif yönde bir ilişki olduğunu açıklamıştır.

Jiang vd. (2017) üç farklı yabancı ot mücadelesi yönetiminin, toprak mikrobiyal çeşitliliği, popülasyon yapısı ve toprakta aktif organik madde, pH ile ilişkisi ve sükras, katalaz, üreaz gibi toprak enzimlerinin aktivitesi üzerine Güneydoğu Çin'de (2006-2014) bir çalışma yapmıştır. Çalışma kapsamında soya fasulyesi ile fıstık ürünlerinin rotasyon uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar, katalaz, üreaz ve sükras aktivitelerinin, ilk örnekleme zamanında herbisit, elle ayıklama ve muamelelerin önemli bir fark göstermediğini bildirmiştir. İkinci örnekleme zamanında, katalaz enzim aktivitesi, herbisit ve elle mücadele yönteminde yabancı ota mücadele edilmeyen yöntemle karşılaştırıldığında önemli ölçüde arttığını, toprak üreaz aktivitesinin, herbisit ve yabancı ota mücadele edilmeyen yöntemle karşılaştırıldığında elle mücadelede önemli ölçüde azalırken, sükras aktivitesinin ise, tüm yönetimlerde önemli bir değişiklik göstermediğini kaydetmiştir.

Küçük ve Cevheri (2017) Şanlıurfa'da yaptıkları bir çalışmada üreaz, katalaz, dehidrogenaz, alkalın fosfataz, β -glukosidaz enzim aktivitelerinin mısır tarımı yapılan arazilerdeki değişimlerini incelemiştir. Üreaz aktivitesinin en yüksek olduğu bölgenin

Seferköy, en düşük olduğu bölgenin ise Acıkuyu olduğu bildirilmiştir. Katalaz enzim aktivitesinin ise en yüksek Akbilek bölgesinde, en düşük ise Meydankapı'da belirlendiği bildirilmiştir.

Kuşcu vd. (2018) üreaz, katalaz enzimleri, kalsiyum, demir, çinko, bakır, manganez, besin elementleri, toplam azot, fosfor ve farklı amaçlarla (tarım, orman ve mera) kullanılan topraklarda değiştirilebilir potasyum arasındaki ilişkileri araştırmıştır. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde, derinlik faktörünün sadece katalaz enzim aktivitesi ve Zn üzerinde etkili olduğunu, toprak kullanımının sadece katalaz enzim aktivitesi ve üreaz enzim aktivitesi ile mikro besin elementlerinden Ca ve Zn üzerinde etkili olduğunu vurgulamıştır.

Kop Durmuş vd. (2020) sera koşullarında yapmış oldukları bir çalışmada farklı pH değerlerindeki topraklara organik atıkların uygulanmasıyla topraktaki üreaz enzim aktivitesi ile bazı toprak parametreleri arasındaki ilişkiyi belirlemiştir. Araştırmacılar, asit, nötr ve alkali olmak üzere üç farklı pH değerine sahip topraklarda organik düzenleyici olarak tütün işleme atığı, çeltik kavuzu kompostu ve çöp kompostu olmak üzere dört farklı dozda (%0, %2.5, %5.0 ve %7.5) uygulamıştır. Araştırmanın sonucuna göre, en yüksek üreaz enzim aktivitesinin asit özelliği sergileyen topraklarda %5 tütün işleme atığı uygulaması ile, nötr durumdaki pH'lı toprakta %7.5 çöp kompostu uygulamasında, alkali pH'ya sahip toprakta ise %7.5 tütün işleme atığı uygulamasında ulaşıldığını rapor etmiştir. Toprak analiz sonuçları değerlendirildiğinde üreaz enzim aktivitesi ile toprağın pH, EC, organik madde ve kireç içeriklerinin birbirleriyle olan ilişkilerinin istatistiksel açıdan önemli olduğunu vurgulamıştır.

2.3 Ürün Rotasyonu Uygulamaları

Tarımsal üretim nedeniyle ortaya çıkan çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi sorunların azaltılması ve gelecek nesillerin gıda ihtiyacını da riske atmadan tarımsal üretime devam edilebilmesi için sürdürülebilir tarım politikaları gündeme gelmektedir.

Dişbudak (2008)'a göre; yabancı ot, bitki hastalık ve zararlılarının neden olduğu sorunları da azaltan ürün rotasyonu uygulamalarıyla toprağa alternatif azot kaynağı sağlanması sürdürülebilir tarımı kapsayan konulardan biridir. O'Connell (1992)'e göre ise doğal veya sentetik girdilerin insanlara, hayvanlara veya çevreye en az zarar verecek şekilde kullanılması sürdürülebilir tarım için önemlidir.

Ancak mevcut ekilebilir tarım arazilerinde çok fazla kimyasal içerikli ilaçların kullanımı, yetersiz ürün rotasyonu ve yüksek azot girdileri ile ürün ve kalitenin artırılacağı düşüncesi hakimdir. Bu nedenle de bu uygulanan yöntemlerin çevreye zararı büyüktür (Wijnands 1997).

Mono kültür tarımın tarımsal üretimde verim azalışına sebebiyet verdiği bilinmektedir. Sürekli mono kültür ekim, toprak mikrobiyal topluluğunu değiştirir, toprak anormallikleri üretir yani; besinleri tüketir, toprağın fiziksel özelliklerini bozar ve bitki toksinlerinin birikmesine neden olur (Nie vd. 2007). Bu durumun aşılmasında başvurulan yöntemlerden biri de ürün rotasyonudur. Ürün rotasyonu, yüzyıllardır tanınan ve bilinen evrensel bir toprak yönetim uygulaması olup, ürün verimini artıran kanıtlanmış bir süreçtir (Bhowmik ve Doll 1982, Fahad vd. 1982, Baird ve Benard, 1984, Dabney vd. 1988, Peterson ve Varvel 1989).

Ürün rotasyonunun toprak agregasını iyileştirdiği (Rosenzweig vd. 2018) ve toprak organik karbon içeriğini artırdığı bilinmektedir. Tahıl ekilen alanlarda ürün rotasyonunun toprak enzim aktivitelerini artırdığı (Martínez vd. 2007), yine enzim aktivitelerinin besin dinamiği ve toprak organik karbonu ve kullanılabilir azot ile ilişkilili olduğu kaydedilmiştir (Akhtar vd. 2018). Dick (1994) ve Arcak vd. (1999)'nın bildirdiği şekilde uzun süreli arazi çalışmalarında ürün rotasyonu, hayvan gübresi veya yeşil gübre ilavesi gibi yüksek karbon girdisine neden olan veya minimum toprak işleme gibi karbon girdisini koruyan ürün sistemlerinin toprakta enzim aktivitesini arttırdığını ortaya koymuştur.

Baklagiller ve tahıl bitkileri dönüşümlü olarak uygulandığında organik madde içeriğini artırdığı görülmektedir. Baklagiller ve çayır karışımı sadece havadan N₂ fiksasyonunda önemli bir role sahip olmakla kalmaz, aynı zamanda toprak erozyon kayıplarını

önleyerek ve kök içeren kalıntıları toprağa geri katarak toprak organik maddesini ve besin döngüsünü de geliştirir. Baklagillerin dahil olduğu ürün rotasyonları, toprak verimliliğini sürdürmek için ideal yöntemler olarak kabul edilmiştir (Izaurrealde vd. 1995, Liu 2006).

2.4 Ürün Rotasyonu Uygulamalarının Topraktaki Enzimler ve Toprağın Fiziksel-Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri ile İlgili Kaynak Özetleri

Kabana ve Truelove (1982) ABD'nin güneydoğusundaki 3 yıllık ürün rotasyonun katalaz aktivitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar ürün rotasyonu olarak mısır (*Zea mays* L.)-kış buğdayı (*Triticum aestivum* L.)- pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) ve soya fasulyesini (*Glycine max* (L.) Merr.) belirlemişlerdir. Pamuk hasadından sonra, yeşil bir gübre olarak sürülen adi fiğ (*Vicia sativa* L.) ve kırmızı yonca (*Trifolium incarnatum* Gibelli & Belli) karışımını ekmiştir. Araştırmacılar, en yüksek ortalama katalaz aktivitelerini buğday, soya fasulyesi ve kışlık baklagillerin yetiştirildiği toprakta kaydetmiştir. Bununla birlikte en düşük aktivitelerini mısır ve pamuk ekilen topraklarda ve nadas döneminde görüldüğü rapor edilmiştir. Gübreleme rejiminin, üründen bağımsız olarak toprak katalaz aktivitesini etkilediği ve ana elementlerden herhangi birinin eksik olduğu toprağın düşük enzim aktivitesi gösterdiği bildirilmiştir. En yüksek aktivite, P ve K ile gübrenilmiş toprakta ve kış boyunca baklagil mahsulünce sağlanan N sayesinde sağlanmıştır. Bu rejime ek mineral azot eklenmesinin katalaz aktivitesini düşürdüğü rapor edilmiştir. Araştırmacılar, kışlık baklagil mahsulünün, tam bir gübreleme rejiminden çıkarılmasının, enzim aktivitesinde büyük bir azalmaya neden olduğunu vurgulamışlardır. Tam gübreleme rejimi uygulanan toprakta katalaz ve ksilanaz aktiviteleri arasında yakın bir ilişki bulunurken, eksik gübreleme yapılan toprakta bulunamamıştır.

Liu (2006) yaptığı doktora çalışmasında iki aşamalı iç içe geçmiş deneysel bir tasarım kullanarak ürün rotasyonunu, üç farklı yem seviyesi altında (0, 1 ve 2 yıllık), buğday/soya fasulyesi/arpa/patates, buğday/arpa/yem/patates ve buğday/yem/yem/patates münavebelerinde ve üç farklı gübreleme sisteminde (kompostlaşmış kümes hayvanı gübresi, kompostlaşmış sığır gübresi ve yonca posası) topraktaki biyolojik ve

kimyasal değişimlerle birlikte ürün verimini incelemiştir. Araştırmacı, dördüncü yılın sonunda, toprak organik maddesinin tüm denemeler arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiğini bildirmiştir. Yonca küspesinin, toprak mikrobiyal biyokütle karbonu üzerinde daha büyük olumlu bir etkiye sahip olduğu ve iki farklı kompostla karşılaştırıldığında daha fazla mineral N salgıladığı vurgulanmıştır. Kümes hayvanları ve sığır gübreleri kompostlarının ilaveleri yoluyla toprak P₂O₅ ve K₂O seviyelerinin önemli ölçüde arttığı saptanmıştır. Yem rotasyonlarındaki olası haşere istilası nedeniyle bitkilerin N alımında önemli ölçüde değişiklik gözlemlenmemiş ve bitki P ve K alımı ile yumru verimi, başlangıçta 1 yıllık yem rotasyonuna göre önemli ölçüde yüksek bulunmuş ve en yüksek değere sığır gübresi ulaşılmıştır.

Lu vd. (2018) tarafından kısa dönem ürün rotasyon sistemi (STCR-4 yıllık) ile uzun dönem ürün rotasyon (LTCR-30 yıllık) işlemleri yapılan çalışmada, STCR ve LTCR çeltik-çeltik-nadas, çeltik-çeltik-kolza rotasyon uygulamalarını aynı toprak tipi ve işleme sistemi altında karşılaştırılmıştır. Topraktaki ekosistem mekanizmalarını ve uzun dönem ürün rotasyonunu takiben çeltik verimi üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak için, farklı ürün rotasyonu ve rotasyon sürelerine bağlı olarak toprakların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini analiz edilmiştir. Farklı STCR rotasyon uygulamaları arasında toprak enzim aktivitelerinde önemli bir fark bulunmamıştır. Bununla birlikte uzun dönem çeltik-çeltik-kolza uygulanan topraklarda katalaz ve asit fosfomonoesteraz aktiviteleri, uzun dönem “çeltik-çeltik-nadas” uygulamalarına kıyasla önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur. Bunun yanı sıra; kısa dönem “çeltik-çeltik-nadas” ve “çeltik-çeltik-kolza” ile karşılaştırıldığında, toprak asit fosfomonoesteraz ve selülaz enzim aktivitelerinin, uzun dönem uygulamalarına göre önemli ölçüde arttığı ve toprak asit fosfomonoesteraz aktivitesinin %10–21, selülaz aktivitesinin ise sırasıyla %290 ve %271 oranında arttığı belirlenmiştir.

Çalışma sonuçları dikkate alındığında, uzun dönem ürün rotasyonunun toprak kalitesini ve çeltik verimini önemli ölçüde artırabileceği ve rotasyon süresinin uzunluğunun ve çeltik-çeltik-kolza rotasyonunun yeşil tarımın gelişmesi için kritik faktörler arasında olabileceği vurgulanmıştır (Lu vd. 2018).

Nadimi-Goki vd. (2018) tarafından İtalya'nın Veneto bölgesinde yapılan bir çalışmada dört farklı ürün rotasyon sisteminin (çeltik-çeltik-çeltik, soya-çeltik-çeltik, nadas-çeltik ve bezelye-soya-çeltik) altı önemli toprak enzim aktivitesi üzerine etkileri izlemiştir. Sonuçlar incelendiğinde, arazide nemli toprak koşulları ile karşılaştırıldığında, drenaj uygulanan alanlarda neredeyse tüm rotasyonlarda β -glukozidaz, arilsülfataz, alkalın ve asit fosfomonoesteraz, lösin aminopeptidaz ve kitinaz aktivitelerinde önemli bir artışa neden olduğu bildirilmiştir.

Vinther vd. (2004) yaptıkları bir çalışmada, ürün rotasyonu ve yeşil gübre bitkileri ile birlikte arazinin mikrobiyal biyokütle, N_2O emisyonu ve enzim aktiviteleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmacılar, substrat kaynaklı solunum (SIR), flüoresein diasetat FDA'nın hidrolizi, arilsülfataz aktivitesi (ASA), N mineralizasyon, N_2O emisyonu ve toprak solunumu değerlerini incelemiştir. Ara ürün ve yeşil yem bitkilerinin kullanıldığı ürün rotasyonlarında tüm parametrelerde yüksek değerler elde edilmiş iken, ara ürün ve yeşil yem bitkilerinin kullanılmadığı ürün rotasyonlarında daha düşük değerler kaydedilmiştir.

Yunchen vd. (2009) buğday mısır rotasyonunda iki farklı organik gübrenin toprak özellikleri ve ürün verimi üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmacılar, kimyasal gübre (M+NP) ile kombine edilmiş çiftlik gübresinin, kimyasal gübre ile kombine edilmiş saman gübresine kıyasla SOC, kullanılabilir-N, kullanılabilir-P, proteaz, üreaz ve alkalın-fosfataz aktivitelerinin daha yüksek oranda olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte; saman gübresinin, çiftlik gübresine göre daha yüksek seviyelerde potansiyel toprak solunumuna, toprak su tutma kapasitesine, mikrobiyal biyokütle, toprak gözenekliliğine, invertaz ile katalaz aktivitesine ve daha düşük yığın yoğunluğuna sahip olduğu kaydedilmiştir.

Huang vd. (2010) kültür mantarı kalıntılarının (FR) çeltik buğday rotasyonunda toprak enzim aktiviteleri ve gübreleme dinamiği üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmacılar kimyasal gübreler ile birlikte mantar kalıntılarını %30, 70, 100 ve 150 oranında karıştırarak uygulamış, CF uygulamalarına göre %100 FR ve %150 FR uygulamalarının, CF uygulamalarına göre daha yüksek düzeyde toprak organik

maddesi, N, P, K, invertaz, üreaz, nötr-fosfataz, katalaz aktivitesi ve N kullanım verimliliğindeki artışla birlikte ve ürün veriminin de arttığını bildirmiştir.

Guan vd. (2011) yaptıkları çalışmada, N gübresinin azaltılması ve organik gübre ikamesi dahil olmak üzere N gübreleme yöntemlerinin ürün verimi, besin alımı, toprak enzim aktivitesi ve mikrop sayısı ile çeşitlilik üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla çeltik-buğday rotasyonunu kullanarak iki yıllık tarla denemeleri yürütmüştür. Araştırmacılar, yerel çiftçilerin geleneksel N gübre dozunun %20 azaltılması halinde mahsul verimi, N alımı, toprak enzim aktivitesi ve mikrop sayısının (bakteri, aktinomisetler ve mantarlar) önemli ölçüde değişmediğini bildirmiştir. N gübresinin %20 azaltılması ve N gübresinin organik gübre ile %50 oranında değiştirilmesi sükröz, proteaz, üreaz ve fosfataz aktivitelerinin sırasıyla %46-62, 27-89, 33-46 ve 35-74 artırdığı kaydedilmiştir.

Ergül (2011) yaptığı doktora çalışmasında; on yıllık bir süreçte, kuru tarım koşullarında farklı toprak işleme yöntemleri ve ürün rotasyonu uygulamalarının buğday verimi., bazı toprak fiziksel özellikleri, su bütçesi. ve su kullanım etkinliğine etkisini incelemiştir. Çalışmada kullanılan topraklar işlenmiş ve işlenmemiş olarak ikiye ayrılan alanlara nadas-buğday, mercimek-buğday ve sürekli buğday ürün rotasyonları uygulanmıştır. Toğrağa düşen yağış miktarının az olduğu dönemlerde hem toprak işlenmesi yapılan hemde nadas-buğday ürün rotasyonu uygulamasının, toprak işlenmeyen ve farklı ürün rotasyonu uygulanan topraklara göre daha fazla buğday verimi elde edilmiştir. 2008/2009 yılında normal yağışlı bir dönemdeki buğday veriminin, toprak işlenmesiz. nadas-buğday ile toprak işlenmeli ve işlenmesiz mercimek-buğday ekim nöbetinde artarken, yabancı ot sorunu nedeniyle toprak işlenmesiz buğday-buğday ürün rotasyonunda verim düşüklüğü tespit edilmiştir.

Yan vd. (2012) yaptıkları bir saksı denemesinde soya fasulyesi-soya fasulyesi, soya fasulyesi-mısır, soya fasulyesi-mısır soya fasulyesi, mısır-soya fasulyesi, mısır-mısır ve mısır soya fasulyesi-mısır karışımı şeklinde gerçekleştirdikleri ürün rotasyonlarının, rizosfer toprağında üreaz, katalaz, polifenol oksidaz ve invertaz aktiviteleri ile mikrobiyal biyokütle karbon ve azot üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Araştırmacılar

katalaz ve inertaz aktivitelerinin mısır-mısır uygulamasında en yüksek olduğunu, bununla birlikte üreaz aktivitelerinde hiçbir toprakta değişimin önemli düzeyde olmadığını bildirmiştir.

Hontoria vd. (2019), mısırın (*Zea mays* L.) ürün rotasyonu içerisinde kışın nadas ve arpa (*Hordeumvulgare* L.) veya fiğ (*Vicia sativa* L.) ile değiştirilmesinin etkisini test etmek için Orta İspanya'da bir tarla denemesi yürütmüştür. Araştırmacılar Illumina teknolojisini kullanarak, 10 yıllık ürün rotasyonunda, köklerde ve rizosfer toprağında arbuscular mikorizal mantarların miktarını belirlemeye çalışmıştır. Nadas uygulamasının yapıldığı ürün rotasyonunda toprak mikrobiyal biyokütle karbon, β -glikozidaz ve üreaz aktiviteleri ve suda çözünür karbonhidrat değerleri en düşük düzeyde olduğu görülmüştür.

Hai vd. (2014) ürün rotasyonunda bitki artıklarının toprak yönetim sistemine dahil edilmesinin, toprak kalitesinin iyileştirilmesi, enzim aktiviteleri ve mikrobiyal toprak topluluğu üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Çalışmada kışlık yem bitkilerinin, çift sefer ürün olarak yetiştirilen çeltik (*Oryza sativa* L.) sistemi ile birleştirilmesinin Güney Çin tarlalarındaki toprak enzim aktiviteleri ve mikrobiyal topluluk üzerindeki etkileri incelenmiştir. Dört farklı ürün rotasyonu içerisinde örtü bitkilerini sistem içerisinde kullanmışlardır. Ürün rotasyonunda çeltik-çeltik-çavdar otu (*Lolium multiflorum* L.) (RR-Ry), çeltik-çeltik-fiğ (*Astragalus sinicus* L.) (RR-Mv), çeltik-çeltik-kolza (*Brassica napus* L.) (RR-Ra) ve çeltik-çeltik-nadas (RR-Fa) uygulamaları yapılmıştır. Araştırmacılar, çeltik sezonunun başlarında ve sonlarında R-R-Ry, R-R-Mv ve R-R-Ra sistemlerindeki enzim aktivitelerinin R-R-Fa sisteminden önemli ölçüde daha yüksek olduğunu saptamıştır. Bu nedenle, kış örtüsü bitkilerinin rotasyonlara dahil edilmesinin, topraktaki enzim aktivitelerini ve mikrobiyal topluluğu artırabileceği ve dolayısıyla toprak kalitesinin iyileştirebilir olduğunu vurgulamıştır.

Zhang vd. (2014) yaptıkları bir çalışmada toprak işleme ve ürün rotasyonunun kısa vadeli (2 yıl) etkisinin killi tınlı bir toprağın mikrobiyal topluluk yapısı ve enzim aktiviteleri üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Çalışma kapsamında, iki farklı toprak

işleme (sırtta işleme ve işlemez) yönteminde iki farklı ürün rotasyonu [mono kültür mısır (*Zea mays* L.) ve 2 yıllık mısır-soya fasulyesi (*Glycine max* L.)] uygulanmıştır. Araştırmacılar işleme yapılmayan topraklarda proteaz, glukozaminidaz ve β -glukozidaz enzimlerinde daha yüksek aktivitelerin görüldüğünü bildirmişlerdir. Bununla birlikte ürün rotasyonunun, toprak bakteri toplulukları ve enzim aktiviteleri üzerinde çok az etkiye sahip olduğu kaydedilmiştir.

Tabyehzad (2015) yaptığı doktora çalışmasında, buğday-mısır ikili ürün rotasyonu uygulamasında farklı toprak işleme uygulamalarının toprağın çeşitli özellikleri ve verimi üzerine etkisini araştırmıştır. Dört ürün sezonunda yürütülen denemelerde toprak işleme yöntemleri olarak dip kazan, kazayağı, pulluk ve çizel ana parsellerde, rotivatör ve diskaro yöntemleri ise alt parsellerde kullanılmıştır. Araştırmacı, farklı işleme uygulamalarının toprağın çeşitli özelliklerini etkilediği sonucuna varmıştır. Özellikle de dipkazan uygulamasının buğday ve mısırdaki tane verimini ve biyo kütleli artırdığı tespit etmişlerdir.

Dou vd. (2016) Texas/Amerika'da yaptıkları bir çalışmada subtropikal mono kültür ürün rotasyonu ve gübrelemenin toprak enzim aktiviteleri ve toprak C, N ve P seviyeleri üzerindeki uzun vadeli etkilerini araştırmıştır. Ürün rotasyonu arasında sürekli sorgum (*Sorghum bicolor* L.), pamuk (*Gossypium hirsutum* L.), mısırın (*Zea mays* L.) uzun dönem (26 yıl) uygulamadan sonra pamuk/sorgum deneme parselleri oluşturmuştur. Sürekli pamuk ekilen alanlara göre sürekli sorgum ve sürekli mısır uygulamalarında topraklarında, sırasıyla %15 ve %11 daha yüksek C konsantrasyonlarına sahip olduğu belirlenmiştir. 0-7,5 cm'deki organik C miktarı, 7,5-15 cm'ye göre %10 daha yüksek oranda bulunmuştur. Toplam N, organik C'nun toprak derinliği ile benzer eğilimler göstermiştir. Gübrelemeyle birlikte, sürekli pamuk uygulamasında 0-7,5 cm'de en yüksek toplam P değeri gözlenmiş ve sorgum uygulaması ile 7,5-15 cm'de en yüksek değere ulaşılmıştır.

Arilsülfataz, alkalın fosfataz ve β -D-glikozidaz aktivitesinin, sorgumda en yüksek, pamukta ise en düşük olduğu belirlenmiştir. Rotasyonun, sürekli pamuğa kıyasla enzim aktivitelerini artırdığı bildirilmiştir. Tüm ürün türleri ve rotasyonlar arasında, 26 yıl

sonra organik madde ve enzim aktivitelerinin en düşük olduğu uygulama sürekli pamuk olarak rapor edilmiştir. Gübrelemenin, tüm ürün sistemlerinde verimi önemli ölçüde artırdığı, ancak rotasyonun her ikisinde de önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir (Dou vd. 2016) .

Ma vd. (2016) yaptıkları bir çalışmada; mısırdan N ve P beslenmesini ve bunların rotasyon sistemi içerisindeki değişimini, N uygulama oranı ve hibrit mısırdan etkilenen ilişkilerini incelemek amacıyla üç yıllık ürün rotasyon denemesi yürütmüştür. Çalışmada, azot gübrelemeleri (0, 50, 100 ve 150 kg N ha⁻¹) ile ürün rotasyonları (mısır-yonca, mısır-soya fasulyesi ve sürekli mısır) konuları incelenmiştir. Çalışma sonuçlarında dane verimini artırılmasına sırasıyla mısır-yonca, mısır-soya fasulyesi ve sürekli mısır ürün rotasyonlarının etkili olduğu açıklanmıştır.

