

AĞUSTOS 2022

Yüksek Lisans Tezi-Biyoloji

YUNUS KÖNEZ

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GAZİANTEP TARIM TOPRAKLARININ ALKALİ FOSFATAZ
ENZİM AKTİVİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

BİYOLOJİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YUNUS KÖNEZ
AĞUSTOS 2022

**GAZİANTEP TARIM TOPRAKLARININ ALKALİ FOSFATAZ
ENZİM AKTİVİTESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Gaziantep Üniversitesi

Biyoloji

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Erdihan TUNÇ

Yunus KÖNEZ

Ağustos 2022



©2022[Yunus KÖNEZ]

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilmek suretiyle tezde yer aldığını beyan ederim.

Yunus KÖNEZ

ABSTRACT

INVESTIGATION OF ALKALI PHOSPHATASE ENZYME ACTIVITY OF GAZIANTEP AGRICULTURAL SOILS

KÖNEZ, Yunus

M.Sc in Biology

Supervisor: Prof. Dr. Erdihan TUNÇ

August 2022

73 pages

In this study, which was carried out to determine the alkaline phosphatase enzyme activity in the soils of agricultural production areas in Gaziantep and to determine the effects of some selected soil general properties on ALP enzyme activity, soil samples were taken from 24 dry farming areas, 12 irrigated farming areas, and 9 fallow agricultural areas. With ALP enzyme activity in the soil samples, the pH, EC, SOM, lime, soil texture, phosphorus (P) and potassium (K) contents of the soils were analyzed. As a result of the study, it has been determined that the soils are in the class of unsalted and very calcareous with slightly alkaline reaction. Also it has been determined that these soils, which are insufficient in terms of SOM content, are rich in P and K. Moreover, the mean ALP enzyme activity was found to be $334.12 \pm 123.83 \mu\text{g p-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$. The ALP enzyme activities according to land use was fallow > Irrigated agriculture > dry farming. In Gaziantep, which has an arid and hot climate with little annual precipitation, statistical analyzes could not detect significant relationships between ALP enzyme activity and selected soil general properties, and P and K. In this study, where climatic conditions are thought to be effective on ALP enzyme activity in soils, it will be possible to increase the SOM content of soils with the use of appropriate organic fertilizers.

Key Words: Alkaline phosphatase, Selected soil general properties, Nutrients, Agriculture, Gaziantep.

ÖZET

GAZİANTEP TARIM TOPRAKLARININ ALKALİ FOSFATAZ ENZİM AKTİVİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

KÖNEZ, Yunus

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji

Danışman: Prof. Dr. Erdihan TUNÇ

Ağustos 2022

73 sayfa

Gaziantep’te tarımsal üretim yapılan alanların topraklarında alkali fosfataz (ALP) enzim aktivitesini belirlemek ve seçili bazı toprak genel özelliklerinin ALP enzim aktivitesi üzerine etkilerini belirlemek amacı ile yapılan bu çalışmada, 24’ü kuru tarım, 12’si sulu tarım yapılan ve 9’u ise nadasa bırakılmış tarımsal alandan toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerindeki ALP enzim aktivitesi dışında, toprakların pH, EC, SOM, kireç, toprak tekstürü, fosfor (P) ve potasyum (K) içerikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda toprakların hafif alkali reaksiyona sahip tuzsuz ve çok kireçli sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir. SOM içerikleri bakımından yetersiz olan bu toprakların P ve K bakımından zengin oldukları tespit edilmiştir. Bununla birlikte ALP enzim aktivitesinin ortalama $334,12 \pm 123,83 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte arazi kullanımına göre ALP enzim aktivitesinin büyüklük sıralaması nadas > Sulu tarım > kuru tarım şeklinde idi. Yıllık yağış miktarı az kurak ve sıcak bir iklime sahip Gaziantep’te istatistiksel analizler, ALP enzim aktivitesi ile seçili toprak genel özellikleri ve P ve K ile arasında anlamlı ilişkiler tespit edilememiştir. İklimsel koşulların topraklarda ALP enzim aktivitesi üzerinde etkili olduğu düşünülen bu çalışmada toprakların SOM içeriklerin arttırılabilmesi uygun organik gübre kullanımı ile mümkün olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Alkali Fosfataz, Toprak Genel Özellikleri, Besin elementleri, Tarım, Gaziantep.



“Canum aileme”

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince tüm bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen ve tezimde büyük emeği olan, Gaziantep Üniversitesi öğretim üyelerinden danışman hocam, sayın Prof. Dr. Erdihan Tunç'a sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Örneklerin toplanmasında, preparasyonunda ve teşhislerinde desteklerini benden esirgemeyen değerli arkadaşlarım Uzm.Biyolog Mustafa Demir ve Uzm.Biyolog Sevgi Arslan'a çok teşekkür ederim.

Bu çalışmada maddi destek sağlayan Gaziantep Üniversitesi BAP Yönetim Birimine (YLT.20.06 no'lu proje) ve teşekkürlerimi sunarım. Çalışma süresince beni hep destekleyen ve güvenen çok sevdiğim biricik annem ve tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ABSTRACT	v
ÖZET	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
SEMBOLLER LİSTESİ.....	xiii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiv
BÖLÜM I: GİRİŞ	1
1.1. Enzimler.....	1
1.2 Toprak Enzimleri	2
1.3 Toprak Enzimlerinin Önemi	3
1.4 Toprakta Alkali Fosfotaz Enzimi.....	4
1.5 Çalışmanın Amacı.....	6
BÖLÜM II: LİTERATÜR ÖZETLERİ	7
BÖLÜM III: MATERYAL METOD	20
3.1. Çalışma Alanı.....	20
3.2. Toprak Örneklerinin Alınması ve Hazırlanması.....	20
3.2.1 Örnek Alma	20
3.2.2 Örneklerin Analize Hazırlanması.....	21
3.3. Toprak Örneklerinin Analizi.....	21
3.3.1. Toprak pH'nın Tayini.....	21
3.3.2. Toprakta EC tayini	21
3.3.3. Kireç (%) İçeriğinin Belirlenmesi	21
3.3.4. SOM (%) İçeriğinin Belirlenmesi	22
3.3.5. Toprak Bünye Tayini	23
3.3.6. Toprakta Bitkiye Fosfor Tayini.....	24
3.3.7. Toprakta Değişebilir Potasyum Tayini	25

3.3.8. Toprakta Alkali Fosfataz Enzimi Aktivitesinin Analizi.....	26
3.4. Analiz Sonuçlarının Sınıflandırılması.....	27
3.5. İstatistiksel Analizler	27
BÖLÜM IV: BULGULAR.....	29
4.1 Seçili Toprak Genel Özellikleri ve Besin Elementi İçerikleri	29
4.1.1 Genel Ortalamalar	29
4.1.2 Arazi Kullanımına Göre Değişimleri	32
4.2 Toprakların Alkali Fosfotaz Enzim Aktivitesi.....	33
4.2.1 Toprak pH'ı ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler	35
4.2.2 EC ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler	35
4.2.3 SOM ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler	36
4.2.4 Kireç ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler	38
4.2.5 Toprak Tekstürü ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler	40
4.2.6 P (ppm) ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler	40
4.2.7 K (ppm) ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler	40
4.2.8 ALP Enzim Aktivitesi Üzerine Arazi Kullanımının Etkisi.....	40
BÖLÜM V: SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	46
5.1 Seçili Toprak Genel Özellikleri ve Besin Elementi İçerikleri	46
5.2 Alkali Fosfotaz Enzim Aktivitesi.....	49
5.3 Çıkarımlar ve Öneriler	51
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ (CV).....	59

TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Toprak enzimlerinin kaynakları ve sınıflandırması	4
Tablo 3.1 Yapılan analizlerin aralıkları ve sınıflandırılması.....	28
Tablo 4.1 Toprakların farklı parametrelerine ait ortama değerler.....	31
Tablo 4.2 Pearson korelasyon analizi sonuçları	35

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	Enzim mekanizması.....	2
Şekil 4.1	Sınıflandırılmalarına göre yüzdelik oranları; (a) toprak pH'ı (b) SOM, (c) kireç, (d) toprak tekstürü, (e) P ve (f) K.....	32
Şekil 4.2	Arazi kullanımına bağlı olarak seçili genel toprak özellikleri ve besin.....	34
Şekil 4.3	Toprak pH'ı sınıflandırmasına göre toprakların alp aktivite ortalaması (a) ve regresyon grafiği (b).....	36
Şekil 4.4	Elektriksel kondüktivite (d/Scm) sınıflandırmasına göre toprakların ALP enzim aktivite ortalaması (a) ve regresyom grafiği (b).....	37
Şekil 4.5	OM (%) sınıflandırmasına göre toprakların ALP aktivite ortalaması (a) ve regresyon grafiği (b) (a, b Post Hon Duncan testine göre homojen alt kümelerdeki grup ortalamaları.....	38
Şekil 4.6	Kireç sınıflandırmasına göre toprakların ALP aktivite ortalaması (a) ve regresyon grafiği (b).....	39
Şekil 4.7	Toprak tekstürü (%) sınıflandırmasına göre toprakların ALP aktivite ortalaması (a) ve toprakların kil (b), silt (c) ve kum (d) içeriklerine ait regresyon grafikleri.....	42
Şekil 4.8	Fosfor (ppm) sınıflandırmasına göre toprakların alkali fosfataz enzim aktivite ortalaması (a) ve regresyon grafiği (b).....	43
Şekil 4.9	Potasyum (ppm) sınıflandırmasına göre toprakların alkali fosfotaz Enzim aktivite ortalaması (a) ve regresyon grafiği (b).....	44
Şekil 4.10	Arazi kullanımına bağlı olarak ALP enzim aktivitesindeki değişimler.....	45

SEMBOLLER LİSTESİ

α	Alfa
Fe	Demir
K	Potasyum
P	Fosfor



KISALTMALAR LİSTESİ

ALP	Alkali Fosfotaz Enzimi
Bas	Basıklık
CV	Varyasyon Katsayısı
Çar	Çarpıklık
EC	Elektriksel Kondüktivite
Mak	En Yüksek Değer
Min	En Düşük Değer
OM	Toprak Organik Maddesi
Ort	Ortalama Değer
StD	Standart Sapma

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1.Enzimler

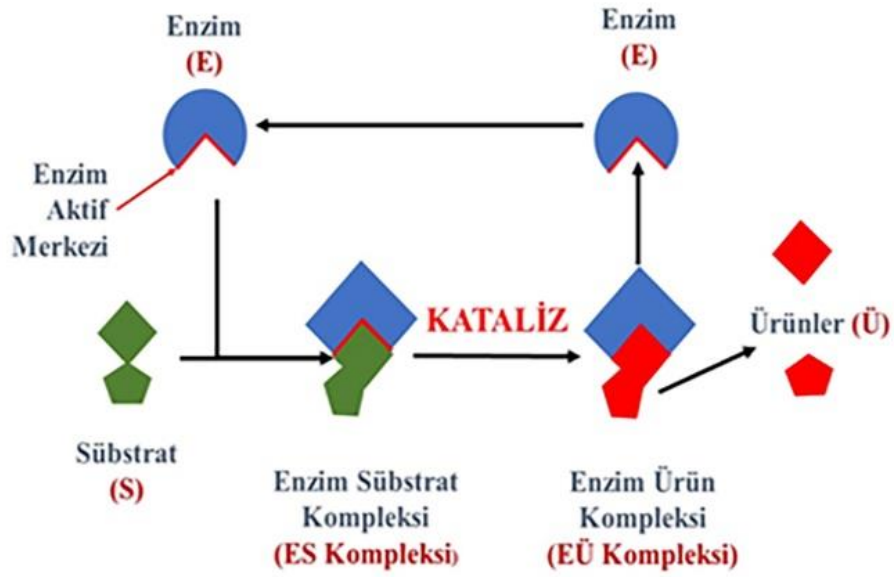
Enzimler, protein yapıda biyokatalizörlerdir [1,2]. Kimyasal açıdan enzimlerin ana yapısını proteinler oluşturur. Enzimlerin sadece proteinden oluşan ve hiçbir organik veya inorganik başka molekül içermeyen ve aktif olmayan kısmına “apoenzim”, organik veya inorganik diğer molekülleri de içeren protein yapıdaki katalitik yapısına ise “haloenzim” denmektedir. Enzim aktiviteleri bakımından gerekli olan ama protein yapıda olmayan çoğunlukla metal iyonları “kofaktör”, yine enzim aktivitelerinin gerçekleşebilmesi açısından ihtiyaç duyulan diğer organik molekül yapıdaki moleküller ise “koenzim” olarak isimlendirilir. Bununla birlikte, reaksiyona girip dönüşüme uğrattıkları moleküllere ise “süstrat” denir. Enzim molekülleri, belirli bir bölgesinde katalitik bir yüzey bulundurlar ve süstratlarını bu yüzey ile katalizlerler. Bu yüzey “aktif merkez” olarak isimlendirilmektedir [2]. Her enzimin aktif yüzeyi katalizlenen süstratına özgündür. Bu özgünlük, beraberinde enzimlerin en önemli özelliklerinden birisi olan hem katalizledikleri reaksiyon tipi hem de süstratları bakımından oldukça özgün olmaları sonucunu doğurmaktadır. Bununla birlikte, genellikle katabolik enzimlerin özgünlükleri anabolik reaksiyonlarında yer alan enzimlere göre daha düşüktür [2].

Enzimlerin faaliyete geçmesi için mutlaka ortamda özgün oldukları süstratlarının bulunması gerekir. Enzim süstrat ilişkisi önemli bir biyolojik olgudur. Enzimatik reaksiyonlarda, süstrat, enzimin aktif merkezine bağlanır. Katalizlenen süstrat reaksiyon sonunda ürünlere dönüşür (Şekil 1.1). Enzim reaksiyondan bozunmadan çıktığından bir sonraki kataliz reaksiyonlarına girebilir [2,3]. Enzimlerin etki mekanizması ile ilgili ilk model anahtar kilit modelidir. 1894 yılında ortaya atılan bu model, enzimin aktif merkezine süstratın anahtar kilit ilişkisinde olduğu gibi uyum sağladığı fikrine dayanmaktadır. Bununla birlikte en yaygın kabul gören fikir 1958 yılında Koshland tarafından ortaya konulan

indüklenmiş uyum modelidir. Bu model, sübstratın, enzimin aktif merkezine bağlanması ile hem sübstratın hem de enzimin yapısının değişimini öne sürer. Reaksiyon sonucunda sübstrat ürünlere dönüşürken enzim eski tersiyer yapısına döner [2].