Yang vd. (2016), karpuz üretiminde yeşil sarımsak rotasyonu ile birlikte sığır gübresi uygulamasının toprak biyolojik ve kimyasal değişimleri üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırma kapsamında topraktaki üreaz, katalaz, invertaz, alkalın fosfataz, proteaz ve polifenol oksidaz aktiviteleri incelenmiştir. Karpuz/sarımsak rotasyonu ve sığır gübresi bağımsız veya kombine uygulamalarının toprakta enzim aktivitesi seviyelerini (proteaz, üreaz, katalaz, invertaz, polifenol oksidaz ve alkalın fosfataz) önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir. Araştırmacılar genel olarak yeşil sarımsak rotasyonunda sığır gübresi ilavesinin mono kültür tarım uygulamalarının negatif etkilerini azalttığını, ürün verimini ve kalitesini artırdığını, ayrıca toprak ve bitki sağlığına olumlu katkıları olduğunu bildirmiştir.

Amira vd. (2017) iki ürün rotasyon sistemini test ettikleri deneysel çalışmalarını; (i) buğday-pancar-bakla fasulyesi-kolza-buğday (baklagil⁺) ve (ii) buğday-keten-buğday-pancar-buğday (baklagil⁻) olarak tasarlamıştır. Toprak örnekleri, buğday hasat zamanı Temmuz 2013'te 0–10 cm derinlikte işlenmiş parsellerden toplanmıştır. Çalışmada, toprak mikrobiyal biyokütle ve toprak enzimatik aktivitelerin (β -glikozidaz, selüloz, üreaz ve arilamidaz aktiviteleri) araştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde; bakla fasulyesinin toprak mikrobiyal toplulukları üzerinde orta vadeli olumlu etkileri olduğu, baklagilleri içeren yenilikçi rotasyonun, gram negatif bakterilerin bolluğunu teşvik

ettiği, yenilikçi rotasyonla enzim faaliyetleri ve karbon mineralizasyonunun arttığını, baklagillerin rotasyona dahil edilmesinin ile bakteri topluluklarının potansiyel çeşitliliğinin etkilediği bildirilmiştir. Bununla birlikte üreaz aktivitesinin, iki rotasyon arasında önemli ölçüde farklılık göstermediği rapor edilmiştir.

Kayıkçıoğlu vd. (2018) yaptıkları bir çalışmada Türkiye'nin batısındaki yarı kurak bir bölge olan İzmir'de, azaltılmış toprak işleme ve ürün rotasyonunun uygulandığı, üç yıllık tarla denemesi gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında; iki, üç ve dört farklı bitki türünü içeren çeşitlendirilmiş ön ekim ile altı farklı domates bazlı rotasyon ekim sistemlerinin [CR1 (domates/mısır/hardal); CR2 (domates/fasulye/hardal); CR3 (domates/mısır/buğday/hardal); CR4 (domates/fasulye/buğday/hardal); CR5 (domates/mısır/nadas); CR6 (domates/fasulye/nadas)] bazal toprak solunumu, azot mineralizasyonu, dehidrojenaz ve β -glikozidaz enzim aktiviteleri gibi toprak sağlığı parametreleri üzerindeki etkiyi değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, azaltılmış toprak işleme ile yönetilen iki farklı ürün yetiştirme sisteminin (CR4 ve CR2) toprak solunumunu, N-mineralizasyonunu, dehidrojenaz ve β -glikozidaz enzim faaliyetlerini iyileştirerek toprak sağlığına fayda sağlayabileceğini bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda, CR4 ürün rotasyonu ile Akdeniz iklim kuşağında domates yetiştiriciliğinde sulama ve gübreleme faaliyetlerinde kullanılan girdilerin azaldığı vurgulanmış ve domates yetiştiriciliğinde ekolojik ve sürdürülebilir bir ürün rotasyon modeli olarak önerilmiştir.

Gura ve Mnkeni (2019), Güney Afrika'da yaptıkları bir çalışmada ürün rotasyonlarının ve bitki artıkları yönetiminin etkilerini araştırmıştır. Ürün rotasyonları; mısır-nadas-mısır (MFM), mısır-nadas-soya fasulyesi (MFS); mısır-buğday-mısır (MWM) ve mısır-buğday-soya fasulyesi (MWS) olarak uygulanmıştır. Bitki artıklarının yönetimi kalıntı giderme (R-) ve kalıntı tutma (R+) olacak şekilde planlanmıştır. Araştırmacılar, toprak organik karbon (SOC), mikrobiyal biyokütle karbon (MBC), β - glikozidaz (BG) aktivitesi, ekstrakte edilebilir P ve K, toprak pH'ı, elektriksel iletkenlik (EC), yığın yoğunluğu (ρ_b) ve agrega stabilitesini (AGS) ölçmüşler ve toprak kalitesinin bir göstergesi olarak kullanılan SMAF (Soil Management Assessment Framework-Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi) toprak kalite indeksinin (SQI: Soil quality

index) hesaplanmasında kullanmıştır. Çalışmada, ürün rotasyonlarının mineral N, toprak solunumunu (CO₂-C) ve ayrıca mikro besinler Zn, Mn ve Cu' ı önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Bitki artıklarının tutma özelliğinin toprak organik C, mikrobiyal biyokütle C, toprak solunumu, mineral azot, ekstrakte edilebilir fosfor ve çeşitli elementleri (K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn) ile elektriksel iletkenliği olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir.

Sing vd. (2020) yayınladıkları bir çalışmada buğday-çeltik ürün sisteminin yoğun bir şekilde yetiştirilmesinin toprak sağlığına olan etkilerini azaltmak için farklı ürün rotasyonlarının etkisini incelemiştir. Hindistan'ın Hint-Gangeik ovalarında yürütülen çalışmada; farklı ürün rotasyonlarının [buğday-çeltik (WR), mercimek-çeltik (L-R), patates-maş fasulyesi-çeltik (P- Gg-R), hardal-çeltik (M-R) ve buğday-maş fasulyesi-inci darı (W-Gg-Pm)] mikrobiyal çeşitlilik, enzim aktivitesi, toprak kalitesi ve mahsul verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Farklı ürün sistemleri arasında, mikrobiyal biyokütle karbon (MBC), mikrobiyal biyokütle azot (MBN), dehidrojenaz aktivitesi (DHA), üreaz, asit fosfataz aktivitesi (ACP) ve alkalın fosfataz aktivitesi (ALP)'de önemli farklılıklar görüldüğü bildirilmiştir. W-Gg-Pm sisteminde en yüksek üreaz ve alkalın fosfataz aktivitesi belirlenmiştir. Bununla birlikte M-R sisteminde diğer ürün rotasyon sistemlerine kıyasla en düşük MBC, MBN, DHA, üreaz, ACP ve ALP aktivitesi kaydedilmiştir.

Sánchez vd. (2020) Cartagena/İspanya'da yaptıkları çalışmada, iki baklagil türünün (börülce ve bakla) iki ürün döngüsünden sonra geleneksel veya organik sistemler altında yetiştirilen ikinci ürünün (sırasıyla brokoli ve kavun) mahsul verimi ve kalitesi, toprak biyokütle karbon ve azot ile toprak enzim aktiviteleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada, mono kültür brokoli ve kavun ürünleri börülce-brokoli ile faba fasulyesi-kavun ürün rotasyonu ile karşılaştırılmıştır. Börülce-brokoli sisteminin, toprak organik C (SOC), N ve toprak enzim aktivitelerini faba fasulyesi-kavun çoklu ürününe göre önemli ölçüde daha fazla artırdığı bildirilmiştir. Bu sistemin, organik C birikiminde en yüksek oranda katkıda bulunduğu rapor edilmiştir. Öte yandan faba fasulyesi-kavun ekiminde, geleneksel yöntemde en yüksek toprak organik karbon değeri ile ürün verimine ulaşıldığı belirlenmiştir. Bakla kullanımının kavun kalitesini artırdığı ve

böylece organik gıda pazarında daha yüksek gelir elde etme olanağı sunduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte; brokoli ürün rotasyonunun kavun ile karşılaştırıldığında toprak enzim aktivitelerinden β -glikozidaz, dehidrojenaz, üreazda en yüksek pozitif değişimleri gösterdiği ve selüloz aktivitesinde ise daha düşük değerler sergilediği bildirilmiştir.

Rezgui vd. (2020) yaptıkları saha çalışmasında, seçilen iki çiftçi arazisinde, kışlık bezelye-buğday ve kolza-buğday ürün rotasyonlarını gübreleme ve gübreleme olmaksızın iki yıl boyunca denemiştir. Çalışmada; yılda üç kez mikrobiyal biyokütle ve enzim aktivitesi analizleri için 0–20 cm derinlikten, mineral ölçümü için ise yılda iki kez 0–60 cm derinlikten kompozit toprak örnekleri toplanmıştır. Araştırmacılar, kolza-buğday rotasyonunda topraktaki bakteri ve mantar biyokütellerinin ve enzim aktivitelerinin koruduğunu veya arttığını bildirmiştir. Kışlık bezelye-buğday ekim nöbetinde toprağın mineral N içeriğinin kolza-buğdaya göre daha tutarlı bir şekilde arttığı ve mineral N artış etkisinin buğday ürünü altında korunduğu vurgulanmıştır.

Huang vd. (2010) çeltik-çeltik-sebze (RRV) ile çeltik-çeltik-nadas (RRF) ürün rotasyonunun toprak verimliliği ve ekonomik getirisi üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmacılar RRV sisteminde, RRF sistemine göre getiri ve ekonomik gelirin önemli ölçüde arttığını, çoğu toprak besin içeriğinin, RRV' de RRF' ye göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu, toprak pH, SOC ve bazı toprak enzim aktivitelerinin RRV' de RRF' ye göre daha düşük olduğunu, bununla birlikte toprak özelliklerinin yıllık dinamiklerinin RRV' de RRF' ye göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Ayrıca araştırma sonuçlarına göre; topraktaki $\text{NO}_3\text{-N}$, kullanılabilir P, değiştirilebilir K, değiştirilebilir Fe, değiştirilebilir Cu ve asit fosfataz aktivitesi kış sezonunda RRV' de RRF' ye göre önemli ölçüde daha yüksek bulunmuş, buna karşın toprak pH' sı, toprak organik karbonu (SOC), çözünmüş organik karbon (DOC), değiştirilebilir Ca, değiştirilebilir Mg, katalaz, dehidrojenaz ve invertaz aktivitelerinin ise daha düşük olduğu vurgulanmıştır.

Yang vd. (2020) darı, fasulye ve karabuğdayın mono kültür tarımının toprak kalitesi ve bazı enzimler üzerine olan etkisini araştırmıştır. Toprak katalaz ve üreaz aktivitelerinin

birbirinden önemli ölçüde farklı olduğu ve özellikle darı ve karabuğday yetiştiriciliğinde katalaz aktivitesinin düşük olduğu, ALP ve üreaz aktivitelerinin ise yüksek olduğu vurgulanmıştır. Araştırmacılar karabuğday ve darı yetiştiriciliğinde sürekli mono kültür uygulamanın (ürün rotasyonu yerine) toprak kalitesi üzerine olumsuz etkileri olduğunu bildirmiştir.

Borase vd. (2020) Kanpur/Hindistan’da yaptıkları çalışmada ürün rotasyonu ile birlikte farklı gübreleme uygulamalarının toprak mikrobiyal ve enzim aktiviteleri ve CO₂ salınımı üzerine etkilerini araştırmıştır. Denemelerde, mısır-buğday (MW), mısır-buğday-maş fasulyesi (MWMb), mısır-buğday-mısır-nohut (MWMC, iki yıllık rotasyon) ve güvercin bezelyesi buğday (PW) gibi dört ürün rotasyonları kullanılmıştır. Gübreleme işlemlerinde ise; gübreleme içermeyen (kontrol: CT), entegre gübreleme yönetimi (INM) ve önerilen inorganik gübreler (RDF) olarak üç farklı toprak-bitki besleme yöntemini karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde PW rotasyonunun MW rotasyonuna göre %15 daha yüksek toprak solunumu kaydettiği bildirilmiştir.

Kwiatkowski vd. (2020) yayınladıkları bir çalışmada, Czesławice’de (merkezi Lublin, Polonya) 2017–2019 yıllarında, organik ve geleneksel tarımsal üretimin kimyasal toprak kalitesi parametrelerine (toprak pH’ı, mevcut P ve K, organik karbon ve toplam azot içeriği) ve toprak enzimatik aktivitesine (dehidrojenaz, asit fosfataz, alkalın fosfataz, üreaz, proteaz) etkilerin karşılaştırmıştır. Araştırma, aynı bitki türlerinin yetiştirildiği iki ürün rotasyonunda (şeker pancarı-baharlık arpa-kırmızı yonca-kışlık buğday-yulaf) buğday topraklarında (toprak sınıfı II) gerçekleştirilmiştir. Beş farklı ürün rotasyon sisteminin uygulandığı tüm denemelerde, ürünlere bağlı olmaksızın organik tarımda enzim aktiviteleri (özellikle dehidrojenaz, proteaz ve üreazın) geleneksel tarıma göre yüksek bulunmuştur.

Huang vd. (2021) yaptıkları bir çalışmada ürün rotasyonunun SOC ve toprak enzimleri üzerine etkisi ile birlikte ürün verimliliği ve gelir artışına olan etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada Çeltik-Çeltik-Sebze (RRV), Çeltik-Çeltik-Nadas (RRF) sistemlerini birbiri ile kıyaslamıştır. RRV sisteminde, RRF sistemine göre getiri ve ekonomik gelirin önemli ölçüde arttığını, çoğu toprak besin

elementlerinin RRV'de RRF'ye göre önemli ölçüde daha yüksek çıktığını bildirmişlerdir. Öte yandan katalaz ve üreaz enzim aktiviteleri geç sezon çeltik üretiminde diğerlerine göre (sebze ve erken dönem çeltik) önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur.

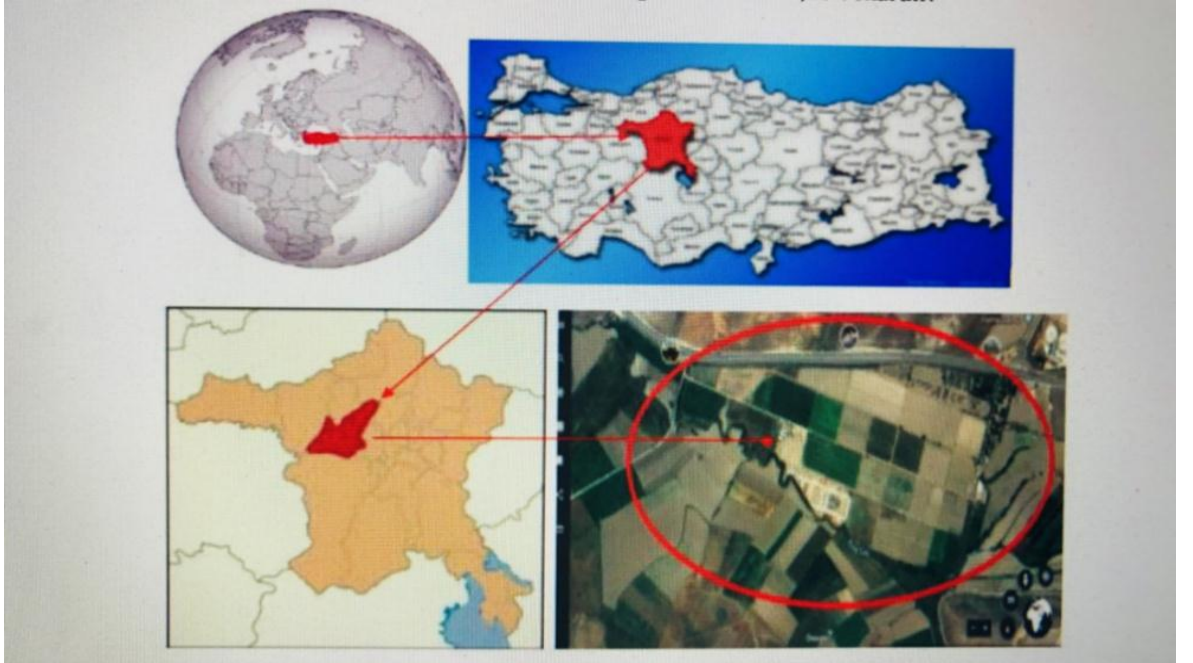
Akbolat vd. (2018) toprak ve hava sıcaklığının toprak karbondioksit emisyonu üzerine etkisini belirlemiştir. 24 saat süresince 15 dakika aralıklarla otomatik olarak toprak karbondioksit emisyonları “CFX-2 soil measurement system” kullanılarak (PP Systems, Hitchin, UK) ölçülmüş ve buna paralel olarak topraktan buharlaşma ve hava/toprak sıcaklığı da belirlenmiştir. Toprak ve hava sıcaklığı minimum, maksimum ve ortalama değerleri sırasıyla, 13.6, 16.3, 14.9 ve 2.1, 28.9, 14.1°C olarak ölçülmüştür. Toprak karbondioksit emisyonu minimum, maksimum ve ortalama değerleri sırasıyla 0.014, 0.22, 0.07 g CO₂ m⁻²h⁻¹ olarak belirlenmiştir. Sonuçlara göre, toprak sıcaklığı toprak karbondioksit emisyonunu etkilememiştir. Fakat hava sıcaklığı toprak karbondioksit emisyonunu etkilemiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma alanının bölgesel özelliği

Araştırma; ürün rotasyonlarının etkisini belirlemek amacıyla, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Bahçe Bitkileri Araştırma ve Uygulama İstasyonu deneme alanında 2019 ve 2020 yıllarında yürütülmüştür. İstasyonun bulunduğu bölge, Ankara-Ayaş ilçe sınırları içerisinde $43^{\circ}42'86''$ - $43^{\circ}55'47''$ doğu boylamlarıyla $44^{\circ}31'127''$ - $44^{\circ}31'723''$ kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çiftliğin toplam alanı 434,23 dekadır (Taşkın vd. 2018). Ayaş ilçesi Ankara'nın kuzeybatısında bulunmaktadır (Şekil 3.1). Ayaş ilçesinin kuzeyinde Güdül ve Kızılcahamam, batısında Beypazarı, güneyinde Polatlı, kuzeydoğusunda Kazan ve doğusunda da Sincan ilçeleri yer almaktadır (Anonim 2018, Taşkın vd. 2018).



Şekil 3.1 Çalışma alanına ait konum haritası (Taşkın vd. 2018)

3.1.2 Araştırma alanının iklim zellikleri

Ankara ili Ayaş İlçesinin 2018, 2019 ve 2020 yılları ait iklim verileri izelge 3.1'de verilmiştir. Ayaş ilçesinin ortalama iklim verilerine göre yıllık ortalama sıcaklığın yıllara göre sırasıyla 4.95°C, 12.71°C ve 13.74°C llmüştür. Ayaş ilçesinin ortalama iklim verilerine göre yıllık ortalama minimum sıcaklığı yıllara göre sırasıyla -0.01°C, 5.25°C ve 6.08°C llmüştür.

Ayaş ilçesinin ortalama iklim verilerine göre yıllık ortalama maximum sıcaklığı yıllara göre sırasıyla 10.78°C, 20.53°C ve 22.03°C llmüştür. Ortalama sıcaklığın yıllara göre dağılımını incelendiğinde benzer olduğu görülmüştür.

Ayaş ilçesinin ortalama iklim verilerine göre yıllık ortalama nem oranları yıllara göre sırasıyla %80.90, %64.29 ve %58.29 ölçülmüştür. Ayaş ilçesinin ortalama iklim verilerine göre yıllık minimum nem oranları yıllara göre sırasıyla %59.71, %38.25 ve %27.65 ölçülmüştür. Ayaş ilçesinin ortalama iklim verilerine göre yıllık maximum nem oranları yıllara göre sırasıyla %93.81, %87.41 ve %90.91 ölçülmüştür. Ortalama nemin yıllara göre dağılımını incelendiğinde benzer olduğu görülmüştür. Ayaş ilçesinin ortalama iklim verilerine göre yıllık ortalama yağış miktarları yıllara göre sırasıyla 1.22 mm, 0.97 mm ve 0.60 mm olarak ölçülmüştür. Ortalama yağış miktarının yıllara göre dağılımını incelendiğinde benzer olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.1 Ayaş ilçesi 2018, 2019 ve 2020 iklim verileri ortalamaları (Anonim, 2021)

Ayaş		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	2018											7.30	2.60	4.95
	2019	1.67	4.33	6.35	9.92	16.68	22.33	22.12	23.75	19.77	14.03	8.35	3.25	12.71
	2020	-0.13	3.82	9.03	10.59	15.42	19.58	25.20	23.95	21.63	15.30	6.70		13.74
Minimum Sıcaklık (°C)	2018											1.18	-1.19	-0.01
	2019	-2.58	-1.21	-1.63	1.91	8.67	14.64	11.66	14.71	10.14	5.19	1.45	0.05	5.25
	2020	-4.71	-1.23	0.82	1.98	6.17	10.23	14.78	13.37	12.39	7.46	5.60		6.08
Maksimum Sıcaklık (°C)	2018											14.67	6.89	10.78
	2019	6.24	10.81	14.82	18.07	24.48	30.98	30.53	32.22	28.96	24.85	17.10	7.34	20.53
	2020	5.50	9.19	16.40	18.30	24.37	28.16	34.08	33.66	32.44	25.88	14.37		22.03
Ortalama Nem (%)	2018											75.70	86.10	80.90
	2019	83.66	76.39	63.79	65.52	64.94	58.58	53.99	49.81	47.02	58.60	72.64	76.58	64.29
	2020	59.49	59.14	52.80	57.82	60.33	56.82	47.99	43.48	51.77	64.31	87.20		58.29
Minimum Nem (%)	2018											50.03	69.39	59.71
	2019	66.03	52.18	34.48	37.03	33.23	28.59	23.68	24.42	21.07	29.26	42.33	66.68	38.25
	2020	18.06	13.90	23.90	30.70	31.68	25.23	20.89	20.84	23.10	31.81	64.00		27.65
Maximum Nem (%)	2018											92.87	94.74	93.81
	2019	93.58	92.39	87.39	89.67	91.43	86.94	89.13	78.84	78.69	84.06	91.23	85.58	87.41
	2020	87.16	91.55	92.94	94.07	97.45	97.97	87.71	77.45	83.63	90.10	100.00		90.91
Toplam Yağış (mm)	2018											0.88	1.56	1.22
	2019	1.23	1.16	0.95	0.65	1.56	0.84	1.81	0.60	0.01	0.18	0.42	2.29	0.97
	2020	0.61	0.97	0.91	0.50	1.08	1.50	0.06	0.00	0.05	0.44	0.44		0.60

3.1.3 Denemelerde kullanılan bitki ve toprak materyalleri

Ankara Üniversitesi Ayaş Araştırma ve Uygulama İstasyonu7nda kurulan tarla dememelerinde test bitkisi olarak arpa (*Hordeum vulgare*), yonca (*Medicago sativa*), nohut (*Cicer arietinum*), mısır (*Zea mays*) ve domates (*Solanum lycopersicum*) çeşitleri kullanılmıştır.

Arpa, yonca, nohut, mısır ve domates ekimi yapılan parsellerden, uygulama konularına bağlı olarak ekim derinliğini temsil edilecek şekilde toprak örnekleri alınmıştır. Araştırmada ulaşılmak istenen hedefler doğrultusunda fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak analizlerine tabi tutulmuştur.

3.2 Yöntem

3.2.1 Deneme deseninin kurulması

Denemenin kurulduğu arazide homojenliği sağlamak ve üniform dağılımı etkileyen değişim ve farklılıklardan ileri gelebilecek hataları azaltmak ya da ortadan kaldırmak için tesadüf parselleri deneme deseni kullanılmış; 2019 yılı denemelerinde bir sonraki yılın uygulamalarına altlık oluşturacak şekilde 2 kez 3 tekrarlamalı; 2020 yılı denemelerinde ise ilk yıl oluşturulan altlıklar kullanılarak mono kültür ve rotasyon uygulama konuları için 3 tekrarlamalı deneme parselleri oluşturulmuştur. Söz konusu denemelerin konuları aşağıda verilmiş olup, çizelge 3.2 ve çizelge 3.3'de belirtilen uygulamalar göre çakılı deneme olarak yürütülmüştür.

2019 yılı deneme konuları;

P₀=Kontrol (Boş)

P₁= Arpa

P₂= Yonca

P₃= Nohut

P₄= Domates

Çizelge 3.2 2019 yılına ait deneme

1. tekerrür	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
2. tekerrür	P ₄	P ₃	P ₁	P ₂	P ₄	P ₃	P ₁	P ₂	P ₀
3. tekerrür	P ₁	P ₂	P ₄	P ₀	P ₃	P ₁	P ₄	P ₃	P ₂

2020 yılı deneme konuları;

S₀= Kontrol (Boş)

S₁=Arpa-Arpa

S₂=Yonca-yonca

S₃= Nohut-nohut

S₄= Domates-domates

S₅= Arpa-domates

S₆=Yonca-mısır

S₇=Nohut-Arpa

S₈= Domates-arpa

Çizelge 3.3 2020 yılına ait deneme

1. tekerrür	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈
2. tekerrür	S ₄	S ₇	S ₅	S ₆	S ₈	S ₃	S ₁	S ₂	S ₀
3. tekerrür	S ₅	S ₆	S ₄	S ₀	S ₇	S ₁	S ₈	S ₃	S ₂

Parseller standart olarak 5 m uzunluğunda 3 m sıra genişliğinde 15 m² olarak oluşturulmuştur. Bu parsellere; mısır, arpa, yonca, nohut ve domates ekim/dikimi yapılmıştır.