1.2 Toprak Enzimleri

Enzimler, canlıların metabolik faaliyetleri esnasında üretilen katalitik proteinler olduklarından, toprak enzimlerin kaynağı da toprakta yaşayan mikroorganizmalar, toprak hayvanları ve bitkilerdir [3-5]. Diğer toprak canlılarına oranla daha fazla biyomasa, daha yüksek metabolik aktiviteye ve daha kısa hayat döngülerine sahip olmaları nedeni ile toprak enzimlerinin en büyük kaynağının mikroorganizmalar olduğuna işaret olarak kabul edilmektedir [6-8].



Şekil 1.1 Enzim mekanizması

Topraklarda genel anlamda iki tip enzim bulunur (Tablo 1.1). Bunlardan ilki abiyontik enzimlerdir ki ya topraklarda sürekli birikirler ya da sürekli olarak hücrelerce salgılanırlar. Biriken enzimlerin bir kısmı mikrobiyal hücrelere tutunmuş olarak bulunurlar. Diğer kısmı ise bu bileşenlere tutunmadan ya toprak sıvısı içerisinde bulunurlar ya da humik asit veya organik maddelere adsorbe olurlar. Sürekli salgılanan enzimler hem mikrobiyal hem de köklerin etrafındaki rizosferde yer alan bitkisel

kökenli enzimlerdir. Bununla birlikte endoselüler enzimler, üreyebilen formdaki mikroorganizmalar, bitki kökleri ve toprak faunası kökenlidirler [1, 9, 10]. Yine üreaz, fosfotaz gibi ekstraselüler enzimlerin bir kısmı toprak kolloidlerince adsorbsiyon, tuzaklama, iyon değişimi veya kovalent bağlarla tutulurlar. Böylece toprak sıvısında yer alan proteolitik enzimlerden korunurlar ve aktivitelerini uzun süre devam ettirirler [5,10]. Bu enzimler çoğunlukla toprakta gerçekleşen besin elementi döngülerinde yer alırlar ve ortama giren organik maddenin dönüşümünden sorumludurlar [7,9,11]. Bunların dışında canlıların bünyelerinde bulunan enzimler vardır ki (katalaz, dehidrogenaz gibi) intraselüler enzimler olarak isimlendirilmişlerdir ve organizma içerisinde gerçekleşen metabolik faaliyetlerden sorumludurlar. İntraselüler enzimler topraklarda aerobik ve fakültatif mikrobiyal kommünitenin ve faaliyetlerinin bir göstergesidir [3,5,8]. Topraklarda oksidoredüktaz, transferaz, hidrolaz ve liyaz ailesine ait 100'e yakın enzim bulunmasına rağmen kesin olarak topraklarda aktivitesi tespit edilebilen toprak enzimi sayısı daha azdır.

1.3 Toprak Enzimlerinin Önemi

Topraklar pek çok canlıya ev sahipliği yapmasının [4] yanısıra pek çok fiziksel, kimyasal ve biyolojik faaliyetlere de ortam teşkil eder. Özellikle ekosistemlerin kalitesi ve sürdürülebilirliği açısından karbon (C), azot (N), fosfor (P) ve kükürt gibi canlılar açısından makro besin elementlerinin döngüleri önemlidirler [3,5,6]. Bu döngülerin temelini, canlıların metabolik faaliyetleri için ihtiyaç duyulan inorganik besin elementlerinin, bir dizi biyokimyasal reaksiyonlar sonucu organik maddelerin ayrıştırılması ile topraklara ve toprak sıvısına salınması oluşturur. Organik maddelerin bu minerilizasyon sürecindeki reaksiyonlarda, intraselüler ve ekstraselüler enzimler yer alır [12]. Dolayısı ile bu reaksiyonların anlaşılmasına yönelik toprak enzim aktivitelerinin tespiti ekosistemin kalitesi ve sürdürülebilirliği hakkında bilgiler sunar [9].

Topraklardaki madde döngülerini etkileyen pek çok iklim sıcaklık gibi doğal veya toprak kirliliği veya tarım uygulamaları gibi antropojenik etken vardır [9]. Ekosistemlerin bu etkenlere karşı cevaplarının oluşturulmasında toprak enzimleri de yer alırlar. Toprak enzimleri, doğal veya antropojenik etkenlere karşı hızlı cevap verebilme yetenekleri ve verdiklerin cevapların kolay, hassas, kesin, hızlı ve ucuz yöntemlerle tespit edilebilmeleri nedeni ile pek çok bilim adamının ilgisini çekmiştir

[5]. Ayrıca toprak enzimleri, etkenlere karşı hem doğada [11] hem de tarımsal alanlarda [4] meydana gelen değişimlerde toprakların kalitesi ve verimliliğinin biyolojik göstergeleri olarak değerlendirilmektedir [9]. Etkenin doğaya, toprağa özellikle de tarıma olan etkilerinin ortama zarar verip vermediği, zarar veriyorsa bunun boyutları, zararlarının giderilip giderilemeyeceği, sonuçta toprakla olan zorunlu ilişkisi nedeni ile insan hayatına olumlu veya olumsuz etkileri tespit edilip değerlendirilmesinde toprak enzimleri oldukça önemlidirler [8].

Tablo 1.1. Toprak enzimlerinin kaynakları ve sınıflandırması [6]

A. Abiyontik Enzimler

1. Biriktirilen enzimler

- a. Mikrobiyal hücresel bileşenlere tutunanlar
 - i. Üremeyen formdaki hücrelerde
 - ii. Parçalanmamış ölü hücrelerde
 - iii. Hücresel bileşenlerde
- b. Hücresel bileşenlerle ilişkili olmayanlar
 - i. Toprak fauna ve mikroorganizma kökenliler
 - * Parçalanmamış hücrelerden kaynaklı endoselüler enzimler
 - ** Ekstraselüler enzimler
 - ii. Bitki köklerinde salgılanan enzimler

2. Sürekli salgılanan ekstraselüler enzimler

- a. Mikroorganizma kökenliler
- b. Bitki kökenliler

B. Endoselüler Enzimler

1. Üreyebilen Formdaki mikrobiyal hücre kaynaklı enzimler

2. Bitki köklerinden kaynaklı enzimler

3. Toprak faunası kaynaklı enzimler

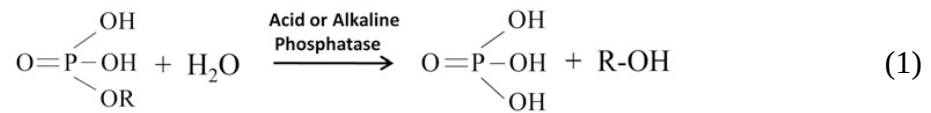
1.4 Toprakta Alkali Fosfotaz Enzimi

Fosfor (P), canlılarda çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik süreçler için gerekli olduğundan [5] tarım ürünleri açısından bir makro besin elementidir. P toprakta organik ve inorganik formlarda bulunur. Topraklarda 100 ile 3000 mg.kg⁻¹ arasında bulunan toplam P'nin % 30 ile %65'ni organik P oluşturmaktadır. Topraklarda organik P'nin kaynağı, bitki, hayvan ve mikrobiyal döküntülerdir. Böylece toprağa sürekli organik P girdisi olur. Otlaklarda, topraklardan bitkiler tarafından alınan P'nin % 60 ile % 95'inin döküntü ve hayvan dışkısı olarak toprağa geri döndüğü biçilme durumunda bu oranın %18-38 aralığına gerilediği bildirilmiştir [13]. Ancak bitkiler sadece toprak çözeltilerindeki inorganik ortofosfat iyonları (HPO₄²⁻, H₂PO₄⁻) adsorbe

edebilirler [14]. Topraklar önemli miktarda P stokları içermesine karşın, toplam inorganik P ve organik P'nin sadece küçük bir kısmının (<1%) çözünmesinden dolayı [15] tarımsal topraklarda P eksikliği yaygın bir problemdir [16]. Bu bakımdan özellikle tarımsal topraklarda enzimatik reaksiyonlar aracılığı ile organik P'nin mineralizasyonu ve inorganik P'nin ortofosfatlara dönüştürülmesi önem taşır. Bu süreçlerin gerçekleşmesini sağlayan enzimleri içeren fosfotazlar, bu nedenle hem doğada hem de tarımsal alanlarda artan şekilde bilim insanlarının dikkatini çekmiştir [17].

Fosfotazlar, fosforik asidin hem esterlerinin hem de anhidritlerinin hidrolizini katalize eden geniş bir enzim grubudur [10] ve özellikle de tarımsal topraklarda önemli bir ortofosfat katyonu kaynağıdır [7]. Topraklarda bolca bulunan fosfotaz enzimleri Uluslararası Biyokimya ve Moleküler Biyoloji Birliği Adlandırma Komitesine göre fosforik monoester hidrolazlar (fosfomonoesteraz, EC 3.1.3), fosforik diester hidrolazlar (fosfodiesteraz, EC 3.1.4), trifosforik monoester hidrolazlar (EC 3.1.5) ve fosforil anhidratlar (EC 3.6.1) ve P-N bağları (EC 3.9) üzerinde etkili olan enzimler olarak sınıflandırılmaktadır. Bununla birlikte yapısal düzenlenmelerine, kofaktör (örneğin Mg^{2+} ve Ca^{2+}) gereksinimlerine ve farklı inhibitör duyarlılıklarına göre alt bölümlere ayrılabilirler [7].

Fosfotaz enzimlerinden fosfodiesterazlar bir ya da iki ester bağlarını hidrolize ederken fosfomonoesterazlar, monoester bağlarını hidroliz ederler [7]. Bununla birlikte, fosfodiesterazlar ve fosfomonoesterazlar sıralı şekilde çalışırlar [16]. Fosfomonoesterazlar, topraklarda en çok çalışılan fosfotazlardandır ve *p*-gliserofosfat, fenilfosfat, *p*-naftil fosfat ve *p*-nitrofenil fosfat gibi çeşitli fosfomonoesterleri katalize ederek ortofosfatlara dönüştürürler [18]. Fosfomonosterlerin asit ve alkalın fosfotazlarla katalize edilen ortofosfatlara hidrolizinin genel denklemi şöyledir:



Daha önceki çalışmalarda [7,10,19], asit fosfotazın asidik topraklarda, alkalın fosfotazın ise alkali topraklarda baskın olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte asit fosfotaz enziminin topraktaki bakteri, mantar, maya, protozoa, mikorizal mantar ve bitki kökleri tarafından üretilirken alkali fosfotazlar ise sadece bakteri, mantar ve solucanlar tarafından üretilir ve toprağa salınırlar [20].

1.5 Çalışmanın Amacı

Bitkilerin gelişimi verimini sınırlandıran makro elementlerden olan P'nin çevredeki döngüsü sadece doğal alanlar için değil aynı zamanda tarımsal topraklar içinde önemlidir. Ekstraselüler enzimlerden olan ALP, topraklarda organik fosforun inorganik fosfora minerilizasyonunda yer alan fosfomonoesteraz enzimlerinden biridir ve organik fosforun bitkiler tarafından kullanılabilir inorganik formlara minerilize edilmesinde göre alırlar. Aynı zamanda tarımsal alanlarda pedojenik ve antropojenik etkilere karşı hassastırlar. Bu nedenle tarımsal toprakların kalitesi ve verimliliğinin önemli bir göstergesidir.

Her ne kadar endüstriye dayalı ekonomiye sahip olsa da tarımsal üretimin bu ekonomide önemli bir yere sahip olduğu Gaziantep'te daha önce tarımsal toprakların alkali fosfotaz aktivitesi daha önce çalışılmamıştır. Bu bakımdan bu çalışma, Gaziantep'teki tarımsal alanlarda ALP enzim aktivitesinin belirlenmesini ve ALP enzim aktivitesini etkileyen bazı toprak değişkenleri ile ilişkilerini tespit edilmesini amaçlamaktadır. Gaziantep tarımsal topraklarında ilk kez gerçekleştirilen bu çalışma ile toprak verimliliğinin ve sürdürülebilirliğinin önemli göstergelerinden olan toprak ALP enzim aktivitesi ile elde edilecek bilgilerin sonraki çalışmalara temel verileri oluşturması beklenilmektedir.

BÖLÜM II

LİTERATÜR ÖZETLERİ

Toprak enzim aktiviteleri derlendiği çalışmada [1] yazarlar karasal ekosistemlerdeki besin elementlerin döngüsü ve toprak yapısının stabilizasyonundan toprak organizmalarının sorumlu olduğunu, organik maddelerin minerilizasyonun, mikroorganizmalardan bitkiler ve hayvanlara kadar geniş bir organizma grubu tarafından çok çeşitli metabolik süreçler aracılığı ile gerçekleştirildiğini belirtmişlerdir. Bu canlıların oluşturduğu toprak biyotasının bileşiminin, özgül oldukları biyolojik reaksiyonları katalize etme kabiliyetine sahip enzimlerin topraklardaki sentezi ve varlığını belirlediği, enzimlerin kaderinin ise çevresel etkiler ve ekolojik değişimler tarafından belirlendiği de ifade edilmiştir.

Karmaşık biyokimyasal reaksiyonlara sahip canlı doku gibi kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlere sahip olmasından dolayı toprağın da biyolojik varlık olarak değerlendirilebileceği öne sürülen ve toprak enzimleri ve çeşitli abiyotik ve biyotik faktörlerin enzim aktivitesi üzerine etkilerinin derlendiği çalışmada [3], toprakların enzimler içerdiği bildirilmiştir. Bu enzimlerin kaynağının mikroorganizmalar, toprak hayvanları ve bitkiler olduğu ifade edilen bu çalışmada, toprak biyotasının hücre içerisinde sahip oldukları intraselüler ve hücrelerin ölmesi veya salgılaması ile toprak içerisinde serbest şekilde bulunan ekstraselüler enzimleri barındırdıkları bildirilmiştir. İlk yıllardaki toprak enzim araştırmalarının toprak enzimlerinin kökeni stabilizasyonu, bitki beslemedeki önemi ve organik madde döngülerindeki rolü üzerine yoğunlaştığı ancak onlarca yıl geçmesine karşı bu soruların hala yeterli düzeyde cevaplanamadığı ifade edilmiştir. Kalıcı bir değişikliğe uğramadan kimyasal reaksiyonların hızlanmasını sağlayan katalitik özelliklere sahip proteinler olan enzimlerin topraklarda özellikle makro bitki besin elementlerinin (karbon, azot, fosfor gibi) ekosistemlerdeki döngülerine aracılık eden pek çok biyokimyasal reaksiyonda yer aldıkları vurgulanmıştır. Toprak enzimlerinin büyük çoğunluğunun hidrolitik özelliklere sahip

olduğu hidrolazlar olduğu ancak bununla birlikte toprak enzimlerinin oksidoredüktazlar, transferazlar ve liyazlar sınıfına yer aldıkları bildirilmiştir. Bu çalışmada, tarımsal topraklarda enzim aktivitesini etkileyebilecek faktörler, tarımsal ekim sistemleri, toprakların işlenmesi ve anız yönetimi, toprak pH'ı ve kireç olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada özellikler uzun vadeli ekim sistemlerinin ve gübrelemenin toprak yapısı ve yoğunluğu, pH, toprak organik maddesinin miktarı, kalitesi ve dağılımı ve toprak profili içindeki besin döngüleri gibi önemli toprak özelliklerini etkileyebileceği ifade edilmiştir. Toprak işleme ve anız yönetimine dair uygulamaların toprakların biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin değişimine yol açabileceği bildirilen çalışmada bu durumun toprak mikrobiyal komünitesi üzerindeki etkilerinden dolayı toprak enzim bileşimi dağılımı ve aktivitelerini de değiştirebildiği bildirilmiştir. Enzimatik reaksiyonların gerçekleştiği spesifik toprak pH'ı üzerindeki etkilerin değişiminin (örneğin toprak kireç içeriğindeki değişimler gibi) topraktaki enzimlerin aktivitesini de değiştirebildiği ifade edilmiştir.