Mısır, sıra arası 70 cm, sıra üzeri 16 cm olacak şekilde 4 cm derinliğindeki ocaklara el ile tek tohum atılarak ekim yapılmıştır.

Arpa, dekara 25 kg arpa tohumu olacak şekilde el ile serpilerek ekim yapılmış ve el tırmığı kullanılarak toprakla üzeri kapatılmıştır.

Yonca, 2-2.5 kg/da olacak şekilde el ile serpilerek ekim yapılmış ve el tırmığı kullanılarak toprakla üzeri kapatılmıştır.

Nohut, sıra arası 25 cm, sıra üzeri 5 cm olacak şekilde 5 cm derinliğindeki ocaklara el ile tek tohum atılarak üzeri toprakla kapatılarak ekim yapılmıştır.

Domates, sıra üzeri 50 cm, sıra arası 80 cm olacak şekilde açılan ocaklara domates fidesi dikimi yapılmıştır.

Parseller standart olarak 5 m uzunluğunda 3 m sıra genişliğinde 15 m² olarak oluşturulmuştur. Bu parsellere; yılların deneme konularına göre mısır, arpa, yonca, nohut ve domates ekim/dikimi yapılmıştır.

Mısır, sıra arası 70 cm, sıra üzeri 16 cm olacak şekilde 4 cm derinliğindeki ocaklara el ile tek tohum atılarak ekim yapılmıştır.

Arpa, dekara 25 kg arpa tohumu olacak şekilde el ile serpilerek ekim yapılmış ve el tırmığı kullanılarak toprakla üzeri kapatılmıştır.

Yonca, 2-2.5 kg/da olacak şekilde el ile serpilerek ekim yapılmış ve el tırmığı kullanılarak toprakla üzeri kapatılmıştır.

Nohut, sıra arası 25 cm, sıra üzeri 5 cm olacak şekilde 5 cm derinliğindeki ocaklara el ile tek tohum atılarak üzeri toprakla kapatılarak ekim yapılmıştır.

Domates, sıra üzeri 50 cm, sıra arası 80 cm olacak şekilde açılan ocaklara domates fidesi dikimi yapılmıştır.

3.2.2 Kültürel işlemler

2019 yılı Nisan ayının son haftasında sofralık domates olarak Cabbar F1 domates dikimi yapılmış olup, yapılan işlemler Çizelge 3.4'de gösterilmiştir. İlk hasat 15 Ağustos 2019'da son hasat ise 29 Ekim 2019'da yapılmıştır. Domateste hastalıklarla ve yabancı ot ile mücadele için 3 çapa 1 boğaz işlemi uygulanmıştır. Sulama yöntemi olarak damla sulama sistemi tercih edilmiştir. 2020 yılı için Nisan ayının son haftası belirlenen parsellere domates ekimi yapılmış ve bir önceki sene uygulanan kültürel işlemler tekrarlanmıştır.

2019 yılı üretim döneminde yonca yetiştiriciliği yapılmış olup, 3 haftada bir olmak üzere toplamda 6 kez sulama yapılmıştır. 5 defa hasadı yapılan yonca yetiştiriciliğinde ilaç ve gübre kullanılmamıştır. 2020 yılı denemelerinde yonca bitkilerine bir önceki yıl uygulanan işlemlerin aynısı yapılmıştır.

Arpa üretimde tohum olarak Tarım 92+Aydan Hanım ekimle birlikte Hektaş Tradite [Organik Madde: %22, Toplam Azot (N): %12, Amonyum Azotu (N): %7.5, Üre Azotu (N): %4.5, Suda Çözünür Kükürt Tri Oksit (SO₃): %8, Toplam Kükürt Trioksit (SO₃): %30, Toplam (humik+fulvik) Asit: %9], bahar döneminde ise dönüme 10 kg %21 oranında Sülfat ve Üre (CH₄ N₂ O- %46 N) verilmiştir. Herbisit olarak da Musteng (etken madde: Litrede 452.42 g 2,4-D EHE + 6.25 g Florasulam) kullanılmıştır. Arpa için sulama yöntemlerinden yağmurlama sulama sistemi tercih edilmiştir. 2018 yılı Kasım ayında ekimi yapılan arpa bitkisinin hasadı 2019 yılı temmuz ayında gerçekleştirilmiştir. Arpa bitkisinin 13.10.2019 tarihinde 2. yıl ekimi gerçekleştirilmiş ve bir önceki yıl uygulanan işlemlerin aynısı yapılmıştır.

2019 yılı mayıs ayının ilk haftasında Askan çeşidi nohut ekimi yapılmıştır. Düzenli olarak damla sulama yöntemiyle sulanmıştır. Bakımı için düzenli zararlı ve hastalık kontrolünün yanı sıra yabancı ot mücadelesi yapılmış, yabancı otların ortadan kaldırılması için ot öldüren herbisitler kullanılmıştır. Herbisit olarak Merlin Flexx [etken madde: 240 g/L Isoxaflutole+240 g/L Cyprosulfamide (safener)], Nohut Antrokrozu ilacı, Novita-Hektaş (%25 Trifloxystrobin+%50 Tebuconazole) ve Nohut Sineği ilacı (%25 Malathion) kullanılmıştır. 2019 yılı ağustos ayının son haftasında hasat edilmiştir. 2020 yılı nohut ekimi yine mayıs ayının ilk haftası yapılmış olup bir önceki yıl uygulanan işlemlerin aynısı yapılmıştır.

Çizelge 3.4 Domates için uygulanan kültürel işlemler

Tarihleri	Kültürel İşlemler
09.08.2018	Serenede (40 kg/40 da) (%1.34 Bacillus subtilis QST713 ırkı)
28.05.2019	Damla sulama yöntemi ile mantar ilacı olan Tennis ilacı (kök) bölgesine (60x250 ml/40 dekar) uygulandı (Tennis 360 SL 360 gr/ litre Hymexazol)
28.05.2019	Damla sulama borularını açmak için (40 litre/40 da) Nitrik Asit (%6 HNO ₃)
31.05.2019	Üre (CH ₄ N ₂ O- %46 N) (50 kg/40 da) +Amonyum Sülfat ((NH ₄) ₂ SO ₄ , %21 azot ve sülfat anyonu formunda %24 kükürt), (100 kg/40 da)
06.06.2019	Potasyum Nitrat (13.0.46 /Nitrat Azotu (N-NO ₃) %13, Suda çözünür Potasyum Oksit (K ₂ O) %45.5), MAP ((NH ₄)H ₂ PO ₄ - %12 N - %61 PO ₄) 5,08 (100 kg/40 da), Mikro Element (4 kg/40 da) Demir (10 kg/40 da)
06.06.2019	Damla sulama yöntemi ile mantar ilacı olan Tennis ilacı (kök) bölgesine uygulandı (Tennis 360 SL 360 gr/ litre Hymexazol). (40 litre/40 da)
08.05.2019	Domuz burnu zararlısına karşı Malathion ilacı (etken madde: 190 g/ L Malathion)
28.06.2019	Kalsiyum Nitrat (Ca(NO ₃) ₂ - (50 kg/30 da) + Demir (5 kg/30 da).(%15.5 azot (N) ve %26.5 kalsiyum oksit (CaO))
28.06.2019	Damla sulama yöntemi ile mantar ilacı olan Tennis ilacı (kök) bölgesine uygulandı (Tennis 360 SL 360 gr/ litre Hymexazol) (20 kg/40 da).
08.07.2019	Üre (CH ₄ N ₂ O- %46 N) (250 kg/40 da)
25.07.2019	Damla sulama yöntemi ile bakır sülfat (CuSO ₄ -%25 metalik bakıra eşdeğer bakır sülfat) (45 kg/40 da).
28.07.2019	Yapraklara uygulama yöntemi ile BaÇi (etken maddesi: Bakır:%8, Çinko:%1.5) (3600 gr/40 da).
29.07.2019	Üre (150 kg/40 da),
29.07.2019	Kalsiyum Nitrat (%15.5 azot (N) ve %26.5 kalsiyum oksit (CaO)), (50 kg/40 da)
31.07.2019	Damla sulama yöntemi ile mantar ilacı olan Tennis ilacı (kök) bölgesine uygulandı (Tennis 360 SL 360 gr/ litre Hymexazol). (20 kg/40 da).
31.07.2019	Yapraktan insektisit /Capito (75 gr/l indoxacarb+18 gr/l Abamectin)
23.08.2019	Yapraktan insektisit /Capito (75 gr/l indoxacarb+18 gr/l Abamectin) + Aliette (%80 Fosetyl/Al)

İkinci yıl rotasyon bitkisi olarak seçilen Mısır ekimi 28.04.2020 tarihinde yapılmıştır. Mısır bitkisi bol suya ihtiyaç duyan bir bitkidir. Mısır bitkisi sapa kalkma ve çiçeklenme dönemlerinde daha çok su ihtiyacı olmaktadır. Bitkinin ilk su verme işlemi boyu 10-15 cm'ye eriştiğinde ve birinci kazma işlemi sonrasında yapılmıştır. Mısır bitkisinin ikinci sulama işlemi boğaz doldurma aşamasına gelmen önce; üçüncü sulama işlemi tepe püskülü çıkmadan 4-5 gün önce; dördüncü sulama işlemi ise mısır bitkisinin süt oluşturma evresinde salma sulama sistemiyle gerçekleştirilmiştir. Tohum ekiminde ve gelişme döneminde 1 kg üre gübresi verilmiş, çıkış itibarıyla mısırlara 2-3 defa ara kazma yapılmıştır. Mısırın ikinci kazma işlemi ise 40-50 cm eriştiğinde uygulanmıştır. Mısır bitkisinin içerisindeki yabancı otlar elle temizlenmiştir.

3.2.3 Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması

Arpa, yonca, nohut, mısır ve domates ekimi yapılan topraklardan, ekim derinliğini temsil edilecek şekilde (0-20 cm) her parselden tesadüfi üç toprak örneği alınmıştır. Toprak örnekleri ürün rotasyonunun enzim aktivitesine etkisini ortaya koyabilmek amacı ile hem ürün rotasyonu uygulanan hem de ürün rotasyonu uygulanmayan alanlardan alınmıştır. Alınan toprak örneklerin laboratuvara getirilerek doğrudan güneş almayan bir yerde kurutulup 2 mm'lik elekten elenerek fiziko-kimyasal toprak analizlere hazırlanmıştır. Aynı şekilde toplanan taze toprak örnekleri ise biyolojik analizler için derin dondurucuda saklanmıştır (-20 °C).

3.2.4 Toprak örneklerinde kullanılan fiziksel ve kimyasal yöntemler

Bünye (Tekstür); Alınan toprak örneklerinin tekstürü hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir (Bouyoucos 1951).

Toprağın pH; Alınan toprak örneklerinin pH' sının belirlenmesinde cam elektrotlu pH metre kullanılmıştır (Richards 1954).

Toprağın elektriksel iletkenlik değeri; 25 °C’ de saturasyon ekstraktında whealstone köprüsü ile gerçekleştirilmiştir (Richards 1954).

Tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri; Alınan toprak örneklerinin tarla kapasitesi 1/3 atmosfer basıncı altında, toprağın solma noktası ise 15 atmosfer basınç altında çalışabilen seramik levhalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Richards 1954).

Tarla kapasitesi ve solma noktası ve hacim ağırlığının belirlenmesi için kullanılan sistemler şekil 3.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Tarla kapasitesi ve solma noktası ve hacim ağırlığının belirlenmesi için kullanılan sistemler

Kireç miktarının belirlenmesinde Scheibler kalsimetresi kullanılmıştır (Richards 1954).

Yarayışlı fosfor miktarının belirlenmesinde Olsen bikarbonat yöntemi kullanılmıştır (Olsen 1954).

Alınabilir potasyum miktarının belirlenmesinde amonyumasetat (pH 7.0) ile ekstrakte edilebilir potasyumun flamefotometrede okunması ile gerçekleştirilmiştir (Staff 1954).

Toplam azot miktarı Bremner (1965) tarafından belirtildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir.

Organik madde miktarı Jackson tarafından modifiye edilmiş Walkley-Black yaş yakma yöntemi ile (Jackson 1962) belirlenmiştir.

Topraktaki katyon değişim kapasitesi sodyum asetat yöntemi ile belirlenmiştir (Chapman 1965).

3.2.5 Toprak örneklerinde kullanılan mikrobiyolojik yöntemler

Üreaz enzim aktivitesi: Dondurucudan 24 saat önce çıkarılan taze toprak örnekleri 100 ml'lik cam kaplara alınmıştır. Toprak örneklerinin bulunduğu kapların içerisine 1.5 ml tolüen eklenip, karıştırıldıktan sonra 15 dk boyunca bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda cam kapların içerisine 10 ml üre, 20 ml sitrat-tampon çözeltisi eklenmiştir. Elde edilen karışım ikinci defa çalkalandıktan sonra ağızları uygun bir şekilde kapatılıp 37 °C' de 3 saatlik bir inkübasyona bırakılmıştır. Üç saatlik süre sonunda hazırlanan örnekler 38 °C' deki saf su ile (tolüenli kısım balonun ölçü çizgisinin üzerinde kalacak şekilde) 100 ml' ye tamamlanmıştır. Elde edilen karışım filtre kâğıtlarından (Whatman-42) geçirilerek süzülmüştür. Üreaz aktivitesi tayini için 50 ml' lik cam balon kaplara süzölmüş örneklerden 1' er ml alınmıştır. Üzerlerine 9 ml saf su, 4 ml sodyum fenolat ve 3 ml sodyum hipoklorit eklenmiştir. Hazırlanan karışım 20 dakika sonra bütün balonlar saf su ile istenilen dereceye tamamlanmıştır. Altmış dakika içinde spektrofotometrede tanık çözeltisine karşı 578 nm' de ışık absorpsiyonları belirlenmiştir (Hoffman ve Teicher 1961).

Katalaz Enzim Aktivitesi: Katalaz enzimi için usulüne göre muhafaza edilen ve dondurucudan 24 saat önce çıkarılan taze toprak örneklerinde 5 g alınmış, üzerine 20 ml 0.2 M fosfat tampon (pH 6.8) ve 10 ml %3'lük substrat çözeltisi ilave edilmiştir. Analizde 30 dakika bekletildikten sonra, Scheibler kalsimetresinde toprak ile karıştırılan substrat çözeltisinin 3 dakika sonunda laboratuvar sıcaklığında (20°C) açığa çıkan O₂ miktarı volumetrik olarak belirlenmiştir (Beck 1971).

CO₂ Oluşumu: Toprak örneklerinden çıkan CO₂ miktarı, 0.1 N NaOH çözeltisi kullanılarak ve 25 °C’ de 24 saatlik bir inkübasyon süresi sonunda saptanmıştır (Isermeyer, 1952).

3.2.6 Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analizler

Analizler sonucu elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi Jump 8 paket programında yapılmıştır. Uygulamaların toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler üzerindeki etkisini ortaya çıkarabilmek için Varyans Analizi gerçekleştirilmiştir. Varyans analizinde istatistiki olarak önemli bulunan parametrelerin ortalama değerlerinin karşılaştırılması ise LSD çoklu karşılaştırma testi ile yapılmıştır. Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler özellikleri arasındaki ilişki düzeylerini belirlemek için Pearson Korelasyon testi uygulanmıştır. Tüm çalışmada anlamlılık düzeyleri $p < 0.05$, buna ek olarak korelasyon testinde $p < 0.01$ değerleri de dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Deneme Toprağının Bazı Fiziko-kimyasal ve Biyolojik Özellikleri

Çalışma alanı olan Ankara Üniversitesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği toprağının deneme öncesi bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizleri yapılmıştır. Toprağın toplam azot, yarayışlı fosfor, alınabilir potasyum, kireç, toplam organik maddemiktarları ile tuz ve pH düzeyleri belirlenmiştir. Elde edilen toprak özelliklerinin yorumlanması için besin elementlerinin topraktaki sınır değerini gösteren veriler kullanılmıştır. Soba vd. (2015) tarafından bildirilen besin elementi içerikleri tablosuna ve Hofmann ve Hoffmann (1966) üreaz enzimi için belirttiği sınır değerlerine göre, çizelge 4.1'deki çalışmada alanının bazı toprak özellikleri karşılaştırılmıştır.

Deneme alanına ait toprakların tekstür yapısının killi, toplam azot miktarının çok az, yarayışlı fosfor ve alınabilir potasyum oranının yeterli ve çok fazla olduğu belirlenmiştir. Toprağın orta kireçli ve kireçli, organik madde miktarının az, tuzsuz ve hafif alkali bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Üreaz enzim seviyesinin ise düşük olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 Çalışma alanının bazı toprak özellikleri

Toprak özelliği	Analiz sonuçları	Değerlendirme
Kil, %	42-48	
Silt, %	24-28	Kil
Kum, %	26-34	
Tarla kapasitesi, %	38.06	-
Solma noktası, %	27.73	-
Hacim ağırlığı, g cm ⁻³	0.97	-
Toplam N, %	0.038-0.044	Çok az
Yarayışlı P (P ₂ O ₅), mg kg ⁻¹	22-25.2	Yeterli
Alınabilir K (K ₂ O), mg kg ⁻¹	2510-1369	Çok fazla
Kireç, %	6.35-9.80	Orta kireçli
Organik madde, %	1.13-1.40	Az
EC, dS m ⁻¹	0.85-0,92	Tuzsuz
pH	7.75-7.78	Hafif alkalin
Üreaz (mg N/100 g top ⁻¹)	4.48-4.35	Düşük
Katalaz (mg O ₂ /5 g top ⁻¹)	14.41-29.54	-
CO ₂ (mg CO ₂ /100 g/24 saat)	88.00-147.33	-

4.2 2019 Yılı Toprak Analiz Sonuçları

Alınan toprak örnekleri uygun koşullarda laboratuvara taşınarak analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. 2019 yılına ait toprak analiz sonuçları belirlenmiş olup, ortalama değerleri çizelge 4.2 ve 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.2’de verilen toprak analizi sonuçları incelendiğinde; uygulamaların toprağın elektriksel iletkenliği, alınabilir K (K_2O , $mg\ kg^{-1}$) içeriği, tarla kapasitesi (%) ve solma noktası (%) değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Ancak uygulamalar toprağın pH, yarayışlı P (P_2O_5 , $mg\ kg^{-1}$) ve hacim ağırlığı ($g\ cm^{-3}$) değerleri üzerinde değişikliğe neden olmamıştır.

Çizelge 4.2 2019 yılı yetiştirilen ürünlerin incelenen toprak özelliklerine etkisi

Ürün Adı	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	Yarayışlı P (P_2O_5 , $mg\ kg^{-1}$)	Alınabilir K (K_2O , $mg\ kg^{-1}$)	Tarla Kapasite (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Ağırlığı ($g\ cm^{-3}$)
P0 (Kontrol)	7.75	0.85 C	22.00	2510.6 A	38.06 A	27.73 A	0.97
P1 (Arpa)	7.68	1.00 C	22.00	742.1 D	35.66 B	25.63 A	1.03
P2 (Yonca)	7.57	1.29 B	20.00	1382.3 C	37.76 A	26.92 A	0.99
P3 (Nohut)	7.76	1.34 AB	22.00	1442 BC	31.61 C	22.55 B	0.98
P4 (Domates)	7.68	1.56 A	24.00	1657.8 B	36.83 AB	27.00 A	1.00
Varyans Analiz p değeri	1.17 öd	0.0011*	0.103 öd	<.0001*	0.0011*	0.0122 *	0.535 öd
LSD (0.05)	-----	0.24	-----	230.77	1.91	2.62	-----
CV %	1.57	10.81	6.70	7.92	2.80	5.35	4.02

* $p<0,05$, $p>0.05$:öd

Uygulamaların toprağın pH’sı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Uygulama alanlarının arasında farklılık gözlenmemekle birlikte, toprak pH’sının 7.57-7.76 arasında olduğu belirlenmiştir.

Uygulamaların toprağın EC'si üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Uygulama alanlarının elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 1.56 ile 0.85 dS/m arasında değişiklik göstermiştir. P4 (domates) ve P3 (nohut) parsellerindeki EC sırasıyla 1.56 dS/m, 1.36 dS/m ile en yüksek değerlerle aynı grupta yer alırken, P0 (kontrol) ve P1 (arpa) parsellerindeki EC'ler ise 0.85 dS/m, 1.00 dS/m düşük değerlerle aynı grupta yer almıştır. En yüksek elektriksel iletkenlik yüzdesiyle en düşük elektriksel iletkenlik yüzdesi arasında %83 oranında fark belirlenmiştir.

Toprağın yarayırlı fosfor içeriği üzerine uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Parsellerin fosfor içeriği 20.00 mg/kg ile 24.00 mg/kg arasında değişiklik göstermekle birlikte, uygulamalar arasında fark gözlenmemiştir.

Uygulamaların toprağın potasyum içeriği üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Uygulama alanlarının potasyum içeriği %22.00 ile %24.00 arasında değişiklik göstermiştir. Potasyum içeriği en yüksek P0 (kontrol) parselinde 2510.6 mg/kg, en düşük potasyum içeriği ise P1 (arpa) parselinde 742.1 mg/kg olarak belirlenmiştir. P2 (yonca) ve P3 (nohut) parsellerindeki potasyum miktarları sırasıyla 1382.3 mg/kg, 1442 mg/kg belirlenmiş olup, aynı gruplarda yer almışlardır. En yüksek potasyum miktarı ortalamasına sahip kontrol uygulaması ile en düşük potasyum miktarı ortalamasına sahip P1 (arpa) uygulaması arasında %9 oranında fark belirlenmiştir.

Toprağın tarla kapasitesi üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Uygulama alanlarının tarla kapasitesi %31.61 ile %37.76 arasında değişiklik göstermiştir. P0 (kontrol) ve P2 (yonca) parsellerinde en yüksek toprak tarla kapasitesi değerleri sırası ile %36.06 ve %37.76 olup, aynı grupta yer alırken; P3 (nohut) parselindeki tarla kapasitesi %31.61 ile en alt grupta yer almıştır. En yüksek tarla kapasitesi ortalamasına sahip P0 (kontrol) uygulaması ile en düşük tarla kapasitesi ortalamasına sahip P3 (nohut) uygulaması arasında %19.4 oranında fark belirlenmiştir.

Uygulamaların toprağın solma noktası üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Uygulama alanlarının solma noktası %22.55 ile %27.73 arasında değişiklik göstermiştir. P0 (kontrol), P1 (arpa), P2 (yonca), P4 (domates) parsellerinde solma noktası

değerlerine sırası ile %27.73, %25.63, %26.92 ve %27.00 ile en yüksek değerlerle aynı grupta yer alırken, P3 (nohut) parselindeki solma noktası %22.55 ile bir alt grupta olduğu görülmüştür. En yüksek solma noktası ortalamasına sahip P0 (kontrol) uygulaması ile en düşük solma noktası ortalamasına sahip P3 (nohut) uygulaması arasında %23 oranında fark belirlenmiştir.

Toprağın hacim ağırlığı üzerine uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Uygulama alanlarının arasında farklılık gözlenmemekle birlikte, toprak hacim ağırlığının $0.97-1.03 \text{ g cm}^{-3}$ arasında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3 2019 yılı yetiştirilen ürünlerin incelenen toprak özelliklerine etkisi

Ürün Adı	Organik Madde (%)	Kireç (%)	Toplam Azot (%)	Üreaz (mg N / 100 g top ⁻¹)	Katalaz (mg O ₂ / 5g top ⁻¹)	CO ₂ (mg CO ₂ /100 g/24s)
P0 (Kontrol)	1.13 D	6.35 B	0.038 D	4.48 D	14.41 E	88.00 E
P1 (Arpa)	1.28 C	7.57 A	0.043 C	4.55 D	16.14 D	124.00 D
P2 (Yonca)	1.67 A	7.60 A	0.052 A	8.26 A	19.47 A	175.00 A
P3 (Nohut)	1.65 A	6.50 B	0.050 AB	7.65 B	18.86 B	166.00 B
P4 (Domates)	1.42 B	6.50 B	0,050 B	6.52 C	17.62 C	146.00 C
Varyans						
Analiz p değeri	<,0001**	0,0048**	<,0001**	<,0001**	<,0001**	<.0001**
LSD (0.05)	0.12	0.68	0.0003	0.38	0.011	8.89
CV %	1.43	5.25	3.84	3.18	0.35	3.38

* $p<0,05$, $p>0.05$:öd

Çizelge 4.3’de verilen sonuçlar incelendiğinde; uygulamaların organik madde üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p>0,01$). Uygulama alanlarının organik madde değerleri %1.13 ile %1.67 arasında değişiklik göstermiştir. P2 (yonca) ve P3 (nohut) parselerindeki organik madde sırasıyla %1.67 ve %1.65 olup en yüksek değerlerle aynı grupta yer alırken, P0 (kontrol) parselindeki organik madde %1.13 ile en alt grupta yer almıştır. En düşük ve en yüksek uygulama ortalamaları arasında %47.7 oranında fark belirlenmiştir.

Toprağın kireç içeriği üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Uygulama alanlarının kireç oranları %6.35 ile %7.60 arasında değişiklik göstermiştir. P1 (arpa), P2 (yonca) parsellerindeki kireç içeriği sırasıyla %7.57 ve %7.60 olup en yüksek değerlerle aynı grupta yer alırken; P0 (Kontrol), P3 (nohut) ve P4 (domates) parsellerindeki kireç içerikleri sırasıyla %6.35, %6.50 ve %6.50 ile en düşük değerlerle en alt grupta yer almıştır. En düşük ve en yüksek uygulama ortalamaları arasında %19.6 oranında fark belirlenmiştir.