Bafra ovasında, çeltik tarımı yapılan alanlardan alınan toprak örneklerinde fosfotaz enzimleri ile birlikte üreaz, glukosidaz ve katalaz enzim aktivitelerinin toprak özellikleri ile olan ilişkilerinin belirlendiği çalışmada [4] toprakların alkali fosfotaz enzim aktivitesinin 12,00 ile 25,53 mg fenol.100 gr top.⁻¹ olarak belirlenmiştir. Alkali fosfotaz ile toprak pH'ı, değişebilir Ca, değişebilir Mg ve ekstrakte edilebilir Cu arasında pozitif, total P arasında ise negatif yönde ilişkiler tespit edilmiştir.

Sürdürülebilir tarımsal üretimde toprak enzimlerinin tartışıldığı çalışmada [5] toprak kalitesinin tarımsal ürünlerin gelişimi ve verimi için kilit bir faktör olduğu ve toprakta bitki besin elementlerinin mevcudiyeti için belirleyici bir faktör olduğu ifade edilmiştir. Bu bakımdan toprak enzimlerinin, topraktaki besin elementlerinin biyojeokimyasal döngülerinde, bitkilerin sağlıklı gelişimi ve tarımsal verimliliğinin sürdürülmesinde hayati bir öneme sahip olduğunu bildirmiştir. Önemli toprak enzimlerinin C, N, P ve S döngülerinde yer aldığını ifade etmiştir. P döngüsünde ise asit ve alkalın fosfotaz enzimlerinin organik moleküllerden bitkilerce besin elementi olarak kullanılabilecek P formu olan ortofosfatların organik moleküllerin minerilizasyonu yolu ile elde edilmesinden sorumlu olduklarını bildirmiştir. P'nin toprakta bolca bulunmasına karşın %15-20'den fazla olmayan düşük kullanılabilir kapasitesinin bitkiler için P'nin büyümeyi sınırlayıcı en önemli besin elementlerinden

yaptığı ifade edilmiştir. Bu nedenle toprak enzimlerince organik P'nin minerilizasyonunu bitkiler tarafından önemli bir P kaynağı haline getirdiği savunulmuştur. Fosfotazları P içeren organik moleküllerden fosfo diester bağlarını hidrolizini katalizleyerek ortofosfatların salıverilmesini sağlayan ekstraselüler toprak enzimleri olarak tanımlamıştır. Mantarların çoğunlukla asit fosfotaz, bakterilerin ise alkali fosfotaz kaynağı olduğu ifade edilen bu çalışmada bu fosfomonoesterazların toprak pH'ına bağlı aktivitelerinin hidroliz edilen bağların sayısına, topraktaki fosfomonoesteraz ve ortofosfat konsantrasyonuna bağlı olduğu bildirilmiştir. Genel olarak topraklardaki H⁺ konsantrasyonunun enzim dinamikleri ve protein yapısı, sübstrat bozunması, iyonizasyonu ve çözünürlük özellikleri ve kofaktör değişimlerine yol açmasından dolayı optimum aktivite için toprak enzimlerinin spesifik bir pH aralığına sahip oldukları ifade edilmiştir. Toprak pH'ında olduğu gibi enzim aktiviteleri ortam sıcaklığından etkilenirler ve eşik değerinin üstünde enzim aktivitesi protein yapısının de natüre olması nedeni ile azaldığı bildirilmiştir. Toprak verimliliğinin önemli bir bileşeninin toprak organik maddesi olduğu vurgulanan çalışmada toprak organik maddesinin enzimlerin sübstratlarını oluşturmaları, enzim aktivite hızını belirlediği ifade edilmiştir. Mikrobiyal flora için uygun bir ortam olan rizosferleri aracılığı ile tarımsal üretim için kullanılan bitkilerin toprak enzim aktivitesini önemli ölçüde etkiledikleri bildirilmiştir. Uygun dozlarda kullanılan inorganik gübrelerin mikrobiyal aktive üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı tarımsal alanlardaki toprak enzim aktivitesini arttırdığı bununla birlikte aşırı kullanımında toprak enzim aktivitesine uzun vadede olumsuz etkilerde bulunduğu ifade edilmiştir.

Toprak kalitesi üzerine toprak enzimlerinin etkilerinin tartışıldığı çalışmada [6] toprağın fiziksel ve biyolojik özellikleri ile yakından ilişkili toprak enzimlerinin aktivitesini tarımsal uygulamalar ve çevre kirliliğinden ciddi şekilde etkilendiğini öne sürmüştür. Bu nedenle toprak enzim aktivitesinin toprak kalitesindeki pek çok değişikliğin bir göstergesi olarak kabul edildiği ifade edilmiştir. Ayrıca hücre içi enzimlerin bu antropojenik etkilere karşı, kil ve organik maddelerce korunan ekstraselüler enzimlere göre daha duyarlı olduğu, ancak antropojenik etkilerin toprak üzerindeki uzun vadeli etkilerinin değerlendirilmesinde hücre dışı enzimlerin daha güvenilir olduğu sonuçlar ortaya koyabileceği bildirilmiştir.

Toprakta P minerilizasyonunda fosfotazların rolü ve çevresel faktörlerin, tarımsal uygulamaların ve otoprak kirliliğinin bu enzim aktivitesine etkilerinin tartışıldığı çalışmada [7] fosfotazların fosforik asidin hem esterlerini hemde anhidritlerinin hidrolizini katalizlediğini ve böylece bitki ve mikroorganizmalar için besin elementi olan inorganik P'nin salınımına yol açtığını belirtmiştir. Ayrıca bu çalışmada, alkali fosfotaz aktivitesinin tespitinde kullanılan yöntem ayrıntılı olarak verilmiş ve tartışılmıştır.

Ağır metallerin toprak enzimi aktivitesi üzerine etkilerinin derlendiği çalışmada [8] ağır metallerin toprak mikroorganizmaları üzerine etkilerinden dolayı toprak enzim aktivitesinin de olumsuz etkilendiğini ifade etmiştir. Bu nedenle toprak enzimlerindeki değişimlerin ağır metal kirliliğine bağlı olarak toprak sağlığı ve verimliliğinin anlaşılmasında kullanılabilecek bir biyolojik belirteç olduğu ifade edilmiştir.