Uygulamaların toprağın toplam azot miktarı üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Uygulama alanlarının toplam azot içeriği %0.038 ile %0.052 arasında değişiklik göstermiştir. P2 (yonca) parselindeki azot miktarı %0.052 ile en üst grupta, P0 (kontrol) parseli ise %0.038 azot düzeyi ile en alt grupta yer almıştır. En düşük ve en yüksek uygulama ortalamaları arasında %36.8 oranında fark belirlenmiştir.

Toprağın üreaz enzim aktivitesi üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Uygulama alanlarının üreaz enzim aktiviteleri 4.48 ile 8.26 mg N/100 g top arasında değişiklik göstermiştir. P3 (nohut) parselindeki üreaz enzim aktivitesi 8.26 mg N/100 g top olup en yüksek değer sergilemişken, P0 (kontrol) ve P1 (arpa) parsellerindeki üreaz enzim aktiviteleri ise 4.48 ve 4.55 mg N / 100 g top ile en düşük değerlerle aynı grupta yer almıştır. En yüksek ortalama değer ile en düşük ortalama değer arasında yaklaşık %84,4 oranında fark belirlenmiştir.

Uygulamaların toprağın katalaz enzim aktivitesi üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Uygulama alanlarının katalaz enzim aktiviteleri 14.41 ile 19.47 mg O₂/5g top arasında değişiklik göstermiştir. P2 (yonca) parselindeki katalaz enzim aktivitesi 19.47 mg O₂/5g top ile en üst grupta,, P0 (kontrol) parselindeki katalaz enzim aktivitesi ise 14.41 mg O₂/5g top ile en düşük grupta yer almıştır. En yüksek ortalama değer ile en düşük ortalama değer arasında yaklaşık %35 oranında fark belirlenmiştir.

Toprağın CO₂ aktivitesi üzerine uygulamaların etkisi düzeyinde önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Uygulama alanlarının karbondioksit salınım değerleri 88.00 ile 175.00 mg CO₂/100 g/24s arasında değişiklik göstermiştir. P2 (yonca) parselindeki karbondioksit salınım değeri 175.00 mg CO₂/100 g/24s ile en üst grupta, P0 (kontrol) parselindeki

karbondioksit salınım değeri ise 88.00 mg CO₂ /100 g/24s ile en düşük grupta yer almıştır. En yüksek ortalama değer ile en düşük ortalama değer arasında yaklaşık %98.8 oranında fark belirlenmiştir.

4.3 2020 Yılı Toprak Analiz Sonuçları

Denemelerin 2020 yılında, mono kültür ve rotasyon uygulanan parsellerin toprak analiz sonuçları çizelge 4.4 ve 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde; uygulamaların toprağın pH’sı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Uygulamalar arasında mono kültür ve rotasyon ekim sistemleri kullanılmasına rağmen, toprak pH’sı açısından aralarında farklılık gözlenmemiştir.

Çizelge 4.4 2020 yılında uygulamaların bazı toprak özelliklerine etkisi

Ürün Adı	pH	EC (dS m ⁻¹)	Yarayışlı P (P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹)	Alınabilir K (K ₂ O, mg kg ⁻¹)	Tarla Kapasite (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)
S0 (Kontrol)	7,78	0.92 D	25.20 C	1369.00 A	39,03 AB	27,72 CD	0,96 AB
S1 (Arpa-Arpa)	7.70	0.97 D	28.80 A	1202.00 B	36,65 C	26,73 D	1,01 A
S2 (Yonca-Yonca)	7.60	1.28 AB	22.30 E	1410.00 A	39,40 A	28,69 ABC	0,95 B
S3 (Nohut-Nohut)	7,72	1.38 A	24.60 CD	1213.00 B	37,32 BC	25,40 E	0,96 AB
S4 (Domates- Domates)	7.64	1.02 CD	27.30 B	1093.33 C	39,01 AB	28,97 AB	0,95 B
S5 (Arpa- Domates)	7.72	1.02 CD	26.70 B	1028.00 D	37,69 ABC	28,21 ABC	0,96 AB
S6 (Yonca-Mısır)	7.64	1.38 A	20.40 F	1128.00 C	39,33 A	29,26 A	0,95 B
S7 (Nohut-Arpa)	7,79	1.15 BC	26.70 B	1019.00 D	34,51 D	25,03 E	0,97 AB
S8 (Domates- Arpa)	7.69	1.21 B	23.95 D	1097.50 C	38,12 ABC	27,89 BCD	1,00 AB
Varyans Analiz P değeri	0.257 öd	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
LSD (0.05)	-----	0.15	0.90	65.03	1.78	1.20	0.80
CV %	1.20	7.31	2.08	3.20	2.71	2.57	3.42

*p<0,05, p>0.05:öd

Uygulamaların toprağın EC'si üzerine etkisi düzeyinde önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Uygulama alanlarının elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 0.92 dS/m ile 1.38 dS/m arasında değişiklik göstermiştir. S3 (nohut-nohut) ve S6 (yonca-mısır) parsellerindeki EC sırasıyla 1,38 dS/m, 1,38 dS/m ile en yüksek değerlerle aynı grupta yer alırken, S0 (kontrol) ve A1 (arpa-arpa) parsellerindeki EC ler ise 0,92 dS/m, 0,97 dS/m düşük değerlerle aynı grupta yer almıştır. En yüksek EC değeri S3 (nohut-nohut) uygulamasında elde edilirken en düşük EC değeri ise kontrol uygulamasından alınan toprak örneklerinden elde edilmiştir. En yüksek ortalama değer ile en düşük ortalama değer arasında yaklaşık %50 oranında fark belirlenmiştir.

Toprağın yarayırlı fosfor içeriği üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Toprakların yarayırlı fosfor içeriği 20.40 ile 28.80 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek yarayırlı fosfor içeriği 28.80 mg/kg ile S1 (arpa-arpa) parselden elde edilirken en düşük yarayırlı fosfor içeriği değeri ise 20.40 mg/kg ile S6 (yonca-mısır) parselinde belirlenmiştir. En yüksek yarayırlı fosfor ortalamasına sahip uygulama ile en düşük yarayırlı fosfor ortalamasına sahip uygulama arasında (büyükten küçüğe) azalan yönde %41.2 oranında değişim yüzdesi saptanmıştır.

Uygulamalarını toprağın alınabilir potasyum içeriği üzerine etkisi düzeyinde önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Toprakların alınabilir potasyum içeriği 1019 ile 1410 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. S2 (yonca-yonca), S0 (kontrol) parsellerindeki potasyum oranları sırasıyla 1410.00 mg/kg, 1369.00 mg/kg ile en yüksek değerlerle aynı grupta yer alırken, en düşük değerlere sahip olan S5 (arpa-domates), S7 (nohut-arpa) parselerinde ise 1028 mg/kg 1019 mg/kg ile aynı grupta olduğu görülmüştür. En yüksek potasyum miktarı ortalamasına sahip S2 (yonca-yonca) uygulaması ile en düşük potasyum miktarı ortalamasına sahip S7 (nohut-arpa) uygulaması arasında %38.4 oranında fark belirlenmiştir.

Uygulamaların tarla kapasitesi üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Uygulama alanlarının solma noktası %39.40 ile %34,51 arasında değişiklik göstermiştir. S2 (Yonca-Yonca) parsellerinde solma noktası değerlerine %39.40 ile en yüksek grupta yer alırken, S7 (Nohut-Arpa) parselindeki solma noktası %34.51 ile en alt grupta olduğu

görülmüştür. En yüksek solma noktası ortalamasına sahip S2 (Yonca-Yonca) uygulaması ile en düşük solma noktası ortalamasına sahip S7 (Nohut-Arpa) uygulaması arasında %14 oranında fark belirlenmiştir.

Uygulamaların toprağın solma noktası üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Uygulama alanlarının solma noktası %29.26 ile %25.03 arasında değişiklik göstermiştir. S6 (Yonca-Mısır) parsellerinde solma noktası değerlerine %29,26 ile en yüksek grupta yer alırken, S7 (Nohut-Arpa) parselindeki solma noktası %25.03 ile en alt grupta olduğu görülmüştür. En yüksek solma noktası ortalamasına sahip S6 (Yonca-Mısır) uygulaması ile en düşük solma noktası ortalamasına sahip S7 (Nohut-Arpa) uygulaması arasında %16.8 oranında fark belirlenmiştir.

Uygulamaların toprağın hacim ağırlığı üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Uygulama alanlarının hacim ağırlığı 1.01 ile 0.95 g cm⁻³ arasında değişiklik göstermiştir. S1 (Arpa-Arpa) parsellerinde hacim ağırlığı değerlerine 1.01 g cm⁻³ ile en yüksek grupta yer alırken, S1 (Arpa-Arpa) parselindeki solma noktası 0.95 g cm⁻³ ile en alt grupta olduğu görülmüştür. En yüksek solma noktası ortalamasına sahip S1 (Arpa-Arpa) uygulaması ile en düşük solma noktası ortalamasına sahip S6 (Yonca-Mısır) uygulaması arasında %6.3 oranında fark belirlenmiştir.

2020 yılında uygulanan ürün rotasyonunun kireç, azot, enzim aktivitesi ve CO₂ solunum değerleri üzerine etkisi incelenmiş olup, sonuçlar çizelge 4.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 2020 yılında uygulamaların bazı toprak özelliklerine etkisi

Ürün Adı	Organik Madde (%)	Kireç (%)	Toplam Azot (%)	Üreaz (mg N/100 g top ⁻¹)	Katalaz (mg O ₂ /5 g top ⁻¹)	CO ₂ (mg CO ₂ /100 g/24 saat)
S0 (Kontrol)	1.40 C	7.40 G	0.044 D	4.35 D	20.70 B	147.33 E
S1 (Arpa-Arpa)	1.38 C	9.50 B	0.039 F	4.35 D	21.81 B	176.00 DE
S2 (Yonca-Yonca)	1.77 AB	8.20 E	0.064 A	8.93 A	22.61 B	385.00 A
S3 (Nohut-Nohut)	1.89 A	9.70 A	0.054 C	8.33 B	26.68 A	357.00 A
S4 (Domates-Domates)	1.84 AB	8.62 C	0.054 C	4.48 D	22.93 B	235.33 C
S5 (Arpa-Domates)	1.61 B	8.43 D	0.056 C	4.43 D	22.94 B	221.00 CD
S6 (Yonca-Mısır)	1.84 A	7.98 F	0.060 B	7.87 C	27.22 A	305.00 B
S7 (Nohut-Arpa)	1.35 C	9.80 A	0.042 DE	4.63 D	29.54 A	202.00 CD
S8 (Domates-Arpa)	1.41 C	8.65 C	0.040 EF	4.35 D	27.68 A	205.16 CD
Varyans Analiz p değeri	<.001**	<.001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
LSD (0.05)	0.18	0.18	0.0022	0.299	3.70	48.75
CV %	6.54	1.22	2.94	2.92	8.55	11.34

*p<0,05, p>0.05:öd

Toprakların toplam organik madde içeriği üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur (p<0.01). Uygulama alanlarının organik madde miktarları %1.35 ile %1.89 arasında değişiklik göstermiştir. S3 (nohut-nohut), S6 (yonca-mısır) parsellerindeki organik madde oranları sırasıyla %1.89 ve %1.84 ile en yüksek değerlerle aynı grupta; S0 (kontrol), S1 (arpa-arpa), S7 (nohut-arpa), S8 (domates-arpa) parsellerindeki organik madde oranları ise %1.40, %1.38, %1.35 ve %1.41 ile en düşük değerlerle en düşük grupta yer almıştır. En yüksek S3 (nohut-nohut) parselindeki organik madde ortalaması ile en düşük S7 (arpa-nohut) parselindeki ortalama arasında %40 oranında fark belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 incelendiğinde; uygulamaların toprağın kireç miktarı üzerine etkisi düzeyinde önemli bulunmuştur (p<0,01). Uygulama alanlarının kireç miktarı %7.40 ile %9.80 arasında değişiklik göstermiştir. S3 (nohut-nohut), S7 (nohut-arpa) parsellerindeki kireç oranları sırasıyla %9.70, %9.80 ile en yüksek değerlerle aynı grupta yer almıştır. Buna karşılık, S0 (kontrol) parselindeki kireç miktarı ise %7.40 ile en düşük değerle en alt grupta yer almıştır. En yüksek S3 (nohut-nohut) parselindeki

organik madde ortalaması ile en düşük S0 (kontrol) parselindeki ortalama arasında %32 oranında fark belirlenmiştir.

Toprağın toplam azot miktarı üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Uygulama alanlarının toplam azot içeriği %0.044 ile %0.064 arasında değişiklik göstermiştir. S2 (yonca-yonca) parselindeki azot oranları %0.064 ile en yüksek değer ile üst grupta yer alırken, S0 (kontrol) parselindeki azot oranı %0.044 ile en düşük değer ile alt grupta yer almıştır. En yüksek toplam azot ile en düşük toplam azot arasındaki fark %45.4 oranında belirlenmiştir.

Uygulamaların toprağın üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisi $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulama alanlarının üreaz enzim aktiviteleri 4.35 ile 8.93 mg N / 100 g top arasında değişiklik göstermiştir. S2 (yonca-yonca) parselindeki üreaz enzim aktivitesi 8.93 mg N / 100 g top ile en yüksek değer ile en üst grupta yer aldığı, S1 (Arpa-Arpa), S4 (Domates-Domates), S5 (Arpa-Domates), S7 (Nohut-Arpa) ve S8 (Domates-Arpa) parsellerindeki üreaz enzim aktivitelerinin ise 4.35, 4.48, 4.43, 4.63, 4.35 ve 4.48 mg N / 100 g top ile en düşük değerlerle aynı grupta olduğu görülmüştür. En yüksek ortalama değer ile en düşük ortalama değer arasında yaklaşık %105 oranında fark belirlenmiştir.

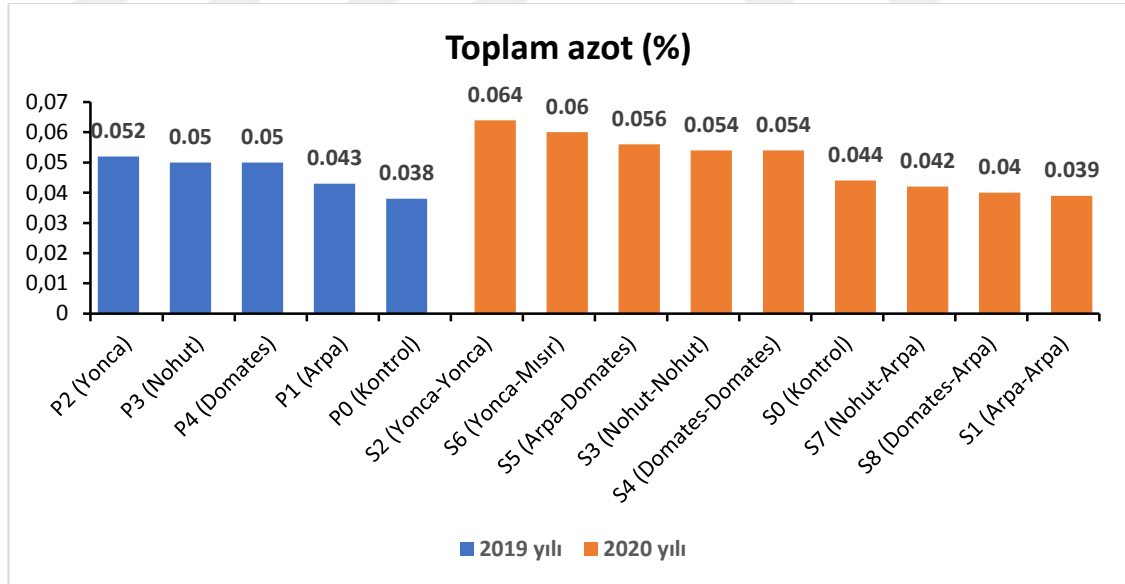
Toprağın katalaz enzim aktivitesi üzerine uygulamaların etkisi düzeyinde önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Uygulama alanlarının katalaz enzim aktiviteleri 20.70 ile 29.74 mg O₂/5g top arasında değişiklik göstermiştir. S3 (nohut-nohut), S6 (yonca-mısır), S7 (nohut-arpa), S8 (domates-arpa) parsellerindeki katalaz enzim aktivitesi sırasıyla 26.68, 27.22, 29.54 ve 27.68 mg O₂/5g top ile en yüksek değerleri sergilerken, P0 (kontrol) parsellerinin katalaz enzim aktivitesi 20.70 mg O₂/5g top ile en düşük düzeyde olmuştur. En yüksek ortalama değer ile en düşük ortalama değer arasında yaklaşık %43.6 oranında fark belirlenmiştir.

Uygulamalarının toprağın CO₂ aktivitesi üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Uygulama alanlarının karbondioksit salınım değerleri 147.33 ile 385.00 mg CO₂/100 g/24s arasında değişiklik göstermiştir. S2 (yonca-yonca), S3 (nohut-nohut) parsellerindeki karbondioksit salınım değeri 385.00 ve 357.00 mg CO₂/100 g/24s ile en

üst grupta; P0 (kontrol) parselindeki karbondioksit salınım değeri ise 147.33 mg CO₂ /100 g/24s ile en düşük grupta yer almıştır. En yüksek ortalama değer ile en düşük ortalama değer arasında yaklaşık %161 oranında fark belirlenmiştir.

4.4 2019 ve 2020 Yılına Ait İncelenen Toprak Parametrelerinin Uygulamalara Bağlı Değişimleri

Bu bölümde toplam azot, yarayışlı fosfor, yarayışlı potasyum, elektriksel iletkenlik, pH, üreaz, organik madde, katalaz ve CO₂ salınım değerlerinin 2019 ve 2020 yıllarında yürütülen denemelerin uygulamalarına bağlı değişimleri grafiksel şekiller üzerinden incelenmiş olup, yıllar arasında karşılaştırma yapılmamıştır. Çalışmada uygulamalara bağlı olarak toprağın toplam azot değişimleri şekil 4.1’de gösterilmiştir. Şekil 4.1 incelendiğinde, ilk yıl organik maddeye benzer şekilde yapılan uygulamalar toprağın toplam azot içeriğini artırmıştır. En yüksek artış yonca, nohut, domates parsellerinden elde edilmiştir. 2.yılda ise toplam azot içeriğinin yonca monakültür uygulamasında en yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bunu yonca-mısır rotasyonu izlemiştir.

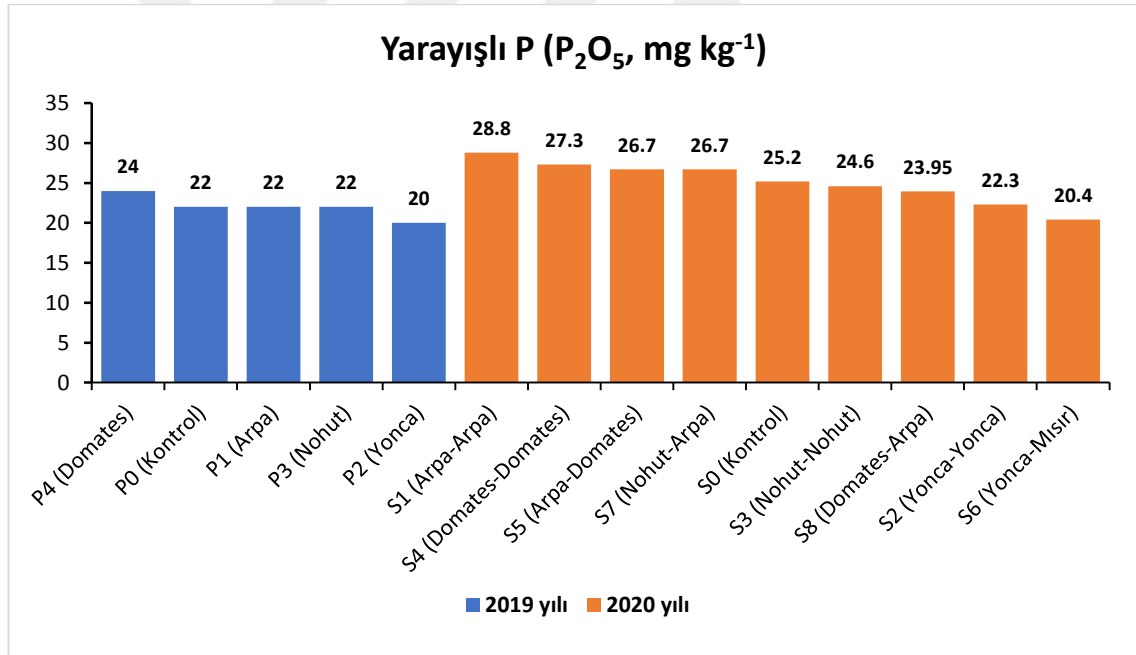


Şekil 4.1 Toprakların toplam azot içeriği üzerine uygulamaların etkisi

Yonca ekili alanda ise en yüksek toplam azot değerine ulaşılmıştır (%0.064). Yonca ekili alanlardaki toplam azot değişiminin her iki yılda da yonca ekili alanlarda yüksek olduğu

gözlemlenmiştir. Ayrıca mısır ekili S6 parselindeki toplam azot miktarındaki değişimlere bakıldığında ikinci en yüksek değişimlerin burada olduğu gözlemlenmiştir.

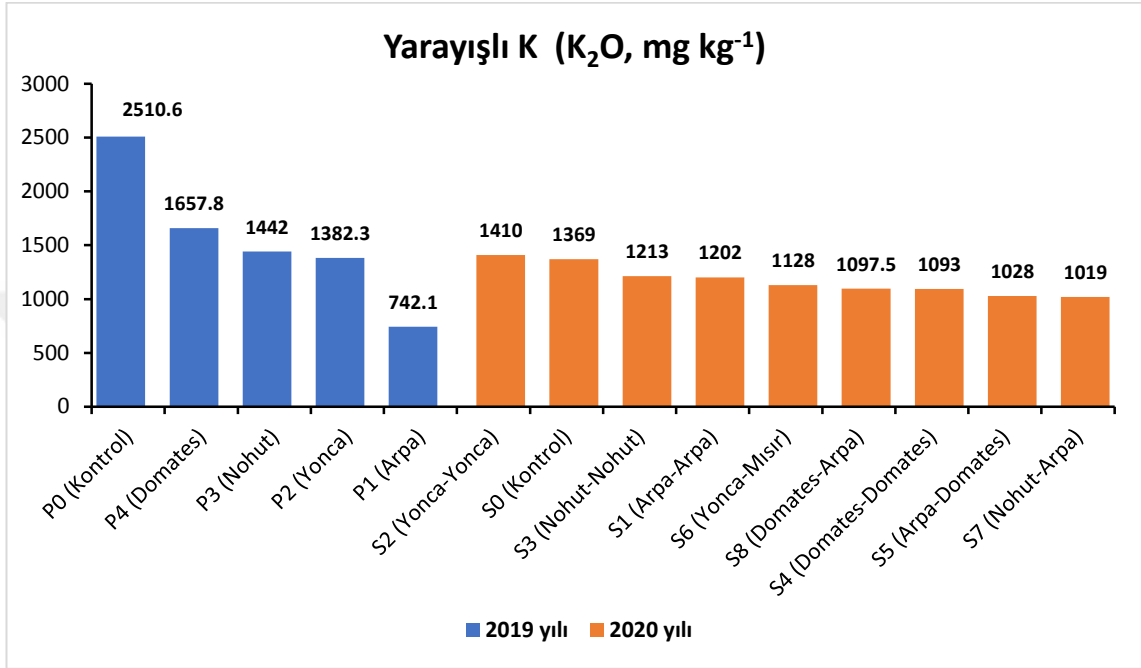
Yarayışlı fosforun uygulamalara göre değişimleri incelenmiş olup, şekil 4.2’de gösterilmiştir. 2019 yılında farklı bitki türlerinin ekildiği uygulama parselleri açısından yarayışlı fosfor miktarında, kontrol ile kıyaslandığında istatistiksel bir değişim gözlenmemiştir. 2020 yılında ise S1 arpa mono kültür ile S7 nohut-arpa rotasyon ve S4 domates monokültür ile S5 arpa-domates rotasyon uygulanan parsellerde yarayışlı fosfor miktarları diğer uygulamalar ile kıyaslandığında daha yüksektir. Özellikle nohut, yonca ve mısır monokültürleri uygulanan alanlarda yarayışlı fosfor miktarları azalmıştır. En düşük değerlere ise yonca mono kültür ve mısır rotasyon uygulanan parsellerde görülmüştür.