Toprak organik maddelerinin parçalamasında ve besin döngüsü yolu ile enerji transferinde kilit bir rol oynadığı ifade edilen çalışmada [9] toprak enzimlerinin bu özellikleri nedeni ile tarımsal ekosistemlerde de önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir. Bu çalışmada, toprak mikroorganizmalarının metabolik aktiviteleri için elzem olan enzimlerin aynı zamanda toprak stabilizasyonuna da yardımcı oldukları da ifade edilmiştir. Toprak enzimlerinin öncelikli kaynağının olmasında karşın bitki ve hayvanlarında toprak enzim miktarlarına ve çeşitliliğine katkıda bulunduğuna ifade edilmiştir. Bu çalışmada yine pedojenik ve antropojenik değişikliklere olduğu gibi sıcaklık ve iklim gibi atmosferik değişikliklere de hızla yanıt oluşturan ve yine toprağın fizikokimyasal yapısı ve biyolojik özellikleri ile yakından ilişkili toprak enzimleri, toprak sağlığı ve verimliliğinin tespiti için indikatör olarak kullanıldığı ifade edilmiştir. Bu çalışmaya göre özellikle tarımsal toprakların sağlığı ve verimliliğinin korunmasında, toprak enzimleri üzerindeki faktörlerin etki mekanizmasının anlaşılabilmesi için önemli olduğu savunulmuştur.

Topraklarda, enzim aktivitelerinin tespit edilebilmesi için analiz yöntemlerinin derlendiği ve ayrıntılı olarak sunulduğu çalışmada [10] fosfomonoesterazlardan alkali fosfotaz enziminin alkali topraklarda baskın olmasının ya bu enzimin toprak mikroorganizmalarınca sentez ve salınımının, ya da enzim stabilitesinin toprak pH'ı ile ilişkisinden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Toprağa salınan enzimlerin, organik madde döngüsüne ve besin kaynağına önemli ölçüde katkı sunduğu bildirilen çalışmada [12] bu döngülerin gerçekleştiği reaksiyonlarda ekstraselüler enzimlerle birlikte intraselüler enzimlerin yer aldığı ifade edilmiştir.

Mera ekosistemlerinde besin döngüsü ve toprak verimliliğini derlendiği çalışmada [13] bitkiler tarafından alınan P'nin % 60 ile % 95'inin toprağa geri döndüğü, ancak biçilen meralarda bu oranın %18-38 aralığına gerilediği bildirilmiştir

Topraklarda organik P'nin toprak bitki sistemlerinde P dinamiklerinin biyolojik olarak kullanılabilirliğinin ve hareketliliğinin belirlenmesinde önemli olduğu bildirilen çalışmada [14] organik P'nin bitki besleme ve biyojeokimyasal P döngüsündeki rolünü belirleyen biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin ve süreçlerin kapsamlı şekilde anlaşılması gerekliliği öne sürülmüştür. Bu çalışmada topraklardaki toplam P'nin 100 ile 3000 mg.kg arasında değiştiği ve bunun %30 ila 65'ini organik P'nin oluşturduğu bildirilmiştir. P'nin topraklardaki varlığının belirlenmesinde önemli olan P minerilizasyonun ekosistem üretkenliğini de etkilediği ifade edilmiştir. Organik P'lerin minerilizasyonun toprak solüsyonlarındaki inorganik fosfat (HPO_4^{2-} ve H_2PO_4^-), kaynağını oluşturduğunu ve bitkiler ve mikroorganizmalar için primer P kaynağının ise bu ortofosfatlar olduğu bildirilmiştir. Topraktaki organik P miktarları, biçimleri ve dinamiklerinin biyolojik, kimyasal ve fiziksel faktörlerin bir kombinasyonu ile belirlendiği, bunların arazi kullanımı tarihçesi ve yoğunluğu ayrıca P girişi ve çıkışı esnasında çevresel koşullar (sıcaklık, nem gibi) olduğu belirtilmiştir. İnorganik veya organik kullanımı ile artan P miktarlarının uzun süreli tarım ve tarımsal üzerimle birlikte azalabileceği ifade edilmiştir.

Toprak organik fosforunun brüt ve net minerilizasyon oranlarının değerlendirildiği çalışmada [15], biyolojik ve biyokimyasal süreçlerin nispi katkısının tarımsal topraklarda, otlak ve orman altlarına göre daha düşük olma eğiliminde olduğu ve inorganik P'nin varlığı ile negatif, ancak toprak organik karbon konsantrasyonları ile pozitif ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada bazal brüt organik P minerilizasyonun 0,1 ile 2,5 mg P.kg⁻¹.g⁻¹ arasında değiştiğini, çayırılık alan ve orman topraklarında ise bu değerlerin 12,6 mg P.kg⁻¹.g⁻¹'ya kadar çıkabildiği bildirilmiştir. Topraktaki P dinamiklerindeki biyolojik ve biyokimyasal süreçlerin anlaşılmasının tarımsal ekosistemlerde P yönetimin iyileştirilmesine yardımcı olacağı savunulan bu

çalışmada toprakların önemli miktarda P içermesine karşın toplam inorganik ve organik P'nin sadece küçük bir kısmının (<%1) toprak solüsyonlarında çözünebileceğini ifade edilmiştir.

Tarımsal verimlilik açısından en sınırlayıcı makro besin elementlerinden biri olan P'nin eksikliğinin dünya genelinde yaygın bir durum olduğu belirtilen çalışmada [16] verimi arttırmak için uzun süredir fosfatlı gübreler kullanılıyor olmasına karşın toprak kolloidlerine olan yüksek affinitesinden dolayı bitki tarafından kullanılabilir P'nin düşük olduğu bildirilmiştir. Spesifik olarak sabit P'nin salınması için P aktivatörlerinin potansiyelinin açıklanmaya çalışıldığı bu çalışmada P aktivatörlerinin bir dizi kimyasal ve biyolojik süreç sonunda P'yi biyolojik olarak kullanılabilir formlara dönüşümünü hızlandırdıkları veya güçlendirdikleri ifade edilmiştir.

Çankırı'nın Uludere havzasında, ormanlık alanların ekili ve meraya dönüştürülmesinden sonra değişikliğe uğrayan toprakların kimyasal, fiziksel özellikleri ile ekstraselüler enzim aktivitesinin belirlendiği çalışmada [17], toprak organik fosforunun bitkiler tarafından alınabilen inorganik formlara dönüştürmesi bakımından alkali fosfotazın büyük bir tarımsal değere sahip olduğunu bildirmiştir. En yüksek alkali fosfotaz aktivitesinin doğal orman topraklarında bulunduğu tespit edilen çalışmada, en düşük seviyelerin ise ekili tarımsal topraklarda saptanmıştır. Bu çalışmada toprak organik maddesi ile alkali fosfotaz enzim aktivitesi arasında önemli korelasyonların varlığı tespit edilmiştir. Doğal ormanlık arazilerin uzun süreli tarımsal amaçlarla kullanımlarının toprakların fiziksel, kimyasal özellikleri ile birlikte enzim aktivitelerinin de değişimine sebep olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Topraklarda fosfor (P) döngüsü enzimlerinin ve bu enzimlerin tespit yöntemlerini içeren çalışmada [18] azot (N) tarımsal üretimi sınırlayıcı bir bitki besin maddesi olan ve 200 ile 5000 mg/kg⁻¹ değişebilen fosforun (P) topraklardaki döngüsünün fosfotazlar aracılığı ile gerçekleştiğini ifade etmiştir. Toprak toplam P'sinin önemli bir yüzdesini (%50) oluşturan toprak organik P'sinin bitkiler tarafından kullanılabilir formlara (PO₄³⁻) dönüşümünde rol oynadığı bildirilen çalışmada fosfotazların topraklarda P minerilizasyonunda yer aldıkları belirtilmiştir. Toprakta fosfotaz aktivitelerinin P döngüsü üzerinde etkili arazi uygulamaları, ekolojik stres veya ekosistem restorasyonun hassas göstergeleri olduğu savunulan çalışmada fosfotaz enzimlerinin aktivitelerindeki değişikliklerin tarımsal alanlarda tarımsal ürün