Şekil 4.2 Toprakların yarayışlı fosfor içeriği üzerine uygulamaların etkisi

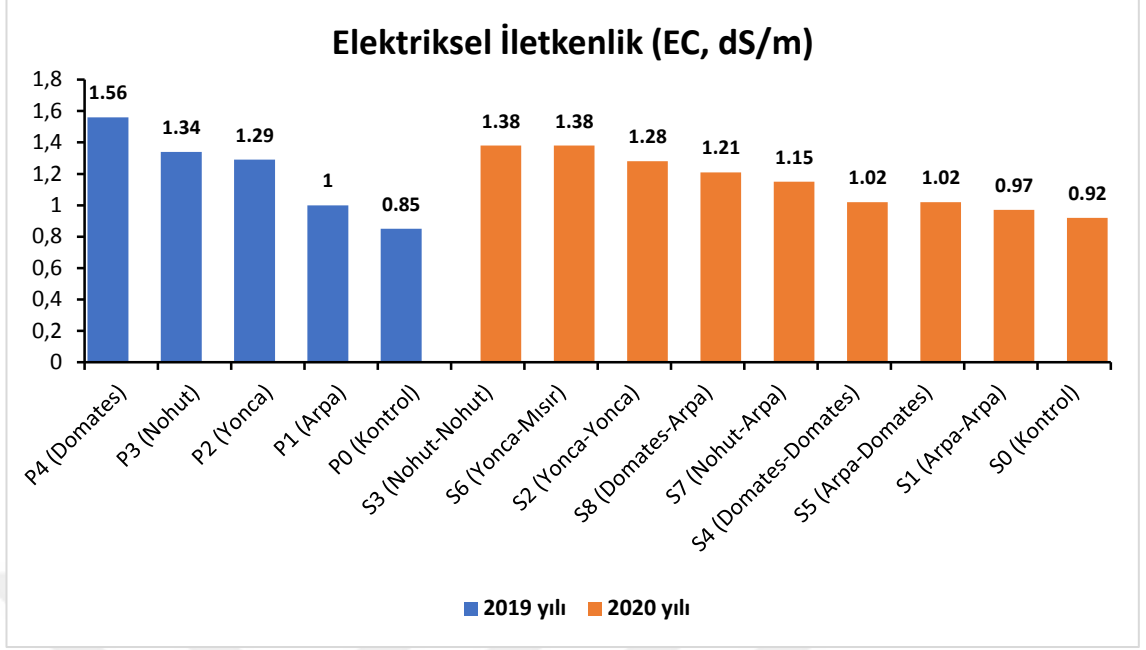
Alınabilir potasyumun yıllara göre değişimleri incelenmiş olup, şekil 4.3’de parsel ve yıl bazlı değişimleri gösterilmiştir. Toprakta bulunan potasyum miktarlarına bakıldığında en yüksek potasyum değeri kontrol grubunda 2019 yılı itibari ile kaydedilmiştir. En düşük potasyum miktarı 2019 yılı arpa ekili P1 parselinde

kaydedilmiştir. Kontrol grubu haricinde en yüksek potasyum değerine P4 domates ve P3 nohut ekili parsellerde ulaşılmıştır. 2020 yılında sadece S2 yonca ekili parselde potasyum miktarının yüksek olduğu görülmüştür. Ancak diğer ürün rotasyonlarında potasyum miktarının kontrol grubuna göre az olduğu görülmüştür.



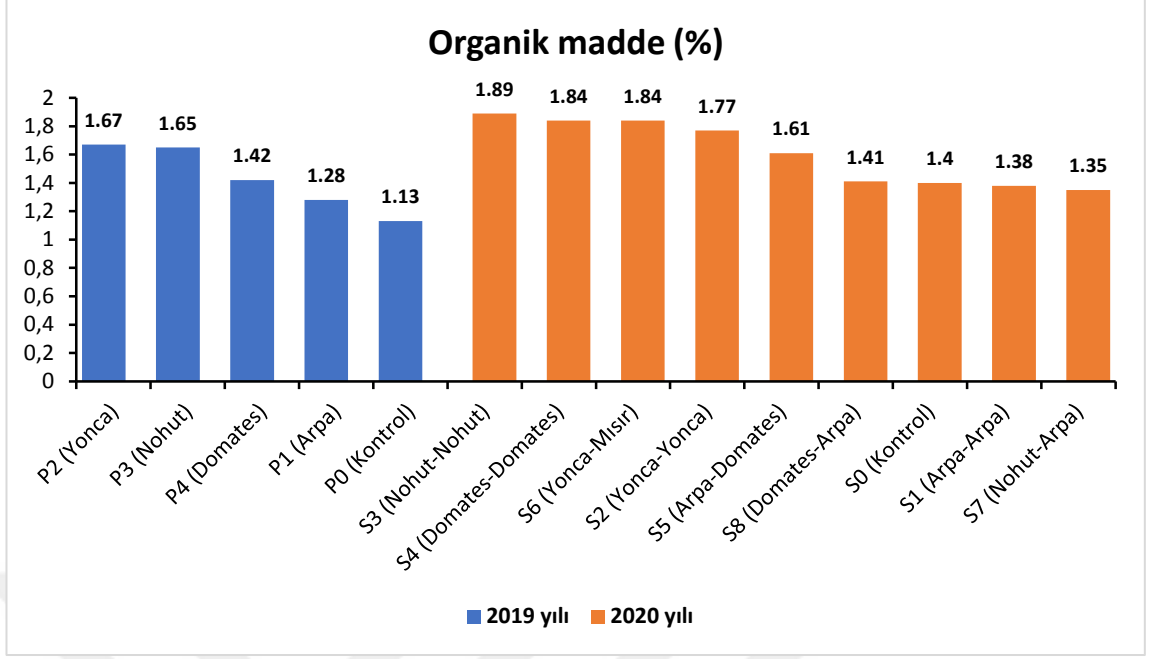
Şekil 4.3 Toprakların alınabilir potasyum içeriği üzerine uygulamaların etkisi

Elektriksel iletkenliğin uygulamalara göre değişimleri şekil 4.4’de gösterilmiştir. uygulama parsellerinin elektriksel iletkenlik değerlerinin her iki yılda da kontrol grubuna göre arttığı görülmüştür. 2019 yılında en yüksek elektriksel iletkenlik değeri P4 domates ekili parselde, 2020 yılında ise en yüksek elektriksel iletkenlik değeri S3 nohut-nohut ekili mono kültür parselinde görülmüştür.



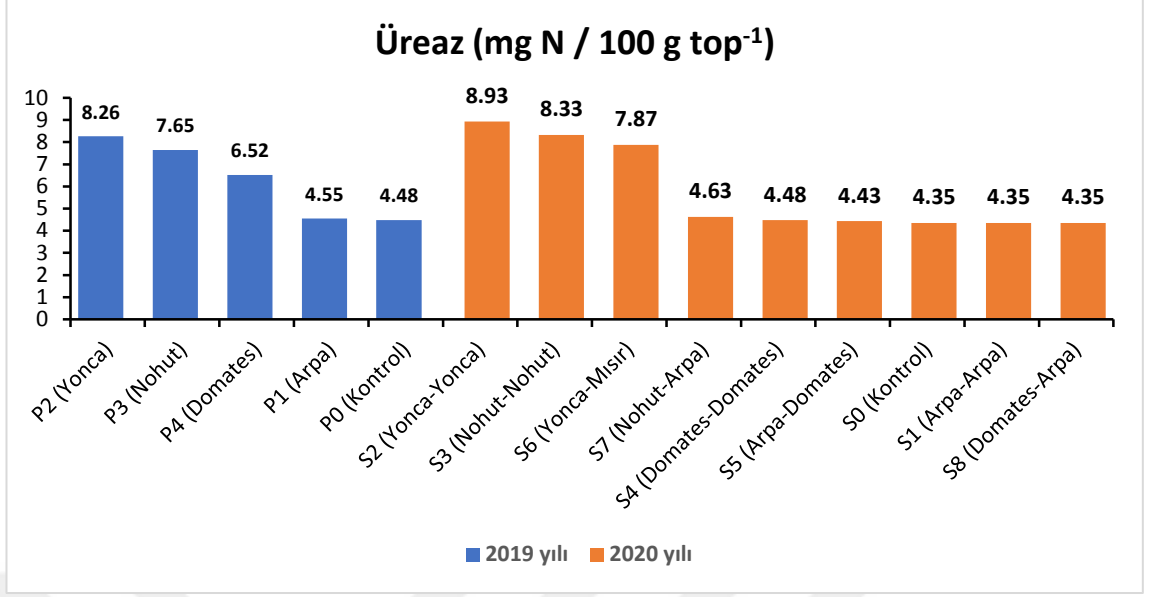
Şekil 4.4 Toprakların elektriksel iletkenliği üzerine uygulamaların etkisi

Toprağın organik madde miktarının uygulamalara göre değişimleri incelenmiş olup, şekil 4.5’de gösterilmiştir. 2019 yılında yonca ve nohut parsellerinde görülmüştür. Monakültür ve rotasyon uygulamalarını içeren 2020 yılında ise toprak organik maddesinin nohut, domates monakültür ile yonca rotasyon uygulamalarında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İkinci yıl özellikle S1 ve S7 arpa ekili parsellerde organik madde miktarının azaldığı gözlenmiştir.



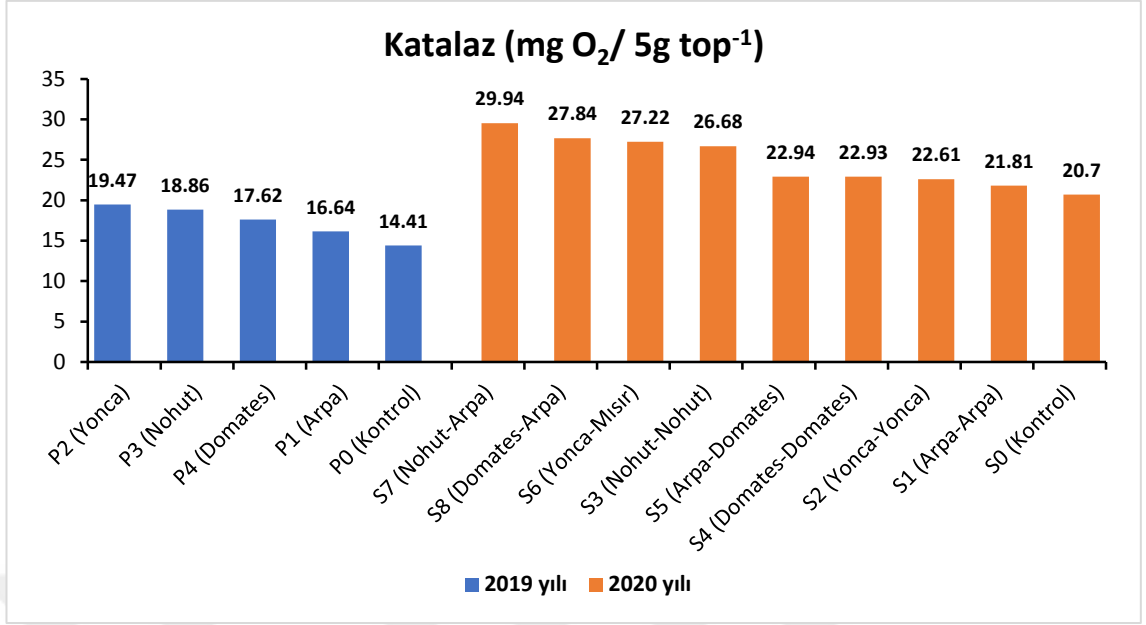
Şekil 4.5 Toprakların toplam organik madde miktarı üzerine uygulamaların etkisi

Üreaz enzim aktivitesinin uygulamalara göre değişimleri şekil 4.6’de gösterilmiştir. İlk yıl yapılan uygulamalar topraklarda üreaz aktivitesini artırmıştır. Organik madde ve toplam azotta olduğu gibi en yüksek artış yonca yetiştirilen parsellerden elde edilmiştir. 2.yıl verileri incelendiğinde en yüksek üreaz aktivitesi yonca monakültür uygulanan parsellerden elde edilmiştir. Bunu nohut monakültür ve yonca rotasyon uygulamaları izlemiştir. Diğer uygulamalar arasındaki farklılık ise önemli bulunmamıştır. Üreaz enzim aktivitesi değerlerinin üst üste arpa ekili olan parselde azaldığı görülmüş, ilk yıl arpa ekili parseldeki üreaz değeri $4.58 \text{ mg N}/100 \text{ g top}^{-1}$ iken ikinci yıl aynı parselde tekrar arpa ekilmesiyle bu değer %4.8 oranında azalarak $4.36 \text{ mg N}/100 \text{ g top}^{-1}$ değerine düşmüştür. 2020 yılında en yüksek üreaz enzim aktivitesi değeri sırasıyla yonca, nohut ve yonca’dan sonra mısır ekili (S6) parsellerde olarak belirlenmiştir. Bu durum yonca ve nohut gibi kökleriyle azot fikse eden bitkilerin toprak azot miktarına katkı sağladığını ve dolayısıyla toprakta üreaz enzim aktivitesinin önemli düzeyde yükseldiğini göstermektedir. S6 parselinde 2020 yılında rotasyon uygulaması olarak mısır ekilmesine rağmen bir önceki yılın ürünü olan yoncanın toprağın üreaz enzim aktivitesine olan etkisinin bir sonraki yıl da devam ettiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.6 Toprakların üreaz aktivitesi üzerine uygulamaların etkisi

Katalaz enzim aktivitesinin uygulamalara göre değişimleri şekil 4.7’de gösterilmiştir. Her iki yılda kontrol grubuna göre uygulamalara bağlı olarak katalaz enzim seviyeleri artmıştır. 2019 yılında kontrol grubuna göre yonca, nohut ve domates ekili alanlarda katalaz enzim aktivitesi artış göstermiştir. 2020 yılında ise en yüksek değerler sırasıyla S7 (nohut-arpa), S8 (domates-arpa) ve S6 (yonca-mısır) ürün rotasyonlarında ve S3 nohut monokültür uygulamalarında kaydedilmiştir. Diğer uygulamaların katalaz aktivitesine etkisi kontrolden farklı olmadığı görülmüştür. Yine ilk yıl uygulamalarında katalaz enzim aktivitesi kontrole kıyasla arttığı, Organik madde, toplam azotta ve üreaz aktivitesinde olduğu gibi en yüksek artış yonca yetiştirilen parsellerde olduğu görülmüştür. 2. yılda nohut monokültür, yonca rotasyon, nohut rotasyon ve domates rotasyon uygulamalarının toprağın katalaz aktivitesini artırdığı ancak bu uygulamalar arasında fark olmadığı belirlenmiştir.

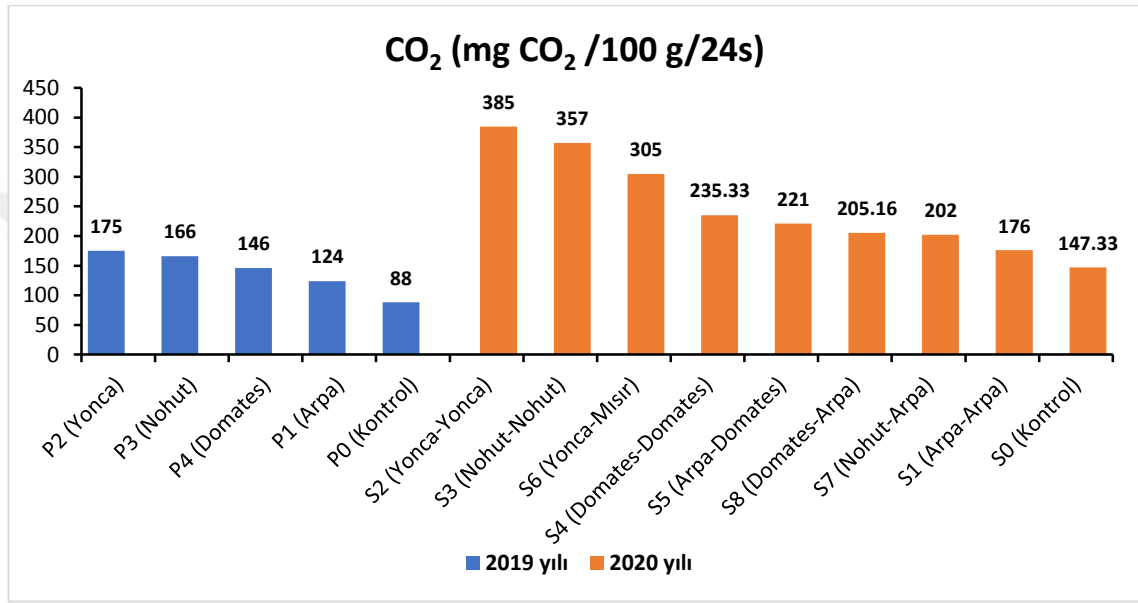


Şekil 4.7 Toprakların katalaz aktivitesi üzerine uygulamaların etkisi

Toprak yüzeyinden atmosfere salınan CO₂ oranının uygulamalara göre değişimleri Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Karbondioksit salınım değerleri incelendiğinde; 2019 yılında en yüksek değerler P2, P3 ve P4 parsellerinden elde edilmiştir. 2020 yılında ise S2, S3 ve S4 ürün rotasyonu alanlarında 2020 yılı için en yüksek değerlere ulaşılmıştır. S2 yonca monokültür ve S3 nohut mono kültürparsellerinde bu değerler sırasıyla 385 ve 357 mg CO₂/100 g/ 24 saat değerine ulaşmıştır. Bunu yonca-mısır rotasyon uygulaması takip etmiştir. 2020 yılı için kontrol parselinde CO₂ salınım değeri 147.33 mg CO₂/100 g/24 saat olarak kaydedilmiştir. İlk yıl verilerine bakıldığında yapılan uygulamaların toprakta CO₂ salınımının artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Yine Organik madde, toplam azotta, üreaz ve katalaz aktivitesinde olduğu gibi en yüksek artış yonca parsellerinden elde edilmiştir. 2.yılda ise yapılan uygulamalar arasında yonca ve nohut monokültür uygulamalarında en yüksek CO₂ salınımının olduğu belirlenmiştir. Bunu yonca rotasyon uygulaması izlemiştir.

Karbondioksit salınım değeri ilk yıl ve ikinci yıl en fazla yonca ekili alanlarda ölçülürken, diğer ürünlerin ekili olduğu alanlarda da belirgin artışlar gözlemlenmiştir. Yonca ekili alanda ilk yıllara göre karbondioksit salınım değerinin ikinci yıl yonca-yonca mono kültür uygulamasında %220 oranında arttığı belirlenmiştir. Arpa-domates ürün

rotasyonlarındaki karbondioksit solunum değerlerindeki değişimlere bakıldığında arpa- arpa (S1) ve domates-arpa (S8) uygulamaları diğer gruplara göre daha az artış göstermiştir. Arpa-domates (S5) ve domates-domates (S4) ürün rotasyonlarında karbondioksit solunum değerlerindeki değişim kontrol uygulamasına göre %50'nin üzerine çıkmıştır. Bu da arpa gibi tahıl grubu bitkilerin karbondioksit solunumunu diğer ürünler kadar desteklemediğini göstermektedir.



Şekil 4.8 Toprakların karbondioksit salınımı üzerine uygulamaların etkisi

4.5 2019 ve 2020 Yılı Toprak Analizlerinin Korelasyon Sonuçları

2019 yılı toprak analiz sonuçlarına göre yapılan korelasyon analiz sonuçları çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Buna göre tüm parsellerde mevcut toprakların pH ile diğer tüm parametreler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Toprağın EC'si ile P, K, TK, SN, HA ve kireç değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Toprağın EC'si ile toplam azot arasında orta düzeyde, toprak organik maddesi, ureaz enzim aktivitesi, katalaz enzim aktivitesi ve CO₂ salınım değerleri arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğu görülmüştür (p<0.05).

Topraktaki P ile HA değeri arasında orta düzeyde, pozitif bir ilişki ($p<0.05$) bulunmuşken, diğer tüm parametreler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Topraktaki K ile kireç arasında orta düzeyde, negatif bir ilişki ($p<0.05$) bulunmuşken, diğer tüm parametreler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Toprağın tarla kapasitesi ile solma noktası arasında yüksek düzeyde, pozitif bir ilişki ($p<0.05$) bulunmuşken, diğer tüm parametreler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Toprağın solma noktası ile organik madde arasında orta düzeyde, negatif bir ilişki ($p<0.05$) bulunmuşken, diğer tüm parametreler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Toprağın hacim ağırlığı ile diğer tüm parametreler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Topraktaki organik madde ile solma noktası arasında orta düzeyde negatif bir ilişki, EC, toplam azot, üreaz enzim aktivitesi, katalaz enzim aktivitesi ve CO₂ salınımı değerleri ile yüksek düzeyde pozitif bir ilişki ($p<0.05$) bulunmuşken, diğer tüm parametreler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Toprakta bulunan kireç ile toplam azot, üreaz enzim aktivitesi, katalaz enzim aktivitesi ve CO₂ salınımı değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Toplam azot ile EC arasında orta düzeyde, organik madde, üreaz enzim aktivitesi, katalaz enzim aktivitesi ve CO₂ salınımı değerleri arasında anlamlı yüksek düzeyde pozitif bir ilişki bulunmuştur.

Üreaz enzim aktivitesi ile EC, organik madde, toplam azot, katalaz enzim aktivitesi ve CO₂ salınımı değerleri arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki bulunmuştur (p<0.05).

Katalaz enzim aktivitesi ile EC, organik madde, toplam azot ve CO₂ salınımı değerleri arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki bulunmuştur (p<0.05).

CO₂ salınımı değerleri ile EC, organik madde, toplam azot, üreaz ve katalaz arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki bulunmuştur (p<0.05).

2020 yılı toprak analiz sonuçlarına göre yapılan korelasyon analiz sonuçları çizelge 4.13'de gösterilmiştir. Buna göre tüm parsellerde mevcut toprakların, toprak pH değeri ile toplam azot arasında düşük düzeyde, negatif bir ilişki bulunmuştur (p<0.05). Ancak toprak pH değeri ile EC'si, P, K, toprak organik maddesi, kireç, üreaz enzim aktivitesi, katalaz enzim aktivitesi CO₂ salınımı değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Toprağın EC'si ile K ve kireç değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (p>0.05). Toprağın EC'si ile P arasında yüksek düzeyde, negatif bir ilişki, organik madde, toplam azot ve üreaz arasında orta düzeyde, katalaz enzim aktivitesi ve CO₂ salınım değerleri arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğu görülmüştür (p<0.05).

P ile organik madde, toplam azot, CO₂ salınım değerleri arasında orta düzeyde, üreaz ile arasında yüksek düzeyde negatif bir ilişki bulunmuştur (p<0.05). Ancak diğer parametreler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Topraktaki K ile kireç ve katalaz arasında orta düzeyde, negatif bir ilişki bulunmuşken, üreaz ile arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki bulunmuştur (p<0.05).

Toprağın tarla kapasitesi ile solma noktası arasında yüksek düzeyde, toplam azot ile orta düzeyde pozitif bir ilişki ($p<0.05$) bulunmuştur. Ancak toprağın tarla kapasitesi ile pH, yarayışlı fosfor, hacim ağırlığı ve kireç arasında orta düzeyde negatif bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$).

Toprağın solma noktası ile tarla kapasitesi arasında yüksek düzeyde, toplam azot ile orta düzeyde pozitif bir ilişki ($p<0.05$) bulunmuştur. Ancak toprağın solma noktası ile katalaz arasında orta, kireç ile yüksek düzeyde negatif bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$).

Toprağın hacim ağırlığı ile tarla kapasitesi, toplam organik madde ve toplam azot arasında orta düzeyde negatif bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$).

Organik madde ile EC arasında orta düzeyde, toplam azot, üreaz enzim aktivitesi CO_2 salınımı değerleri arasında düşük düzeyde pozitif bir ilişki, organik madde ile P arasında ise orta düzeyde negatif bir ilişki olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Toprakta bulunan kireç ile P arasında orta düzeyde, katalaz ile düşük düzeyde pozitif bir ilişki, kireç ile K arasında orta düzeyde negatif bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$).

Toplam azot ile EC arasında orta düzeyde, organik madde, üreaz ve CO_2 salınım değerleri arasında yüksek düzeyde, pozitif bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$). Toplam azot ile pH ve P arasında orta düzeyde negatif bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$).

Üreaz enzim aktivitesi ile EC, organik madde ve toplam azot arasında yüksek düzeyde, K ile arasında orta düzeyde, pozitif bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$). Üreaz enzim aktivitesi ile P arasında yüksek düzeyde, negatif bir ilişki olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).

Katalaz enzim aktivitesi ile EC ve kireç arasında orta düzeyde, pozitif bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$). Katalaz enzim aktivitesi ile K arasında düşük düzeyde negatif bir ilişki olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).

CO₂ salınımı değerleri ile EC, toplam azot ve organik madde ile arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$). CO₂ salınımı değerleri ile P arasında orta düzeyde negatif bir ilişki olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).



Çizelge 4.6 2019 yılına ait toprak parametreleri arasındaki korelasyon değerleri

	pH	EC	Yarayışlı P	Alınabilir K	TK	SN	HA	Toplam Organik madde	Kireç	Toplam Azot	Üreaz	Katalaz	CO ₂ salınımı
pH	1.000												
EC	-0.149	1.000											
Yarayışlı P	0.270	0.343	1.000										
Alınabilir K	0.147	-0.170	0.184	1.000									
TK	-0.098	-0.318	-0.127	0.357	1.000								
SN	-0.248	-0.339	-0.306	0.293	0.882**	1.000							
HA	-0.174	0.251	0.601*	-0.320	-0.183	-0.421	1.000						
Toplam Organik madde	-0.252	0.712*	-0.174	-0.346	-0.499	-0.545*	0.068	1.000					
Kireç	-0.368	-0.073	-0.201	-0.628*	0.093	-0.028	0.455	0,173	1.000				
Toplam Azot	-0.266	0.667**	-0.204	-0.469	-0.339	-0.325	-0.027	0.878**	0.351	1.000			
Üreaz	-0.227	0.685**	-0.219	-0.170	-0.263	-0.320	-0.118	0.937**	0.131	0.909**	1.000		
Katalaz	-0.265	0.705**	-0.219	-0.441	-0.350	-0.381	-0.003	0.956**	0.278	0.962**	0.953**	1.000	
CO ₂ salınımı	-0.320	0.726**	-0.179	-0.485	-0.399	-0.415	0.068	0.955**	0.295	0.961**	0.924**	0.989**	1.000

*p<0.05, p<0.01**

Çizelge 4.7 2020 yılına ait toprak parametreleri arasındaki korelasyon değerleri

	pH	EC	Yarayışlı P	Alınabilir K	TK	SN	HA	Toplam Organik madde	Kireç	Toplam Azot	Üreaz	Katalaz	CO ₂ salınımı
pH	1.000												
EC	-0.265	1.000											
Yarayışlı P	0.248	0.696**	1.000										
Alınabilir K	-0.179	0.019	-0.316	1.000									
TK	-0,451*	0,118	-0,474*	0,382*	1.000								
SN	-0,565	-0,046	-0,368	0,134	0,788*	1.000							
HA	0,037	-0,237	0,267	0,013	-0,409*	-0,282	1.000						
Toplam Organik madde	-0.296	0.502*	-0.481**	0.135	0,368	0,284	-0,505*	1.000					
Kireç	0.181	0.161	0.468*	-0.425*	-0,698*	-0,729*	0,218	-0,102	1.000				
Toplam Azot	-0.386*	0.439*	-0.567**	0.234	0,479*	0,480*	-0,474*	0.814**	-0.347	1.000			
Üreaz	-0.343	0.783**	-0.719**	0.449*	0,302	0,095	-0,314	0.734**	-0.040	0.737**	1.000		
Katalaz	0.019	0.617**	-0.258	-0.446*	-0,273	-0,381*	-0,226	0.177	0.524*	-0.090	0.260	1.000	
CO ₂ salınımı	-0.344	0.743**	-0.581**	0.261	0,244	0,107	-0,349	0.771**	0.048	0.753**	0.907**	0,286	1.000

*p<0.05,

p<0.01**

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Dünya’da giderek artan iklim değışiklikleri ve ekili alanların tahrip edilmesi üretim yöntemlerinin değışmesini zorunlu kılmıştır. Her geçen gün ekim alanları azalmakta olup, ekilen ürün alanlarının genişletilmesi mümkün görünmemektedir. Bununla birlikte ekilen ürün alanlarının tahrip edilmesi, toprağın kirletilmesi sonucu topraktaki organik madde ve canlı florası azalmaktadır. Toprakta azalan canlı florasına bağılı olarak ekim alanlarında bitkilerin gelişmesi için gerekli olan enzimlerin oranı da azalmaktadır (Anonymous 2021a).

Topraktaki enzimler bitkiler, mikroorganizmalar ve hayvanlar tarafından ortaya çıkarılır. Toprak enzimleri üzerinde yapılan çalışmalar, topraklarda yüksek oranlarda bulunan bazı enzim aktivitelerinin ölçülmesi ile toprağın biyolojik özelliklerinin tespit edilebileceğini göstermiştir (Sharma et al., 2017). Toprağın organik ve inorganik kolloidler tarafından adsorbe edilebilen enzimler, çevresel faktörlere karşı diğer enzimlere göre daha dirençlidirler. Böylece bu enzimler uzun yıllar toprakta kalabilirler. Gerek adsorbe ve gerekse mikrobiyal hücrelerden salınan enzimler ile çoğunluğunu bitkisel atıkların oluşturduğu organik materyal ayrışarak daha basit ürünlere dönüşürler. Enzimatik aktivitenin yüksekliği toprak kalitesinin en önemli göstergelerinden birisidir (Singh et al., 2017). Bu nedenle enzimatik aktivite ile toprağa yapılan uygulamalar arasındaki ilişkiyi tespit etmek, toprak verimliliğini artırmada önemli ipuçları sağlayabilir.

Toprak içerisinde bulunan enzimler organik maddelerin inorganik maddelere dönüştürülmesi (mineralizasyon) işlevinde görev almaktadır. Bu sebeple de enzimler toprağın özellikle biyolojik özellikleri olmak üzere fiziksel ve kimyasal özelliklerinden etkilenmektedir (Frankberger ve Dick 1983, Tate 1987). Toprak içerisinde 50 çeşit enzim varlığından söz edilmiştir (Thornton ve McLaren 1975, Haktanır ve Arcak 1994). Bu çalışmada toprak içerisinde önemli etkinlikleri olan üreaz ve katalaz enzimleri üzerinde durulmuştur.

Topraktaki azotlu bileşiklerin ayrışmasının son aşamasında etkili olan üreaz enzimi sayesinde azot döngüsü tamamlanmaktadır (Chen vd. 2004). Azot canlı yaşamı için gerekli olan makro besin elementleri arasındadır. Bitkide protein, amino asit, amid, nükleik asit, klorofil gibi önemli fonksiyonlara sahip organik bileşiklerin yapısında bulunmaktadır. Toprakta var olan azotun kaynağını ise organik maddeler oluşturmaktadır (Müftüoğlu ve Demirer 1998). Bu açıdan üreaz enziminin aktivitesi toprak ve bitki sağlığını doğrudan etkileyerek verime katkı sunmaktadır.

Katalaz, bütün aerob bakterilerde ve fakültatif anaerobların da çoğunda bulunan fakat obligat anaeroblarda bulunmayan intraselüler bir enzimdir. Oksijenin redüksiyonu sonucu ortaya çıkan hidrojen peroksit, superoksit radikal ve hidroksil radikal gibi ürünler hücreler için toksik bileşiklerdir ve hücre makromoleküllerine zarar verebilmektedirler. Katalaz enzimi, hidrojen peroksidi su ve oksijene parçalayarak, hücreleri reaktif oksijen bileşiklerden korumuş olur (Yao et al., 2006). Ayrıca bitkilerin çeşitli stress şartlarına maruz kaldığında oluşan oksidan maddelerin yok edilmesinde de görev almaktadır. (Higashi vd. 1974, Halliwell ve Gutteridge 1990, Nicholls vd. 2000). Bu sebeple de bulunduğu hücre veya bitkinin savunma sisteminin önemli elemanlarından biridir.

Bitkilerin gelişmesini etkileyen diğer önemli bir parametrede ise C döngüsüdür. C döngüsünde rol oynayan toprağın CO₂ salınımıdır. Bitkilerin besin oluşturabilmesi için temel bir kaynaktır. Ancak yanlış toprak işlemleri ve rüzgâr erozyonu sonucunda topraktaki CO₂ salınımı artmaktadır. Toprağın nemi, organik maddesi, sıcaklığı, havalanma durumu ve eğimi gibi özellikleri topraktan salınan karbondioksit oranını etkilediği bildirilmiştir (Jabro vd. 2008, Akbolat 2009). Tarım toprakları tutulan C' un biyokütle ürünlerine ve toprak organik maddesine dönüşmesi açısından bir nevi CO₂ havuzu görevi görmektedir (Kayıkçıoğlu ve Okur 2012).

Bu çalışma farklı bitkilerin yetiştirildiği ve farklı kültürel işlemlerin uygulandığı tarım arazilerinden alınan toprak örneklerinde bazı fiziko kimyasal özellikleri ile üreaz, katalaz enzim aktivitesi ve karbondioksit salınım değerleri üzerine ürün rotasyonunun etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Ürün rotasyonunda kullanılan ürünler tarımsal açıdan önem arz ettiği için ürünlerin tarımsal üretimdeki payları dikkate alınarak seçilmiştir. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü (TEPGE) tarafından yayınlanan 2020 verilere göre (Anonim 2020); arpa üretiminin toplam tahıl üretimi içindeki payının %22 düzeyinde olduğu bildirilmiştir. Arpa üretimi 2020 yılı itibari ile %9.2 oranında artarak 8.3 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Buğday üretiminin %70, mısır üretiminin %6 düzeyinde olduğu rapor edilmiştir.

Diğer yandan baklagiller protein ihtiyacını karşılayan önemli gıda ürünleri arasındadır. Toprak verimliliğini sürdürülmesi açısından baklagillerin ürün rotasyonunda kullanılması ideal bir yöntem olduğu ifade edilmiştir (Izaurrealde vd. 1995, Liu 2006). Toprak sağlığı açısından değerlendirildiğinde baklagiller toprağın azot miktarını arttıran ürünler olarak bilinmektedir. Bu nedenle ürün rotasyonu içerisinde yer almaları önem arz etmekte olduğu düşünülmektedir. TEPGE (Anonim 2020) nohut üretimi tüm baklagil üretiminin %51'ni, fasulye %18'ini, mercimek %29'unu oluşturduğunu; 2020 yılı itibari ile nohut üretimi 630 bin ton olarak gerçekleştiğini rapor etmiştir.

Domates üretimi ise gerek sofralık tüketimi gerekse sanayide kullanım alanının (salça, sos vb.) olması nedeniyle önemli sebzeler arasında yer almaktadır. TEPGE'nin (Anonim 2020) yayınladığı raporda domates üretiminin payı tüm sebzeler arasında %52 gibi yüksek bir oranda olduğu açıklanmıştır. Ürün rotasyonu uygulamamızda arpa, domates, mısır, nohut ve yonca gibi farklı gruplara ait ürünler bu kapsamda seçilmiştir.

Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde ürün ekiminin yapılacağı yıllara ait meteorolojik iklim verileri incelenmiş olup, 2018, 2019 ve 2020 yıllarının iklim verilerinin ortalamalarının benzer olduğu görülmüştür (Anonim 2021). Ayrıca deneme alanından elde edilen toprak örneklerinin kum-silt ve kil oranlarının da benzer olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1).

Bu çalışmada, 2019 ve 2020 yıllarında uygulanan rotasyonların çeşitli parametreler üzerindeki etkilerinin benzer olduğu görülmüştür. Her iki yılda da genellikle organik madde miktarları ve toprağın kireç içeriği kontrol grubuna göre artmıştır. 2019 yılında en

yüksek toprak organik madde değeri P2 (yonca) uygulamasından elde edilmiştir. 2020 yılında ise S3 (nohut-nohut) S4 (domates-domates), S6 (yonca-mısır) ve S2 (yonca-yonca) uygulanan parsellerde organik madde miktarlarının yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5). Rosenzweig vd. (2018) ürün rotasyonun toprak agregasının ve toprak organik karbon içeriğini artırdığı bildirmiştir. Ayrıca ürün rotasyonunun, yüzyıllardır tanınan ve bilinen evrensel bir toprak yönetim uygulaması olduğu kanıtlanmıştır (Bhowmik ve Doll 1982, Fahad vd. 1982, Baird ve Benard, 1984, Dabney vd. 1988, Peterson ve Varvel 1989). Yapılan bu çalışmanın bilimsel gerçekliği ifade edilen bilgiler ışığında olduğu görülmektedir. Yonca bitkisinin köklerinde bulunan nodüller ile havada serbest halde bulunan azotu toprağa bağlaması en önemli sebeplerden sayılmaktadır. Organik madde miktarındaki artış bitki kök artıklarının hasattan sonra toprakta kalması diğer önemli bir etkidir.

Baklagillerin ve yemlik olarak kullanılan çayır bitkilerinin dönüşümlü olarak kullanılmasının toprağın organik madde içeriğinin artmasına sebep olduğu, havadan alınan azot fiksasyonunun da önemli etkileri olduğu ifade edilmiştir (Haktanır ve Arcak, 1994).

Bitkilerin alacağı azotun ana kaynağından birini atmosferdeki azot oluşturmaktadır. Diğer bir kaynak ise toprak içerisinde yer alan organik madde veya humustur. Ancak bitkilerin aldığı inorganik azotun %92-96' sının kaynağı organik azot oluşturmaktadır. Tüm bitkisel canlıların gerekli büyüme ve gelişmelerini tamamlayabilmeleri için azot en önemli besin elementleri arasında yer almaktadır (Arslan vd. 2018).

Bu çalışmada, mono kültür ve ürün rotasyonları sonucunda ekili alanların azot değişimleri izlenmiştir. Toplam azot değerlerine bakıldığında yonca, mısır, nohut ve domates ekili alanlara sırasıyla 2019 ve 2020 yıllarında artış olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.4, Çizelge 4.5). Sürdürülebilir bir tarım için Dişbudak (2008) tarafından da ürün rotasyonu yapılması gerektiği ve böylece toprağın ihtiyacı olan azot kaynağının karşılanacağı ifade edilmiştir. Nitekim bu çalışmada bazı ekili alanlardaki azot artışının önceki araştırmalar ile paralel olduğu görülmüştür.

Arpa ekili alanlarda toplam azotun değişimi incelendiğinde azalışlar meydana geldiği görülmektedir. Bu durum; sürekli tahıl ekilen topraklarda toplam azot miktarının azalmasına yol açarak verim ve kalite parametrelerini olumsuz etkilediğinin veya etkileyeceğinin bir kanıtı olarak yorumlanmıştır.

Yonca rotasyonlu alanlarda en yüksek toplam azot değerine ulaşılmıştır (%0.064). Şekil 4.2 incelendiğinde yonca ekili alanlardaki artan azot oranları dikkat çekmekte, yonca mahsulünün mısırın ilk aşaması için gerekli olan azotun çoğunu sağladığını göstermektedir. Yine mısır ekili S6 parselindeki toplam azot miktarındaki değişimlere bakıldığında ikinci en yüksek değişimlerin burada olduğu görülmektedir. Çalışma sonuçlarına benzer Şekilde, Ma vd. (2016) tarafından mısır ve yonca ürün rotasyonunun azot ve fosfor alımında önemli derecede farklılık gösterdiği bildirilmiştir.

2019 yılında fosfor değişimlerinin önemsiz olduğubuna karşılık 2020 yılında uygulamaların etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Yarayışlı fosforun oranları 2020 yılında kontrol grubuna göre değişmiştir (Şekil 4.3). 2020 yılında en yüksek yarayışlı fosfor içeriği S1 (arpa-arpa) uygulamasında elde edilirken en düşük S6 (yonca-mısır) uygulamasında belirlenmiştir.

S2 yonca ve S6 mısır ekili alanlarda büyük oranda azalmalar görülmüştür. S8 arpa ekili parselde ise domates ürünü takip eden 2020 yılında azalış meydana gelmiştir. Arslan vd. (2018) bitkilerden verimelde edilmesi için toprağın içerisinde yeterli derecede yarayışlı fosfor bulunması gerektiğini ifade etmiştir. Bu önemli besin elementi bitkinin köklerinin büyümesini, bitkinin olgunlaşmasını, döllenesini, erken tohum teşekkülü ile hastalık ve zararlılara karşı direnci artırmada önemli roller üstlenmektedir. Toprağın içerisindeki fosforun miktarı toprak işleme Őekillerine ve doğa Şartlarına göre hızlı değişim göstermektedir.

Toprağın içerisindeki fosfor miktarı toprak içerisindeki azot ve potasyuma göre daha az oranlarda yer almaktadır (İdikut ve Yıldız 2018, Alam ve Ladha 2004). Öte yandan fosfor içeriği en yüksek bitkiler arasında yer alan mısır, yonca ve domates ekili alanlar yarayışlı fosfor miktarı kontrol parseline göre azalış gösteren parsellerdir (Şekil 4.3).

Bu çalışmada fosfor oranlarının düşüş göstermesi beklenen bir gelişmedir. Çünkü bitki metabolik faaliyetleri için fosfor kullanmaya ihtiyaç duymaktadır.

Alınabilir potasyumun değişimleri incelendiğinde, uygulamaların etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Ekim yapılmayan kontrol grubuna göre uygulama yapılan parsellerin potasyum değerlerinin düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.5). Toprak içerisinde yer alan potasyum miktarının toprak içerisinde gerçekleşen reaksiyonları etkilediği bilinmektedir.

Toprakların kil miktarı ve çeşidi, kireç içeriği, pH değeri gibi diğer bazı toprak özelliklerinin toprakta potasyumun serbest bırakılması veya tutulması (fikse edilmesi) gibi süreçler üzerinde etkili olmasından dolayı potasyumun toprakta dağılımı değişkenlik göstermektedir (Arslan vd. 2018). Bu çalışmamızda toprakların alınabilir potasyum değerinin kontrol grubuna göre azalması, potasyumun yetiştiriciliği yapılan bitkiler tarafından biyokimyasal olaylarda daha çok kullanıldığının bir göstergesidir.

Toprağın elektriksel iletkenliğinin değişimleri incelendiğinde uygulamaların etkisinin önemli olduğu görülmüştür. En yüksek EC değeri 2019 yılında P4 (domates), 2020 yılında ise S3 (nohut-nohut) ekili parsellerde gözlenmiştir (Şekil 4.5). Her iki yılda da kontrol grubuna göre tüm uygulamaların toprak EC değerlerini artırdığı görülmüştür. Bu değerler ürünlerin yetiştirilmesi açısından herhangi bir negatif etki yaratmamaktadır. Toprak elektrik iletkenliği, topraktaki tuz miktarının (toprağın tuzluluğu) bir ölçüsüdür ve toprak sağlığının önemli bir göstergesidir.

Toprak elektriksel iletkenlik değeri, ürün verimini, ürün uygunluğunu, bitki besin maddesinin mevcudiyetini ve toprak mikroorganizmalarının aktivitesini etkiler ve bunun neticesinde azot oksitlenmektedir. Metan ve karbondioksit gibi sera gazlarının emisyonu da dahil olmak üzere önemli toprak süreçlerini etkileyen bir faktördür. Fazla tuzlar toprak-su dengesini etkileyerek bitki büyümesini engellemektedir. Fazla tuz içeren topraklar, kurak ve yarı kurak iklimlerde doğal olarak oluşmaktadır. Ürün seçimi, sulama ve arazi yönetiminin bir sonucu olarak tuz seviyeleri artırabilmektedir (Anonymous 2021b).

Smith ve Doran (1996)'da toprak elektriksel değerleri ile bitkilerin tolerans değerleri arasındaki ilişki üzerine yapmış oldukları çalışmada 0.8 dS/m eŐik değerde arpa için verim kaybının %5 olacağı varsayılmaktadır (Anonymous 2021b, Smith ve Doran 1996). Hem 2019 yılında hem de 2020 yılında ürün yetiştirilen tüm parsellerde elektriksel değeri bu eŐik değerin üzerinde çıkmıştır (Şekil 4.5). Oluşan farklılıkların, kullanılan bitki türlerine göre yapılan kültürel iŐlemlerden kaynaklandığı dŐnlmektedir.

Yonca ekili alanlarda, 2019 yılında elektriksel değeri P2 parselinde 1.295 dS/cm ve 2020 yılında elektriksel değeri S2 parselinde 1.28 dS/m ile yonca için öngörülen elektriksel eŐik değerlerinin (2.0 dS/m) (Smith ve Doran, 1996) altında kalmıştır. Aynı çalıŐmaya göre belirtilen eŐik değerde yonca verim kaybının %7.3 olacağı varsayılmaktadır.

Domates ekili alanlarda, 2019 yılında elektriksel iletkenlik değeri P4 parselinde 1.56 dS/m ile domates için öngörülen elektriksel iletkenlik eŐik değerlerinin (2.5 dS/m) (Smith ve Doran 1996) altında kalmıştır. Bu çalıŐmaya göre belirtilen eŐik değerde domates verim kaybının %9.9 olacağı varsayılmaktadır. 2020 yılında elektriksel iletkenlik değeri S4 parselinde 1.025 dS/m ve S5 parselinde 1.020 dS/m ile yine bu eŐik değerinin altında çıkmıştır.

Mısır ekili alanlarda, 2020 yılında elektriksel iletkenlik değeri S6 parselinde 1.380 dS/m ile mısır için öngörülen elektriksel iletkenlik eŐik değerlerinin (1.7 dS/m) (Smith ve Doran 1996) altında kalmıştır. Smith ve Doran (1996)'ın yaptıkları çalıŐmaya göre belirtilen eŐik değerde mısır verim kaybının %12.0 olacağı varsayılmaktadır.

Toprağın pH değerleri yıllara göre değişimleri incelendiğinde rotasyonun etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir Tüm parsellerin hafif alkali toprak koşullarında olduğu görülmektedir. Yapılan alıŐmalar, toprak pH değerinin 7.5'ten 8.0'e doğru yükselmesi durumunda topraktaki bitkiler tarafından alınabilir demir, mangan ve çinko gibi elementlerin yararlı etkilerinin azaldığı belirtilmiştir (Munsuz vd. 2001).

Üreaz enziminin değişimleri incelendiğinde uygulamaların etkisinin önemli olduğu görölmüştür. Her iki yılda kontrol grubuna göre özellikle yonca ve nohutta ekili parsellerde üreaz enzim seviyelerinde önemli artışlar belirlenmiştir (Şekil 4.8). 2019 yılındaki uygulamalardan P2 (yonca), P3 (nohut) ve P4 (domates) toprağındaki artış çok yüksek olmuştur. 2020 yılında toprak üreaz enzim aktivitesi değeri en yüksek S2 (yonca-yonca) ve S3 (nohut-nohut) mono kültür uygulamalarında; en düşük toprak üreaz enzim aktivitesi ise S8 (domates-arpa) rotasyon uygulamasında saptanmıştır.

Klose ve Tabatabai (2000) farklı ekim nöbeti (mısır, soya fasulyesi, yulaf veya yonca) ile ve azot gübrelenmesinin toprak üreaz aktivitesine etkisini araştırdığı çalışmada, üreaz aktivitesinin azot uygulamasından etkilenmediği ancak bitki çeşidine bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiğini ifade etmiştir. Genel olarak 4 yıllık mısır-yonca ekim nöbeti altında üreaz aktivitesinin sürekli mısır yetiştirilen koşula göre önemli düzeyde yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla, bu tez çalışmasında söz konusu yonca ve nohut bitkilerinin ekildiği parsellerdeki yüksek üreaz aktivitesinin, azot bağlama kapasiteleriyle ilgili olduğu düşünölmektedir.

Bazı araştırmacılar pH değeri ile üreaz enzim aktivitesi arasındaki ilişkinin değişim gösterebileceğini (Kop Durmuş vd. 2020, Pancholy ve Rice 1973) ve üreaz enzim aktivitesi için optimum pH aralığı 6.5-7.0 arasında olduğu belirtilirken, bazı araştırmacılar tarafından ise 8.8-9.0 arasında olduğu belirtilmektedir (May ve Douglas 1976, Pettit vd. 1976, Kızılkaya vd. 1998). Bu çalışmada üreaz aktivitesinin yüksek olduğu yonca ekili alanlarda pH değeri daha düşük çıkmıştır, çıkmasına rağmen oluşan farklılıkların önemli olmadığı dikkat çekmiştir (Şekil 4.6, Şekil 4.8).

Çalışma kapsamında yapılan uygulamaların toprağın katalaz enzim aktivitesi üzerine etkisi önemli bulunmuştur Kontrol gruplarına göre her iki yılda yonca ve nohut bitkilerindeki katalaz enzimi aktivitesi yüksek çıkmıştır (Şekil 4.9). 2019 yılında en yüksek P2 (yonca) alanında katalaz etkinliği görölmüştür. 2020 yılında ise S7 (nohut-arpa), S8 (domates-arpa), S6 (yonca-mısır) ve S3 (nohut-nohut) alanlarında katalaz etkinliğinin yüksek olduğu görölmüştür.

2019 yılında P1 ve P0 parsellerindeki katalaz enzim aktivitesinin düzeyi 16.14 ve 14.41 (mg O₂/5 g top⁻¹) olarak kaydedilmiştir. Bununla birlikte 2020 yılında ise S1 ve S0 parsellerindeki katalaz enzim aktivitesinin düzeyi 21.81, 20.7 (mg O₂/5 g top⁻¹) olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar ikinci yıl ürün rotasyonunun katalaz enzim aktivitesinin düzeylerini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Ürün rotasyonunun kısa sürelerde bile oldukça etkili sonuçlar doğuracağı görülmektedir. Kabana ve Truelove (1982) tarafından gerçekleştirilen bir ürün rotasyonu çalışmasında, yaptıkları bir çalışmada en yüksek ortalama katalaz aktivitelerini buğday, soya fasulyesi ve kışlık baklagillerin altındaki toprakta kaydetmişlerdir. 75, 100 ve 150 düzeyindeki nem düzeylerinde katalaz enzim aktivitesinin tarla kapasitesi ile ilişkisini ortaya koyan bir çalışmada, %75 nem düzeyinde katalaz aktivitesi değerleri 24.75 ile 35.27 mg O₂ /5 g top⁻¹ olarak kaydedilmiştir. Araştırmacılar farklı nem düzeylerinin katalaz enzim aktivitesi üzerine bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir (Haktanır ve Arcak 1994). Toprak katalaz aktivitesinin toprağın verimlilik düzeyi, karbon içeriği, azot içeriği ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Kabiri vd. 2016).

Wang vd. (2016a) ve Yuan vd. (2017) bitkisel üretim yapılan topraklarda katalaz aktivitesinin bakteriyel ve fungal mikroorganizma popülasyonu, toprağın katyon değişim kapasitesi ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Toprağa uygulanan gübre miktarı ve ürün rotasyonunun toprak katalaz aktivitesini etkilediği Mijangos vd. (2006) tarafından bildirilmiştir. Trasar-Cepede vd. (1999) tarafından da katalaz aktivitesinin; kil içeriği, toprak nemi, toprak derinliği, sıcaklık, organik madde miktarı, pH, toprak tipine göre farklılık gösterdiği ve özellikle toprak işleme şekline göre artış gösterdiği rapor edilmiştir.