yetiştirmeye, arazi kullanımına ve toprakların işlenmesine karşı hassas oldukları vurgulanmıştır. Ayrıca topraktaki organik P dđnüşümünü belirlenmesi için fosfotaz enzim aktivitelerinin belirlenmesinin gerekliliği ifade edilmiştir. Topraklarda en çok çalışılan fosfotazlardan olan fosfomonoesterazların, optimum aktivitelerinin toprak pH'ına bağlı olduğunu ve alkali topraklarda alkalın fosfotaz (ortofosforik monoester fosfohidrolaz, EC 3.1.3.1) enziminin baskın olduğu bildirilmiştir. Bu durumun alkali fosfotaz enziminin önemli bir kaynağı olarak kabul edilen toprak mikrobiyal kmmünitesi tarafından sentez, saliverilme ya da topraklardaki stabilitesinin toprak pH ile güçlü şekilde ilişkili olduğunu gösterdiği ifade edilmiştir. Aynı çalışma da toprak fosfotaz enziminin Michelis sabitleri de verilmiştir ki alkalın fosfotaz enziminin Km değerlerinin 0,4 ila 4,9 mM arasında değiştiği bildirilmiştir.

Fosfomonoesteraz, fosfodiesteraz ve fosfotriesteraz enzim aktivitelerini belirlemek için yapılan çalışmada [19] asidik topraklarda asidik fosfotazın, alkali topraklarda ise alkali fosfotazın baskın olduğunu göstermişlerdir. Fosfodiesteraz ve fosfotriesteraz enzim aktivitelerinin, asit ve alkali fosfotaz enzimlerinden daha düşük olduğu bulunmuştur. Havada kurutulmuş toprak örnekleri ile yapılan çalışmaların asit fosfotaz ve fosfotriesteraz enzim aktivitesini arttırdığını alkali fosfotaz enzim aktivitesini ise azalttığını bulmuşlarıdır. Bu çalışmada toprakların alkali fosfotaz enzim aktivitesinin 200 ile 625 $\mu\text{g } p\text{-NP.gr top.}^{-1}\text{s}^{-1}$ 37°C arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Yirmi yıl önce meşe ormanından dđnüştürülen mera ve mısır tarlası ile bu meşe ormanlarında gerçekteştirilen çalışmada [20] asit fosfotaz enziminin topraktaki bakteri, mantar, maya, protozoa, mikorizal mantar ve bitki kökleri tarafından üretilirken, alkali fosfotazlar ise sadece bakteri, mantar ve solucanlar tarafından üretildiği belirtilmiştir. Bu çalışmada fosfomonoesteraz enzim aktivitesi analizleri 2 ile 12 pH'da gerçekteştirilmiştir. Çalışma sonucunda fosfotazların maksimum aktivite için farklı optimum pH değerlerine sahip olduğu ve bu enzimlerin P dđngüsüne katkısının belirlenebilmesi için tasarlanan çalışmalarda bu değerlerin göz önünde bulundurulması gerekliliği ifade edilmiştir.

Topraklarda C, N, P ve S dđngüsünde yer alan 14 farklı enzimin aktiviteleri üzerinde kireç uygulamasının etkilendirildiği çalışmada [21] organik C ve N'nin kireç uygulamalarından önemli düzeyde etkilenmediği buna karşılık toprak pH'nın 4,9'dan 6,9'a yükseldiği gösterilmiştir. Bu çalışmada, Optimal pH'larda test edilen

enzimlerden asit fosfotaz enzim aktivitesinin artan toprak pH'ı ile negatif, diğer ALP'de dahil diğer enzim aktivitelerinin ise pozitif ilişkileri tespit edilmiştir. Bu çalışma sonunda toprak pH'nın toprak sağlığı ve kalitesinin önemli göstergelerinden biri olduğu sonucuna varılmıştır.

Batı Teksas (ABD)'deki yarı kurak topraklarda arazi yönetiminin β -glukosidaz, β -glukozaminidaz, alkalın fosfataz ve arilsülfataz aktiviteleri ve mikrobiyal topluluk yapısı üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada [22] enzim aktivitelerinin enzim siltli ve kumlu killi siltli topraklarda, ince kumlu siltli topraklardan daha yüksek olduğunu bulunmuştur. Toprak pH'nın arazi yönetiminden etkilenmediği bu çalışmada toplam organik C ve toplam N içeriğinin ürün rotasyonlarından ve toprak işleme uygulamalarından etkilendiği tespit edilmiştir. Toprak enzim aktivitelerinin toprak organik C'si ile anlamlı ilişkiler sahip olduğu ve ince kumlu tın ile kumlu killi tın ve tınlı toprakların sahip oldukları fatty asidi metil ester profillerindeki farklılıklar enzim aktivitelerindeki farklılıkları yansıttığı ifade edilmiştir.

Bir dizi uygulama kullanılarak ağır metallerin biyoyararlanımlarının değiştirilmesi yolu ile kirlenmiş toprakların ağır metaller bakımından iyileştirilmesine yönelik çalışmada [23] kireç uygulamasının toprakların H^+ konsantrasyonları üzerindeki etkisi nedeni ile toprak pH'ın arttığı bildirilmiştir.

Gaziantep Nizip İlçesi antepfıstığı bahçelerinin beslenme durumunun belirlenmesi amacı ile gerçekleştirilen çalışmada [24] hafif alkali ve tuzsuz toprakların tümünün OM bakımından yine %26,66'sının ise fosfor bakımından yetersiz olduğu bildirilmiştir.

Güneydoğu Anadolu'daki antepfıstığı bahçesi topraklarının yüzey karbon stoklarının belirlendiği çalışmada [25] 0-20 cm derinlikten alınan örneklerin % 0,07 ile 1,95 arasında toprak organik karbonu ve % 12,7 ile 42,81 arasında ise kireç içerdiği tespit edilmiştir. Bölgede yetersiz yağış, düşük biyokütle ve toprağa düşük düzeyde karbon girişinin toprakların karbon içeriklerinin de düşük olmasına neden olduğu tespit edilen çalışmada toprağın kil ve kireç içeriklerinin toprak organik karbonunun hava koşullarına ve minerilizasyona karşı koruduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada toprak organik karbon ile kil içerikleri arasında önemli ve pozitif ilişkiler tespit edilmiştir.

Gaziantep'te kiraz (*Prunus avium* L.) bahçelerinin (N, P, K, Fe, Zn, Cu ve Mn) beslenme durumları ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacı ile gerçekleştirilen çalışmada [26] toprakların tuzluluk sorunu olmadığı ancak yüksek kireç içeriklerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada toprakların %80'nin OM, %25'inin fosfor, %35'inin potasyum bakımından yetersiz olduğu bulunmuştur.

Meralardan tahıl üretimine geçişle birlikte toprak karbon dinamiğinin takip edildiği ve verimliliğe etkisinin araştırıldığı çalışmada [27] kireç uygulamasının ve besin elementi ilavesinin de karbon dinamiğine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, başlangıçta yüksek toprak verimliliğine sahip mera topraklarından dönüştürülen tarımsal alanlarda kireç uygulaması sonrası karbon kaybının düşük olduğunu, besin elementi ilavesinin ise başlangıçta düşük verimliliğe sahip topraklara besin elementi eklenmesinin ise bu topraklarda karbon kaybını azalttığı bulunmuştur.