Bunların yanı sıra; azot ve organik madde parametrelerinde olduğu gibi uygulamaların atmosfere salınan CO₂ oranı üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Kontrol grubuna göre diğer tüm ürünlerin ekildikleri topraktan salınan CO₂ değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 4.10). Bu durum toprakların mikrobiyal aktivitesinde artış olduğunun kanıtıdır. Karbondioksit salınım değeri 2019 yılında en yüksek P2 (yonca) P3 (nohut) parsellerinde, 2020 yılı CO₂ salınım değerlerine bakıldığında ise yonca, nohut, mısır ve domates ekili alanlarda ulaşılmıştır (Şekil 4.10).

Yonca ekili S2 parselinde bu değer 385 mg CO₂/100 g/ 24 saat değerine ulaşmıştır. Yonca ekili alanlarda CO₂ değerinin bu şekilde yüksek çıkması aynı zamanda yonca ekili alanlarda üreaz enzim aktivitesinin yüksek olması ile doğru orantılı olarak gelişmiştir. Öyle ki üreaz enzim aktivitesi ile organik madde miktarı arasında pozitif bir ilişki vardır. Yonca ve mısır ekili alanlarda organik madde miktarı yüksek bulunmuştur.

Buna bağlı olarak organik kökenli atıkların ortamdaki toprak canlılarına substrat kaynağı olması ve sonuç olarak artan popülasyonun ürettiği CO₂'in de yükselmesi nedeniyle en yüksek salınım bu alanlarda gerçekleşmiştir (Kablan 2005). Toprak yüzeyinden atmosfere salınan CO₂ oranı ve miktarına; toprağın geçirgenliği, besin içeriği, organik madde miktarı, toprak işleme sistemleri, sulama uygulamaları, toprak nem içeriği ve sıcaklığı etkilidir (Jabro vd. 2008, Akbolat ve Coşkan 2020).

2020 yılı için kontrol parselinde CO₂ salınım değeri 147.33 mg CO₂/100 g/24 saat olarak kaydedilmiştir. Kontrol parselini arpa ve domates ekili alanlar izlemiştir. Karbondioksit solunum değerlerindeki değişimlere bakıldığında; arpa-arpa (S1) mono kültür, domates-arpa (S8) ve arpa-domates (S5) rotasyon uygulamaları diğer gruplara göre daha az artış göstermiştir. Diğer uygulamalar ile karşılaştırıldığında; arpa-domates (S5) rotasyon ve domates-domates (S4) mono kültür parsellerinde karbondioksit solunum değerlerindeki değişim kontrole göre %50'nin altında çıkmıştır. Bu da arpa gibi tahıl grubu bitkilerin karbondioksit solunumunu diğer ürünler kadar desteklemediğini göstermektedir. Bunu karşılıık; Kayıkçıoğlu vd. 2020 yılında yaptıkları domates bazlı ürün rotasyonunda elde ettikleri sonuçlara göre azaltılmış toprak işleme ile yönetilen iki farklı ürün yetiştirme sisteminin toprak solunumunu, N-mineralizasyonunu, dehidrojenaz ve ̢-glikozidaz enzimlerinin etkilerini iyileştirerek toprak sağlığına fayda sağlayabileceğini bildirmişlerdir. Dolayısıyla, domates ekili mono kültür ve rotasyon uygulamalarındaki toprak solunumu değerlerinin kontrole kıyasla göreceli olarak daha yüksek olması Kayıkçıoğlu vd. (2020)'nin çalışmada ortaya konulan verilerle örtüşmektedir.

Toprak CO₂ ıkış değerlerine bakıldığında nohut ve yonca ekili alanlardaki karbondioksit salınım değerleri bir önceki yıla göre artış göstermiştir. Karbondioksit

salınım değeri ilk yıl ve ikinci yıl en fazla yonca ekili alanlarda ölçülürken, diğer ürünlerin ekili olduğu alanlarda da artış gözlemlenmiştir. Yonca ekili alanda ilk yıl 175 mg CO₂/100 g/24s olan karbondioksit salınım değeri ikinci yıl ise %120 oranında artarak 385 mg CO₂/100 g/24s ölçülmüştür. Bulunan sonuçlar, Vinther vd. (2004) yaptıkları bir çalışmada CO₂ salınımı için, ara ürün ve yeşil yem bitkilerinin kullanıldığı ürün rotasyonlarında yüksek değerler elde edildiğini, ara ürün ve yeşil yem bitkilerinin kullanılmadığı ürün rotasyonlarında daha düşük değerler kaydedildiğini bildirdiği çalışmasını desteklemektedir.

2019 ve 2020 yıllarında ekim yapılan toprağın elektrik iletkenlik değerleri ile katalaz enzimi arasındaki ilişki incelenmiştir. Elektriksel iletkenlik değerleri ile katalaz enzimleri arasındaki ilişkinin yüksek düzeyde ve pozitif olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada incelenen toprak özellikleri arasındaki korelasyon değerlerine bakıldığında; 2019 ve 2020 yıllarında yapılan uygulamalara bağlı toprağın elektrik iletkenlik değerleri ile katalaz enzimi arasındaki ilişkinin yüksek düzeyde ve pozitif olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar; toprağın elektriksel iletkenliği (EC)'nin katalaz aktiviteleri üzerinde doğrudan bir etkisi olduğunu ve toprak EC'si ile toprak katalaz aktiviteleri arasında önemli bir korelasyon olduğunu bildiren Shi vd. (2008)'nin çalışması ile benzerlik göstermektedir.

Uygulamalara bağlı toprağın organik madde değerleri ile üreaz enzimi arasındaki korelasyon sonuçları incelendiğinde; organik madde değerleri ile üreaz enzimleri arasındaki ilişkinin her iki yılda yüksek düzeyde ve pozitif olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, Shi vd. (2008) tarafından da organik madde değerleri ile üreaz enzimleri arasındaki ilişkinin yüksek düzeyde ve pozitif olduğu bulunmuştur. Bunun yanısıra araştırmacılar, topraktaki organik maddenin invertaz, üreaz ve asit fosfatazın aktivitelerine karşı anlamlı bir korelasyona sahip olduğunu ancak katalaz ile olmadığını ortaya koymuştur. Ancak bu tez çalışmasında, her iki yıla ait organik madde değerleri ile katalaz arasında da pozitif bir ilişki olduğu görülmüştür. Bu sonuç ise Kızılkaya vd. (1998) tarafından, toprakların üreaz enzim aktivitesi ile toprakların organik madde arasında pozitif ilişkiler olduğunu bildirdiği çalışması ile örtüşmektedir.

Bununla birlikte; Çelik (2011) yaptığı çalışmada; üreaz enzim aktivitesi ile silt, Mn, Pb, N arasında, katalaz enzim aktivitesi ile EC, silt, Ca, Mn, Co, Mo, Cd, CO₂ üretimi arasında istatistiksel açıdan pozitif yönde önemli ilişkiler olduğunu bildirmiştir. Öte yandan, üreaz enzim aktivitesi ile toprak organik maddesi arasında ve katalaz enzim aktivitesi ile kum, kireç ve Fe arasında istatistiksel açıdan negatif yönde önemli düzeyde ilişkiyi bulunmuştur (p<0.05). Bu çalışmamızda her iki yıla ait üreaz değerleri ile azot arasında, katalaz değerleri ile CO₂ salınımı değerleri arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Yine Çelik (2011) tarafından gerçekleştirilen aynı çalışmada CO₂ salınımı ile elektriksel iletkenlik, silt, organik madde, Ca, Mn, Co, Mo, Cd, Ni, Pb, Se arasında istatistiksel açıdan pozitif yönde önemli ilişki olduğunu vurgulamıştır. Bu çalışmamızda her iki yıla ait CO₂ salınım değerleri ile elektriksel iletkenlik değerleri arasında, katalaz değerleri ile CO₂ salınımı değerleri arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Yapılan diğer çalışmalar ile bu yaptığımız çalışmanın benzer sonuçlar gösterdiği görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular ışığında bu ürün rotasyonlarının kullanılması halinde daha az girdi (daha az azotlu gübreleme) ve maliyet elde edilecektir. Ayrıca ürün rotasyonu daha temiz bir çevre, daha sağlıklı bir toprak ve birim alandan daha fazla daha güvenilir ürün elde etme açısından birtakım avantajlar sağlayacaktır. Tüm bu sonuçlar incelendiğinde ürün rotasyonlarının topraktaki enzim miktarlarının değişiminde, ürün verimini ve kalitesinin artırılmasında önemli bir yöntem olduğu görülmüştür. Ayrıca; bu çalışma kapsamında araştırmanın yürütüldüğü Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği toprak arazisine yönelik bazı kanaatler ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda yapılan öneri ve değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur:

Zamanla daha fazla yüzleşmek zorunda kalacağımız iklim krizine karşı topraklarımızda daha fazla su tutarak toprak canlılığı sürdürülmelidir. Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliğindeki bitkisel atıkları kompost yöntemi ile toprağa besin olarak geri vererek toprağı zenginleştirebiliriz. Bu sayede; ayrışmalar sonucu açığa çıkan organik bileşikler toprak daha gözenekli hale getirecek, toprakta suyun tutulumunu artırarak nem kaybını azaltacak ve biyolojik aktivitelerin artışı destekleyecek ve dolayısıyla toprak verimliliğine katkı sağlayacaktır.

Uygulama yapılan alanlarda tarımsal açıdan düzenli toprak analizleri yapılarak ürünün ihtiyacı doğrultusunda gereken gübre, ilaç ve kimyasal madde kullanımının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılması önerilir. Toprağın canlılığının ve veriminin en önemli belirteçlerinden olan mikroorganizmaların miktar ve faaliyetlerini belirleyen biyolojik analizlerin de gerçekleştirilmesi tavsiye edilir.

İlerleyen yıllarda yaşayabilecek kuraklık sıkıntısına karşın topraktaki organik madde miktarının artırılması açısından ürün rotasyon işlemlerinin Çiftlik arazisi genelinde uygulanması önerilir. Yapılan çalışma göstermiştir ki, ürün rotasyonları topraktaki organik madde miktarının önemli oranda artmasını sağlamaktadır. Organik madde miktarının artması topraktaki suyun tutulması ile doğru orantılıdır. Bu nedenle de ürün rotasyon planlarına kök yapısı daha derin ve güçlü olan mahsüller ekleyerek toprağı daha zengin hale getirilmesi önerilmektedir. Araştırma sonuçlarında uygulamaların ikinci yılında sırasıyla nohut, mısır ve yonca ve domates monokültürlerinin olduğu alanlarda organik madde miktarı daha yüksek oranlarda kaydedilmiştir. Bu durum Çiftlik arazisinde bundan sonra yapılacak ekim nöbeti planına mutlaka yonca gibi yem ve baklagil bitkilerinden seçilmesi gerektiğinin ispatıdır. Üst üste iki sene domates ekili olan parseldeki organik madde değerleri ikinci yılda artış göstermiştir. Dolayısıyla yem ve baklagil bitkilerinin yanı sıra, rotasyon planlarına domates bitkisinin de dahil edilmesi alternatif bir uygulama olarak kullanılabilir.

Hem 2019 yılı için hem de 2020 yılı için yapılan uygulamalar sonucunda arpa ekili gerek mono kültür gerekse rotasyon uygulanan alanlarda organik madde miktarı en düşük seviyede gerçekleşmiştir. Bu durum üst üste tahıl ekiminin zamanla toprağın organik madde miktarını azaltacağını ve mutlaka ekim nöbeti planı yaparak münavebe yöntemini tercih edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Toplam azot miktarı açısından, en yüksek azot miktarı yonca ve nohut monokültür ekili alanlarda elde edilmiştir. Dolayısıyla yonca bitkisinin azot bağlayıcılığının mutlak katkısı olduğu bu sonuçlara yansımıştır. Domates ve nohut ekili alanlarda ise artış miktarı mısır ekili alanların gerisinde kalmıştır. Dolayısıyla yonca ekili alanların toplam

azot miktarına katkısı ikinci yılda bariz olarak artmıştır. Özellikle ikinci yıl denemelerinde arpa ekili alanlardaki toplam azot miktarı kontrol grubunun da gerisinde gerçekleşmiştir. Bu da üst üste aynı ürün grubunun negatif etkisini ortaya koymaktadır.

Sırasıyla yonca, nohut ve mısır ekili rotasyonlu alanlarda ise üreaz enzim aktivitesinde artış daha yüksek oranlarda gerçekleşmiştir. Yonca bitkisinin genel olarak azot bağlayıcılığı katalaz enzim aktivitesinin artışına neden olmuştur. CO₂ salınım değerlerine bakıldığında, yonca, nohut, mısır ve domates ekili alanlarda en yüksek değerlere ulaşılmıştır. Bu durum ürün rotasyonunun etkinliğini kanıtlamaktadır.

Sonuç olarak ürün münavebesinin toprağın bitki besin maddesi içeriği ve toprağın mikrobiyal aktivitesi üzerinde olumlu etkileri olduğu ve araştırma alanında yaygın üretimi yapılan domates bitkisinin daha iyi beslenebilmesi ve sürdürülebilir bir şekilde üretilebilmesi için topraklara bol organik madde ve azot kazandıran bitkilerin ekim nöbetine sokulması gerektiği bir kez daha ortaya çıkarılmıştır.

KAYNAKLAR

- Acar, D. 2009. Üreaz enziminin Ca-alginat üzerine immobilizasyon koşullarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Ağaçayak, T ve Öztürk, L. 2017. Türkiye’de tarım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik stratejiler. İstanbul Politikalar Merkezi.
- Akbolat, D. 2009. Tohum yatağı hazırlığında tapan kullanımının topraktan CO₂ çıkışına etkisi. SDÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 4;23-30.
- Akbolat, D. ve Coşkan A. 2020. Toprak neminin toprak karbondioksit emisyonu üzerine etkisi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15; 161-165.
- Akbolat, D., Ekinci, K., Bozkurt, Y. ve Kumbul, B. 2018. Tarım alanlarında toprak ve hava sıcaklığının toprak karbondioksit emisyonu üzerine etkisi . Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (1); 89-94.
- Akhtar, K., Wang, W., Ren, G., Khan, A., Feng, Y. and Yang, G. 2018. Changes in soil enzymes, soil properties, and maize crop productivity under wheat straw mulching in Guanzhong, China. Soil and Tillage Research, 182; 94-102.
- Alam, M.M. and Ladha, J.K. 2004. Optimizing phosphorus fertilization in an intensive vegetable-rice cropping system. Biology and Fertility of Soils, 40; 277-283.
- Alef, A. and Nannipieri, P. 1995. Catalase activity. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, 2362-363, London, U.K.
- Amira, A., Michaël, A., Wassila, R.A., Sylvie, N., Caroline, D., Marthe A.V. and Isabelle, T.G. 2017. Introduction of Faba bean in crop rotation: Impacts on soil chemical and biological characteristics. Applied Soil Ecology, 120, 219-228.
- Anonim. 2018. Kayaş ilçesine ait konum bilgisi. [Çevrimiçi] 2018. [Alıntı Tarihi: 06 07 2018.] <http://www.ayas.gov.tr/idari-durum>.
- Anonim. 2020. TEPGE Ürün raporları. Web Sitesi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/37/Urun-Raporlari>. Erişim tarihi: 21.05.2021.
- Anonim. 2021. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H>. Erişim tarihi: 06.02.2021
- Anonymous. 2021a. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. [Çevrimiçi] 2021. [Alıntı Tarihi: 20 10 2021.] <https://www.fao.org/home/en/>.

- Anonymous. 2021b. Web adresi: <https://www.canr.msu.edu/news/feeding-the-world-in-2050-and-beyond-part-1>. Erişim tarihi: 08.08.2021.
- Arcak, S., Karaca, A. ve Haktanır, K. 1996. Trifluralin'in üreaz ve alkali fosfatazenzim aktiviteleri üzerine etkisi. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu, Mersin. Bildiri Kitabı, 384-393.
- Arcak, S., Karaca, A., Turgay, O. ve Haktanır, K. 1999. A.Ü.Z.F. Kenan Evren Araştırma Uygulama Çiftliği topraklarının bazı enzim aktivitelerine bitki türünün etkileri Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi , 5(1), 959-965.
- Arslan, E., Çaycı, G., Dengiz, O., Yüksel, M. ve Atikmen, N. 2018. Toprakların bazı makro besin elementi içeriklerinin farklı tarımsal arazi kullanımları altında konumsal dağılımlarının belirlenmesi. Toprak Su Dergisi, 7(2), 28-37.
- Baird, S.M. and Bernard, E.C. 1984. Nematode population and community dynamics in soybean-wheat cropping and tillage regimes. J. Nematol., 16(4), 379-386.
- 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. Brazilian Journal of Microbiology, 35(4), 300.
- Beck, T. 1971. Die Messung der Katalasenaktivität von Böden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 130, 68-81.
- Bhowmik, P.C. and Doll, J.D.1982. Corn and soybean response to allelopathic effects of weed and crop residues. Reprinted from Agronomy Journal, 74, 601-606.
- Borase, D.N., Nath, C.P., Hazra, K.K., Senthilkumar, M., Singh, S.S., Praharaj, C.S., Singh, U. and Kumar, N. 2020. Long-term impact of diversified crop rotations and nutrient management practices on soil microbial functions and soil enzymes activity. Ecological Indicators, 114.
- Bouyoucos, G. J. 1951. A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal, 143(9), 434-438.
- Bremner, J. M. 1965. Total Nitrogen. In: Methods Of Soil Analysis 2, Black, C. A. (ed), American Society of Agronomy, 1145-1178, Madison, Wis.
- Burket, J. Z. and Dick, R. P. 1998. Microbial and soil parameters in relation to N mineralization in soils of diverse genesis under differing management systems. Biol Fertil. Soils, 27 430-438.
- Burns, R.G. 1978. Soil enzymes. Academic Press, London.
- Chapman, H. D. 1965. Methods of soil analysis. Part2. In: Chemical Microbiological Properties, Black, C.A. (ed), Amer. Soc. of Agron. Int. Pub. Agron. Series No 9. Madison, Wisconsin, U. S. A.

- Chen, Y.H., Chang, C.Y., Su, W.L., Chen, C.C., Chiu, C.Y., Yu, Y.H., Chiang, P.C. and Chiang, M.I.S. 2004. Modeling Ozone Contacting Process in a Rotating Packed Bed. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 43, 1, 228–236.
- Çelik, Ö. 2011. Arazi kullanımının toprakların bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kayseri.
- Dabney, S.M., McGawley, E.C., Boethel, D.J. and Berger, D.A. 1988. Short-term crop rotation systems for soybean production. *Agronomy Journ.*, 80(2); 197-204.
- Deng, S.P. ve Tabatabai, M.A. 1996. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils. I. Amidohydrolases. *Biol Fertil Soils*, 22; 202–207.
- Dick, R.P. 1994. Soil Enzyme activities as indicators of soil quality. In: *Defining Soil Quality for Sustainable Environment*, Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (eds). Soil Sci. Soc. of America Special Publication, Madison, 107-124, Wis.
- Dick, R.P. 1997. Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health. In: *Pankhurst, Biological Indicators of Soil, Health*, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R. (eds.), CAB International, 121-156.
- Dick, W.A. 1984. Influence of long-term tillage and crop rotation combinations on soil enzyme activities. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48, 569-574.
- Dişbudak, K. 2008. Avrupa Birliği'nde Tarım-Çevre İlişkisi ve Türkiye'nin Uyumu. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Dış İlişkiler ve AB Koordinasyon Dairesi Başkanlığı, Uzmanlık Tezi, 79 s. Ankara.
- Doğan K. 2016. Amik Ovası Yaygın Toprak Serilerinin Mikrobiyal Aktiviteleri ve Bu Aktivitelerin Bazı Toprak Özellikleri ile İnteraksiyonları. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 92-102.
- Dou, F., Wright, A.L., Mylavaram, R.S., Jiang, X. and Matocha, J.E. 2016. Soil enzyme activities and organic matter composition affected by 26 years of continuous cropping. *Pedosphere*, 26(5), 618-625.
- Durmuş, M. Erkoçak, A., Kızılkaya, R. ve Dengiz, O. 2011. Alüviyal Araziler Üzerinde Oluşan Farklı Toprakların Katalaz Enzim Aktivitelerindeki Değişimin Belirlenmesi. *Toprak ve Su Sempozyumu*, 153-159.
- Ekberli, İ. ve Kars, N. 2012. 2,4-D (Diklorofenoksiasetik Asit) herbisiti uygulanan kil ve kum bünyeli toprakta katalaz aktivitesi ve kinetiğinin incelenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 89-100.
- Ellen, K., Michael, S., Eva-Maria, K. 1999. Response of soil microbial biomass, urease and xylanase within particle size fractions to long-term soil management", *Soil Biology and Biochemistry*.

- Ergül, F. 2011. Farklı toprak işleme ve ekim nöbeti sistemleri altında su bütçesi, bazı toprak fiziksel özellikleri ve buğday verimindeki değişimlerin saptanması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Ankara.
- Fahad, A.A., Mielke, L.N., Flowerday, A.D. and Swartzendrube, D. 1982. Soil physical properties as affected by soybean and other cropping sequences. *Am. Soil Sci. Soc.*, 377.
- Frankberger, W.T. and Dick, W.A. 1983. Relationships with enzyme activities and microbial growth and activity indices in soil. *Soil Sci. Soc. of American J.*, (47), 945-951.
- Göçmez, S. 2006. Menemen ovası topraklarında izsu kentsel arıtma çamuru uygulamalarının mikrobiyal aktivite ve biyomas ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerine etkisi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı.
- Gökırmaklı, Ç. ve Bayram, M. 2018. Gıda İçin Gelecek Öngörülere: Yıl 2050. *Akademik Gıda*, 16(3), 351-360.
- Green, D.M. and Oleksyszyn, M. 2002. Enzyme activities and carbondioxide flux in a sonoran desert urban ecosystem. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 2002–2008.
- Guan, G., Tu, S.X., Yang, J.C., Zhang, J.F. and Yang, L. 2011. A field study on effects of nitrogen fertilization modes on nutrient uptake, crop yield and soil biological properties in rice-wheat rotation system. *Agricultural Sciences in China*, 10(8), 1254-1261.
- Gupta, V.V.S.R. and Germida, J.J. 1988. Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classes as affected by cultivation. *Soil Biol. Biochem.*, 20, 777-786.
- Gura, I. and Mnkeni, P.N.S. 2019. Crop rotation and residue management effects under no till on the soil quality of a Haplic Cambisol in Alice, Eastern Cape, South Africa. *Geoderma*, 337, 927-934.
- Gültekin, A.H.H. ve Örgün, Y. 1994. Tarım toprağında bitki besleyici elementlerin rolü. *Ekoloji*, 13, 27-32.
- Gür, K. 1987. Toprak Biyolojisi. Ders Notları, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, 10, Konya.
- Hai-Ming T, Xiao-Ping X, Wen-Guang T, Ye-Chun L, Ke W, et al. (2014) Effects of Winter Cover Crops Residue Returning on Soil Enzyme Activities and Soil Microbial Community in Double-Cropping Rice Fields. *PLoS ONE* 9(6): e100443. doi:10.1371/journal.pone.0100443.
- Haktanır, K ve Arcak, S.1994. Toprak Biyolojisi. Ankara, Türkiye.

- Haktanır, K. 1973. Ankara şartlarında nadas, buğday, baklagil ekim nöbetinin önemli toprak enzimlerinin aktiviteleri üzerindeki etkileri. A.Ü.Z.F. Yayınları, 613, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler, (356), 82.
- Haktanır, K. ve Arcaç, S. 1997. Toprak Biyolojisi: Toprak Ekosistemine Giriş. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 78.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J.M. 1990. Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Methods Enzymol.*, 186, 1-85.
- Higashi, T., Kawamata, F. and Sakamoto, T. 1974. Studies on rat liver catalase: vii. double-labeling of catalase by ¹⁴C-leucine and ³H- δ -aminolevulinic acid. *The Journal of Biochemistry*, 76(4), 703-708.
- Hoffmann, G.G. and Teicher, K. 1961. Ein kolorimetrisches verfahren zur bestimmung der ureaseaktivität im boden. 2. Pflanzenernahr. Düng. Bodenkunde, 95(104);55
- Hofmann, E., Hoffmann, G. G. 1966. Die Bestimmung Der Biologischen Tätigkeit im Boden Mit Enzymethoden. Reprinted From *Advances in Enzymology and Related Subject of Biochemistry*, (28), 365-390
- Hontoria, C., García-González, I., Quemada, M., Roldán, A. and Alguacil, M.M. 2019. The cover crop determines the AMF community composition in soil and in roots of maize after a ten-year continuous crop rotation. *Science of the Total Environment*, 660, 913-922.
- Huang, C., Deng, L., Gao, X., Zhang, S., Luo, T. and Ren, Q. 2010. Effects of fungal residues return on soil enzymatic activities and fertility dynamics in a paddy soil under a rice-wheat rotation in Chengdu Plain. *Soil and Tillage Research*, 108(1-2), 16-23.
- Huang, Q., Tang, S., Fan, X., Huang, J., Yi, Q., Zhang, M., Pang, Y., Huang, X., Li, P. and Fu, H. 2021. Higher economic benefits and changes in soil fertility due to intensifying winter crop rotation in double-rice cropping systems. *Applied Soil Ecology*, 157.
- Isermayer, H. 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der karbonate im Boden. *Z Pflanzenernahr Bodenk* 56, 26-38.
- Izaurrealde, R. C., Choudhary, M. and Juma, N. G. 1995. Crop and nitrogen yield in legume-based rotations practiced with zero tillage and low-input methods. *Agron. J.* 87, 958-964.
- İdikut, L., ve Yıldız, Ş. 2018. Birinci ürün mısırdaki farklı dozlarda fosfor uygulamasının tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkisinin Kahramanmaraş koşullarında araştırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(2), 211-221.
- Jabro, J.D., Sainju, U., Stevens, W.B. and Evans, R.G. 2008. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. *Journal of Environmental Management*, 88, 1478-1484.

- Jackson, M. L. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cleffs. N.J.
- Jiang, Y., Lin, D., Guan, X., Wang, J., Cao, G., Zhu, D. and Peng, C. 2017. Effect of herbicide used with years (8 + 1) on soil enzymic activity and microbial population diversity. *Journal of Soils and Sediments*, 17(10), 2490-2499.
- Kabana, R.I. and Truelove, B. 1982. Effects of crop rotation and fertilization on the catalase activity in a soil of South Eastern United States. *Plants Soil*, 63, 97-104.
- Kabiri, V., Raiesi, F. and Ghazavi, M.A. 2016. Tillage effects on soil microbial biomass, SOM mineralization and enzyme activity in a semi-arid Calcixerepts. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 232, 7384.
- Kablan, N. 2005. Farklı organik atıkların toprak ve mısır (*Zea mays* Indendata) bitkisinin rizosfer bölgesindeki biyolojik özellikler üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bil. Ens. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Samsun.
- Karaca, A., Çetin, S.C., Turgay, O.C. ve Kızılkaya, R. 2010. Soil enzymes as indication of soil quality. *Soil Enzymology*, 119-148.
- Karaşahin, M. 2014. Bitkisel üretimde azot alım etkinliği ve reaktif azotun çevre üzerine olumsuz etkileri. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 2(3), 15-21.
- Kayıkcıoğlu, H. ve Okur, N. 2012. Sera gazı salınımlarında tarımın rolü. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 25-38.
- Kayıkcıoğlu, H.H., Duman, İ., Kaygısız Aşçıoğlu, T., Bozokalfa, M.K., Elmacı, Ö.L. 2020. Effects of tomato-based rotations with diversified pre-planting on soil health in the Mediterranean soils of Western Turkey. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 299.
- Kızılkaya R., Arcak, S., Horuz, A. and Karaca, A. 1998. Enzyme activities of paddy soils and relationships with the soil properties. *P.Ü. Journ. of Eng. Sci.*, 4(3), 797-804.
- Klose, S. and Tabatabai, M. 2000. Urease activity of microbial biomass in soils as affected by cropping systems. *Biol Fertil Soils*, 31, 191-199.
- Kop Durmuş, T., Özdemir, N. ve Durmuş, M. 2020. Organik atık uygulamalarının asit, nötr ve alkali toprakların üreaz enzim aktiviteleri üzerine etkisi . *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(2), 223-231.
- Kuşcu Kravkaz İ.S., Çetin, M., Yiğit, N., Savacı, G. and Sevik, H. 2018. Relationship between enzyme activity (urease-catalase) and nutrient element in soil use. *Pol. J. Environ. Stud.*, 27(5), 2107-2112.

- Küçük, Ç. and Cevheri, C. 2017. Some microbiological properties in soil samples taken from maize grown fields in Şanlıurfa. *Aksaray J. Sci. Eng.*, 2(1), 28-40.
- Kwiatkowski, C.A., Harasim, E., Feledyn-Szewczyk, B. and Antonkiewicz, J. 2020. Enzymatic activity of loess soil in organic and conventional farming systems. *Agriculture*, 10(4), 135.
- Liu, K. 2006. Soil and plant responses in the first cycle of four-year organic potato rotations (Order No. NR19588). Available from Agricultural & Environmental Science Collection. (304949589).
- Lu, S., Lepo, J.E., Song, HX. Guan, C.Y. and Zhang, Z.H., 2018. Increased rice yield in long-term crop rotation regimes through improved soil structure, rhizosphere microbial communities, and nutrient bioavailability in paddy soil. *Biol Fertil Soils*, 54, 909–923.
- Ma, B. L., Zheng, Z. M., Morrison, M. J. and Gregorich, E. G. 2016. Nitrogen and phosphorus nutrition and stoichiometry in the response of maize to various N rates under different rotation systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 104(1), 93-105.
- Martínez, V.A., Mikha, M.M. and Vigil, M.F. 2007. Microbial communities and enzyme activities in soils under alternative crop rotations compared to wheat–fallow for the Central Great Plains. *Applied Soil Ecology*, 37(1–2), 41-52.
- May, P.B. and Douglas, L.A. 1976. Assay for soil urease activity. *Plant Soil*, 45, 301-305.
- Mijangos, I. R., Perez, I., Albizu, C. and Garbisu, C. 2006. Effects of fertilization and tillage on soil biological parameters. *Enzym. Microbiol. Technol.* 40, 100-106.
- Monreal, C.M. and Bergstrom, D.W. 2000. Soil enzymatic factors expressing the influence of land use, tillage system and texture on soil biochemical quality. *Can. J. Soil Sci.* 80, 419-428.
- Munsuz, N., Çaycı, G. ve Sözüdoğru Ok, S. 2001. Toprak Islahı ve Düzenleyiciler, A.Ü.Z.F. Toprak Bölümü.
- Müftüoğlu, N. M. ve Demirer, T. 1998. Toprakta azot bilançosu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 175-185.
- Nadimi-Goki, M., Bini, C., Wahsha, M., Kato, Y. and Fornasier, F. 2018. Enzyme dynamics in contaminated paddy soils under different cropping patterns (NE Italy). *J. Soils Sediments*, 18, 2157–2171.
- Nicholls, P., Fita, I. and Loewen, P. 2000. Enzymology and structure of catalases. *Advances in Inorganic Chemistry*, 51, 51-106.

- Nie, L., Peng, S., Bouman, B.A., Huang, J., Cui, K., Visperas, R.M. and Park, H.K. 2007. Alleviating soil sickness caused by aerobic monocropping: responses of aerobic rice to soil oven-heating. *Plant Soil*, 300, 185–195.
- O’Connell, P. F. 1992. Sustainable agriculture, a valid alternative. *Outlook on Agriculture*, 21(1), 6.
- Onaç, I. ve Gök, M. 1994. Gaziantep-Kayacık ve Gaziantep-Kemlin ovalarında yer alan yaygın toprak serilerinin bazı mikrobiyolojik özelliklerinde inkübasyon süresine bağlı olarak meydana gelen değişimler. *Tr. J. Agri. Forestry.*, 18, 337-344.
- Özdemir, N, Gülser, C., Kızılkaya, R., Kop Durmuş, Ö., Ekberli, İ. 2018. Farklı pH değerlerine sahip topraklarda düzenleyici uygulamalarının dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1), 21-27.
- Pancholy, S. and Rice, E. 1973. Soil enzymes in relation to old field succession: amylasei cellulase, intervase, dehydrogenase and urease. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 37, 47-50.
- Peterson, T.A. and Varvel, G.E. 1989. Crop yield as affected by rotation and nitrogen rate. I. soybean. *Agronomy Journ.*, 81(5), 727-731.
- Pettit, N.M., Smith, A.R.J., Frrredman, R.B. and Burns R.G. 1976. Soil urease: activity, stability and kinetic properties. *Soil Biol. Biochem.*, 8, 479-484.
- Purev, D., Bayarmaa, J., Ganchimeg, B., Ankhtsetseg, B. and Anumandal, O. 2014. Catalase, protease and urease activity in some types of soil. *Mongolian Journal of Chemistry*, 13, 16-18.
- Rezgui C., Riah-Anglet W., Benoit M., Yves Bernard P., Laval K. and Trinsoutrot-Gattin I., 2020. Impacts of the winter pea crop (instead of rapeseed) on soil microbial communities, nitrogen balance and wheat yield. *Agriculture*, 10(11), 548.
- Richards, L.A. (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. United States Department of Agriculture Handbook, 60
- Roberge, M.R. 1978. Methodology of enzymes determination and extraction. In: *Soil Enzymes*, Burns, R.G. (Ed.), Academic Press, New York, 341–373.
- Rosenzweig, S., Fonte, S.J. and Schipanski, M.E. 2018. Intensifying rotations increases soil carbon, fungi, and aggregation in semi-arid agroecosystems. *Agriculture Ecosystems & Environment* 258, 14-22.
- Sánchez, V.N., Zornoza, R., Faz, A. and Fernández, J.A. 2020. Comparison of soil organic carbon pools, microbial activity and crop yield and quality in two vegetable multiple cropping systems under mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, 261.

- Sharma S., Kumar V., Tripathi R.B. 2017. Isolation of phosphate solubilizing microorganism (PSMs) from soil. *J. Microbiology Biotechn. Res.* 1 (2), 90.
- Shi Z.J., Lu Y., Xu Z.G. and Fu S.L. 2008. Enzyme activities of urban soils under different land use in the Shenzhen city, China. *Plant Soil Environ.*, 54, 341-346.
- Singh P., Mitra S., Majumdar D., Bhattacharyya P., Prakash A., Borah P., Paul A., Rangan L. 2017. Nutrient and enzyme mobilization in earthworm casts: A comparative study with addition of selective amendments in undisturbed and agricultural soils of a mountain ecosystem. *Int. Biodeterior Biodegradation.* 119, 437.
- Singh S.R., Yadav, P., Singh, D., Tripathi, M.K., Bahadur, L., Singh, S.P., Mishra, A., Kumar, S. 2020. Cropping systems influence microbial diversity, soil quality and crop yields in Indo-Gangetic plains of India. *European Journal of Agronomy*, 121.
- Sirko, A. and Brodzik, R. 2000. Plant ureases: roles and regulation. *Acta Biochim Pol.*, 47(4), 1189-95.
- Six, J., Elliott, E.T., Paustian, K. 1999. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63, 1350–1358.
- Skujins, J. 1976. Extracellular enzymes in soil. *CRC critical reviews in microbiology. Soil Biology and Biochemistry*, 31(2), 261-273.
- Smith, J. and Doran, J.W. 1996. Measurement and use of ph and electrical conductivity for soil quality analysis. In: *Methods for Assessing Soil Quality*, Doran, J.W., Jones, A.J. (eds), Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publication 49, 169-185SSSA, Madison, WI.
- Soba, M.R. Türkmen, F. Taşkın, M.B. Akça, M.O. Öztürk, H.S. 2015, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği Topraklarının Verimlilik Durumlarını Güncelenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 2015,4 (1): (7-17).
- Tabyehzad, H. 2015. Yarı Kurak koşullarda farklı toprak işleme yöntemleri ve ikili nöbet sisteminin bazı toprak kalite özellikleri ve verim üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Ankara.
- Tamer, N. 2011. Organik toprak düzenleyicilerin toprağın enzim aktiviteleri ile buğday verim ve kalitesi üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Ankara.
- Taşkın, M.B., Türkmen, F., Akça, M.O., Soba, M.R., Öztürk, H.S. 2018. Ankara Üniversitesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik

- durumlarının incelenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, Cilt 6, s. 122-133.
- Tate, R. L. 1987. Soil enzymes and organic matter transformations. In soil organic matter. *Biological and Ecological Effects*, 69-94.
- Tavali, İ. E. 2011. Farklı dozlarda uygulanan vermikompostun toprağın enzim aktivitesi ve bakteriyel varlığı üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Antalya.
- Thornton, J.I. and McLaren, A.D. 1975. Enzymatic characterization of soil evidence. *J Forensic Sci.* 20(4), 674-92.
- Trasar-Cepeda, C., Camina, F., Leiros, M.C. and Gil-Stotres, F. 1999. An improved method to measure catalase activity in soils. *Soil Biology and Biochemistry.* 31, 483-485.
- Triplett, G.B Jr, Dick, W.A. 2008. No-tillage crop production: a revolution in agriculture! *Agron J.*, 100, 153–165.
- Tunç, G. 2006. Organik tarımda kullanılan bazı gübrelerin topraktaki mikrobiyal aktivite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ABD, İzmir.
- Ünal, H. 1967. Rize çay topraklarının enzim aktiviteleri ve bu aktivitelerle önemli toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. A.Ü.Z.F. Yayınları, 306 Çalışmalar, 191.
- Vinther, F. P., Hansen, E. M. and Olesen, J. E. 2004. Effects of plant residues on crop performance, N mineralisation and microbial activity including field CO₂ and fluxes in NO₂ unfertilised crop rotations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 70(2), 189-199.
- Vurarak, Y. ve Bilgili, M. 2015. Tarımsal mekanizasyon, erozyon ve karbon salınımı: Bir bakış. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(3), 307-316.
- Wang, W., Page D., Deborah Lv., Ruiheng X., Chen L., Guo-L. and Liu, Y. 2016b. Soil Enzyme Activities in *Pinus tabuliformis* (Carrière). Plantations in Northern China. *Forests*.
- Wang, Y., Fu, F., Li, J., Wang, G., Wu, M., Zhan, J., Chen, X. and Mao, Z. 2016a. Effects of seaweed fertilizer on the growth of *Malus hupehensis* Rehd. seedlings, soil enzyme activities and fungal communities under replant condition. *European Journal of Soil Biology*, 75, 1-7.
- West, T.O. and Post, W.M. 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 1930–1946.
- Wijnands, F.G. 1997. Integrated crop protection and environment exposure to pesticides: methods to reduce use and impact of pesticides in arable farming. *Developments in Crop Science*, Elsevier, 25, 319-328.

- Wyszkowska, J., Kucharski, J. and Lajszner, W. 2005. Enzymatic activities in different soils contaminated with copper. *Pol. J. Environ. Stud.*, 14, 659–664.
- Yan, M.C., Xu, T.T., Song, P.H. and Dai, J.J. 2012. Effects of different cropping patterns of soybean and maize seedlings on soil enzyme activities and MBC and MBN. *Journal of Northeast Agricultural University (English Edition)*, 19(4), 42–47.
- Yang, P., Luo, Y., Gao, Y., Gao, X., Gao, J., Wang, P., Feng, B. 2020. Soil properties, bacterial and fungal community compositions and the key factors after 5-year continuous monocropping of three minor crops. *PLoS One*, 15(8), e0237164.
- Yang, R., Mo, Y., Liu, C., Wang, Y., Ma, J., Zhang, Y. and Zhang, X. 2016. The effects of cattle manure and garlic rotation on soil under continuous cropping of watermelon (*Citrullus lanatus* L.). *PLoS One*, 11(6).
- Yao, X.H., Min, H., Lu, Z H., Yuan, H. 2006. Influence of acetam-prid on soil enzymatic activities and respiration. *European Journal of Soil Biology*, 42: 120–126.
- Yıldırım, E. 2010. Tuzlu topraklarda katalaz enziminin aktivitesi ve kinetiği. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bölümü ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Konya.
- Yuan, Z.M., Liu, H.J., Han J., Sun, J.J., Wu, X.Y. and Yao, J. 2017. Monitoring soil microbial activities in different cropping systems using combined methods. *Pedosphere*. 27:138–146.
- Yunchen, Z., Wang, P., Li, J., Chen, Y., Ying, X. and Liu, S. 2009. The effects of two organic manures on soil properties and crop yields on a temperate calcareous soil under a wheat–maize cropping system, *European Journal of Agronomy*, 31(1), 36-42.
- Zhang, B., Li, Y., Ren, T., Tian, Z., Wang, G., He, X. and Tian, C. 2014. Short-term effect of tillage and crop rotation on microbial community structure and enzyme activities of a clay loam soil. *Biology and Fertility of Soils*, 50(7), 1077-1085.
- Zhang, L.L., Wu, Z.J., Chen, L.J., Jiang, Y., Li, D.P. 2009. Kinetics of catalase and dehydrogenase in main soils of Northeast China under different soil moisture conditions. *Agricultural Journal*. 4, 113-120.
- Zhang, Y., Cui, D., Yang, H. and Kasim, N. 2020. Differences of soil enzyme activities and its influencing factors under different flooding conditions in Ili Valley, Xinjiang. *Peer J*.

EKLER

EK 1 2019 Yılına Ait Veri Tablosu

Uygulamalar	Teker rür	pH	EC, dS m ⁻¹	P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	K ₂ O, mg kg ⁻¹	TK, %	SN, %	HA g cm ⁻³	OM, %	Kireç, %	N, %	Üreaz (mg N/100 g top ⁻¹)	Katalaz (mg O ₂ /5 g top ⁻¹)	CO ₂ (mg CO ₂ /100 g/24 saat)
Kontrol	1	7.75	0.852	22.24	2510.6	38.06	27.73	0.972	1.13	5.8	0.038	4.395	14.29	94
Kontrol	2	7.9	0.863	22.86	2500.9	37.76	26.8	0.985	1.11	6.9	0.04	4.769	14.48	83
Kontrol	3	7.6	0.841	20.9	2520.3	38.36	28.66	0.959	1.15	6.35	0.036	4.297	14.46	87
Arpa	1	7.49	1.068	25.22	962.25	34.78	24.07	1.092	1.3	8.1	0.045	4.61	16.08	129
Arpa	2	7.82	1.079	21.12	726.35	35.09	25.2	0.999	1.3	7.5	0.044	4.542	16.2	126
Arpa	3	7.74	0.863	20.25	537.7	37.11	27.62	0.991	1.24	7.12	0.042	4.513	16.16	116
Arpa ^a	1	7.5	1.064	23.15	948.26	33.94	25.01	1.125	1.32	7.99	0.043	4.582	16.05	128
Arpa ^a	2	7.79	1.083	22.04	754.64	36.17	24.19	0.994	1.26	7.62	0.044	4.544	16.24	125
Arpa ^a	3	7.77	0.864	20.22	523.4	36.87	27.69	0.964	1.26	7.12	0.043	4.538	16.15	118
Yonca	1	7.57	1.295	20.12	1382.3	37.76	26.92	0.991	1.65	7.62	0.052	8.038	19.42	176
Yonca	2	7.7	1.33	22.14	1450	38.3	25.2	1.03	1.67	7.58	0.05	8.279	19.5	172
Yonca	3	7.44	1.26	18.12	1314.6	37.22	28.62	0.952	1.64	7.6	0.054	8.473	19.49	177
Yonca ^b	1	7.55	1.275	20.82	1375.2	37.82	25.74	1.032	1.62	7.58	0.053	8.035	19.35	177
Yonca ^b	2	7.73	1.352	22.62	1397.26	37.84	25.82	0.997	1.66	7.63	0.052	8.268	19.54	174
Yonca ^b	3	7.43	1.258	16.18	1374.44	37.62	29.2	0.944	1.68	7.59	0.051	8.487	19.52	174
Nohut	1	7.76	1.336	22.14	1442.25	32.61	22.55	0.982	1.67	6.48	0.05	7.336	18.8	165
Nohut	2	7.87	1.45	24.15	1460.12	33.07	21.9	1.003	1.69	6.56	0.049	7.855	18.79	165
Nohut	3	7.65	1.222	20.13	1423.56	32.15	23.2	0.961	1.66	6.46	0.051	7.778	18.99	168
Nohut ^c	1	7.78	1.321	22.98	1452.24	33.14	23.07	0.995	1.66	6.52	0.052	7.565	18.72	164
Nohut ^c	2	7.82	1.395	23.52	1473.61	33.82	22.56	1.012	1.69	6.58	0.048	7.645	18.74	165
Nohut ^c	3	7.68	1.292	19.08	1400.22	30.87	22.0	0.939	1.67	6.4	0.05	7.759	19.12	169
Domates	1	7.82	1.368	23.5	1561.3	38.18	28.2	0.962	1.3	6.66	0.049	6.457	17.62	142
Domates	2	7.6	1.532	24.5	1624.1	36.94	27.58	0.993	1.42	6.43	0.047	6.386	17.59	147
Domates	3	7.63	1.792	23.26	1788	35.35	25.22	1.045	1.55	6.41	0.046	6.736	17.66	148
Domates ^d	1	7.8	1.325	24.24	1562.1	39.22	27.8	0.942	1.33	6.68	0.048	6.535	17.64	142
Domates ^d	2	7.58	1.562	26.63	1599.2	37.14	26.64	1.003	1.39	6.42	0.048	6.403	17.61	146
Domates ^d	3	7.68	1.805	21.87	1812.1	34.12	26.54	1.055	1.57	6.4	0.047	6.642	17.62	149

2020 yılında ^a arpa-domates; ^b yonca-mısır; ^c nohut-arpa; ^d domates-arpa rotasyon uygulamalarında kullanılmak üzere ekimi yapılan ürünleri göstermektedir.

EK 2 2020 Yılına Ait Veri Tablosu

Uygulamalar	Teke rrür	pH	EC, dS m ⁻¹	P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	K ₂ O, mg kg ⁻¹	TK, %	SN, %	HA g cm ⁻³	OM,%	Kireç ,%	N, %	Üreaz (mg N/100 g top ⁻¹)	Katalaz (mg O ₂ /5 g top ⁻¹)	CO ₂ (mg CO ₂ /100 g/24 saat)
Kontrol	1	7,78	0,921	25,22	136 9,2	38,9 5	27,7 4	0,964	1,40	7,40	0,044	4,386	20,66	158
Kontrol	2	7,77	0,940	25,53	140 0,2	39,0 1	27,4 2	0,972	1,45	7,46	0,043	4,348	20,72	110
Kontrol	3	7,79	0,902	24,85	133 7,5	39,1 4	28,0 1	0,968	1,35	7,34	0,045	4,329	20,72	174
Arpa-Arpa	1	7,70	0,976	28,81	120 2,3	35,6 5	25,6 2	1,084	1,38	9,50	0,039	4,445	20,9	199
Arpa-Arpa	2	7,90	0,990	28,23	121 3,5	36,1 6	25,9 6	0,985	1,40	9,57	0,04	4,323	20,66	167
Arpa-Arpa	3	7,50	0,962	29,36	119 0,1	38,1 5	28,6 2	0,975	1,36	9,43	0,038	4,311	23,88	162
Arpa-Domates	1	7,72	1,025	26,72	102 8,1	36,6 5	28,4 5	0,995	1,61	8,43	0,056	4,362	23,9	204
Arpa-Domates	2	7,60	1,038	27,25	102 0,3	38,1 4	28,1 4	0,944	1,65	8,45	0,054	4,397	23,98	220
Arpa-Domates	3	7,84	1,012	26,13	103 5,5	38,2 8	28,0 4	0,946	1,57	8,41	0,058	4,526	20,94	239
Yonca-Yonca	1	7,60	1,286	22,32	141 0,2	39,1 2	28,7 4	0,965	1,77	8,20	0,064	8,776	20,89	379
Yonca-Yonca	2	7,64	1,380	23,00	137 0,2	39,1 4	28,2 1	0,958	1,70	8,00	0,063	8,889	20,93	400
Yonca-Yonca	3	7,56	1,192	21,58	144 9,5	39,9 4	29,1 3	0,946	1,84	8,40	0,065	9,15	26,03	376
Yonca-Mısır	1	7,64	1,380	20,40	112 8,3	39,1 4	29,1 5	0,967	1,84	7,98	0,060	7,892	26,01	338
Yonca-Mısır	2	7,69	1,248	20,82	110 0,5	39,8 4	29,9 6	0,962	1,89	7,99	0,062	7,860	26,08	267
Yonca-Mısır	3	7,59	1,512	19,98	115 5,1	39,0 1	28,6 9	0,927	1,79	7,97	0,058	7,873	29,58	310
Nohut-Nohut	1	7,69	1,386	24,66	121 3,3	36,6 5	25,5 6	0,965	1,89	9,70	0,054	8,635	29,35	378
Nohut-Nohut	2	7,76	1,260	24,32	119 6,5	37,6 5	24,5 4	0,973	1,90	9,74	0,053	7,802	29,49	327
Nohut-Nohut	3	7,72	1,512	24,82	122 9,1	37,6 7	26,1 2	0,948	1,88	9,66	0,055	8,566	30,20	366
Nohut-Arpa	1	7,79	1,150	26,71	101 9,5	35,2 7	25,6 3	0,985	1,35	9,80	0,042	4,595	29,58	219
Nohut-Arpa	2	7,72	1,250	26,52	100 5,2	35,6 2	24,9 6	0,992	1,08	9,90	0,041	4,644	29,67	165
Nohut-Arpa	3	7,86	1,050	26,87	103 2,2	32,6 4	24,5 2	0,946	1,62	9,70	0,043	4,651	29,39	222
Domates-Domates	1	7,64	1,020	27,33	109 0,2	39,8 6	28,6 4	0,954	1,74	8,62	0,054	4,434	22,8	206
Domates-Domates	2	7,65	1,064	27,00	111 0,6	38,6 5	29,0 2	0,943	1,78	8,68	0,055	4,51	22,84	208
Domates-Domates	3	7,63	0,976	27,57	107 9,1	38,5 2	29,2 5	0,965	1,70	8,56	0,053	4,501	23,15	292
Domates-Arpa	1	7,78	1,266	24,54	100 5,6	39,5 6	28,1 4	0,947	1,47	8,85	0,037	4,396	30,08	221
Domates-Arpa	2	7,67	1,194	23,75	109 4,3	38,1 5	27,6 3	0,989	1,41	8,59	0,039	4,250	30,11	221
Domates-Arpa	3	7,64	1,179	23,56	119 2,5	36,6 5	27,9 1	1,064	1,36	8,50	0,042	4,417	22,86	173