Toprak sürme ve atık yönetiminin asit fosfataz, alkalın fosfataz, fosfodiesteraz ve inorganik piyrosfosfataz ve arilsülfataz enzim aktiviteleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada [28] fosfotaz ve arilsülfataz enzim aktivitelerinin organik karbon ile önemli düzeyde pozitif ilişkili olduğu ve bu nedenle toprak derinliği ile birlikte bu enzim aktivitelerinin azaldığı bildirilmiştir. Aynı zamanda bu çalışmada alkalın fosfotaz fosfodiesteraz ve arilsülfataz enzim aktivitelerinin ise toprak pH'ı ile önemli düzeyde ilişkileri olduğu da bildirilmiştir.

Türkiye topraklarının verimlilik durumunun araştırıldığı çalışmada [29] Türkiye topraklarının SOM içerikleri bakımından fakir olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada aşırı gübre kullanımına bağlı olarak ovalarda ve sulu tarım yapılan alanlarda aşırı gübre kullanımına bağlı olarak P birikimi olduğunu da bildirmiştir.

Türkiye'nin çeşitli yörelerinden yaklaşık 240 000 adet toprağın analizinden elde edilen sonuçlar [30], Türkiye topraklarının yaklaşık % 29'unun fosfor içeriği bakımından çok fakir olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Türkiye topraklarının OM bakımından fakir olmasının başlıca nedenlerinin işlenen topraklarda uygulanan münavebe sistemi, toprağın işlenme süresi ve teknikleri, toprak üstü bitki örtüsünün durumu veya tahrip derecesi, bitki atıklarının anız yakma ile yok edilmesi veya uzaklaştırılması, organik gübrelemenin yetersiz olması ve gübreleme biçimi gibi kontrol edilebilir faktörlerin

yanında iklim, özellikle de sıcaklık ve yağış rejimi gibi faktörler olduğu ifade edilmiştir.

Tarım topraklarının verimlilik durumlarının belirlenebilmesi amacı ile Osmaniye’de gerçekleştirilen çalışmada [31], toprak pH’nın ağırlıklı olarak hafif alkali olduğu, örneklerin tamamına yakınının kireçli ve SOM bakımından noksan olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte toprakların hemen hemen yarısının bitkiler tarafından kullanılabilir P bakımından yetersiz olduğu bulunmuştur.

Gaziantep’teki tarım topraklarının besin elementi durumu ve bazı toprak özellikleri ile ilişkilerinin belirlendiği çalışmada [32] 53 farklı noktadan toprak örnekleri alınmıştır. Toprakların % 65.11’ inin killi, % 27.35’ inin killi tınlı, % 7.54’ ünün kumlu-killi-tınlı bünyeye sahip olduğu tespit edilmiştir. Hafif alkali ve alkali sınıfına dahil olduğu tespit edilen toprakların yarısının tuzlu sınıfında yer aldığı ve SOM bakımından yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca toprakların % 35.86’sının fosfor bakımından yetersiz olduğu bulunmuştur. Toprak pH’ı ile kireç, içerikleri, OM ile P içerikleri, kil ile K, kum ve silt içerikleri arasında anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir.

Nizip’te zeytin bahçelerinde gerçekleştirilen çalışmada [33] toprakların sadece %17.5’inde P’nin yetersiz olduğu, toprakların tamamında ise K’nın yeterli olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda Gaziantep ili Nizip ilçesi zeytin bahçelerinde beslenme sorunlarının olduğu, yörede yer alan zeytin bahçelerinde toprak ve bitki analizlerine dayalı bilinçli bitki beslenme programlarının olmadığını öne sürülmüştür.

Tarımsal bitki beslemede P’un yerinin ve P gübrelerinin tartışıldığı çalışmada [34], P’nin tüm canlıların fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerinde yer almasından dolayı bitkilerin beslenmesinde önemli olduğu belirtilmiştir. Küresel anlamda, P’nin genellikle asitli, nötr ve kireçli topraklarda bitki büyümesini kısıtlayan makro besin maddesi olarak kabul edildiği belirtilmiştir. Bu bağlamda tarımsal üretimi sınırlayan toprak P eksikliğinin giderilmesi amacı ile inorganik veya organik gübre kullanımının artan dünya nüfusu için gıda güvenliğinin sağlanabilmesi açısından tarımsal üretimi artırma olasılığının olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmada ayrıca dünyada kullanılabilir tarım arazilerinin yaklaşık %67’sinin bitkiye yararlı p bakımından yetersiz olduğu ifade edilmiştir.

Toprak mikro ikliminin asit ve alkali fosfataz enzim aktivitesindeki varyasyonun yaklaşık %20'sini açıkladığı tespit edilen çalışmada [35], alkali fosfataz aktivitesinde kışın görülen artışın ölmekte olan toprak mikroorganizmalarından salınan fosfataz ve toprakta daha önce birikmiş fosfatazın desorbsiyonu ve yeniden aktivitesinden kaynaklandığı bildirmiştir.

Şanlıurfa'da mısır tarımı yapılan tarımsal alanların mikrobiyolojik özelliklerinin araştırıldığı çalışmada [36], 27 alandan toprak örnekleri alınmış ve analiz edilmiştir. Topraklarda ALP enzim aktivitesinin 7,04 ile 82,4 $\mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$ arasında olduğu tespit edilmiştir. Toprak pH'ı ile kireç içerikleri ve yine ALP enzim aktivitesi ile pH, SOM ve toprak tekstürü bileşenleri arasında önemli ilişkiler tespit edilememiştir.

Organik ve konvansiyonel tarım yapılan üzüm bağı topraklarında mikrobiyal biyomas ve enzim aktivitesinin araştırıldığı çalışmada [37] organik tarım yapılan alanlarda toprakların organik C, mikrobiyal biyomas C'u ve ALP enzim aktivitesi konvansiyonel tarım yapılan alanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte toprakların ALP enzim aktivitesi ile toprakların organik C ve total N içerikleri arasında anlamlı ve pozitif ilişkileri tespit edilmiş iken bitki tarafından kullanılabilir P içerikleri ile arasındaki ilişkilerin önemsiz olduğu bildirilmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesinde yaygın olarak yer alan kırmızı-sarı podzolik toprakların temel bazı karakteristik özellikleri ve verimlilik durumunu belirlemek amacıyla ile topram 370 toprak örneğinin alındığı çalışmada [38] toprakların bitki tarafından kullanılabilir P ve ekstrakte edilebilir K bakımından yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Özellikle K eksikliğinin yüksek asidite ve KDK nedeni ile topraklardan yıkanmasına bağlanan çalışmada toprakların %70'nin organik C bakımından yüksek içeriklere sahip olduğu bildirilmiştir.

Gübrelenmiş ve gübrelenmemiş tarımsal alanlarda P döngüsünün araştırıldığı çalışmada, mevsimsel olarak gübrelenmemiş topraklarda inorganik P'nin tutarlı değişikliklere sahip olmamasına [39] karşın P gübresi ilavesinden sonra P konsantrasyonlarının arttığı gözlenmiştir. Bu çalışmada hem gübrelenmiş hemde gübrelenmemiş topraklarda kış aylarındaki (Ekim-Mart) organik P içeriğinin ilkbahar aylarından (Mayıs-Haziran) daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada bitki tarafından kullanılabilir P (Bray-I P) gübrelenmemiş topraklarda organik P ile,

gübrelenmiş topraklarda ise inorganik P ile yakından ilişkili olduğu, bu ilişkilerin eğilimlerinin ise sırası ile organik ve inorganik P bakımından fosfotaz enzim aktivitesi ve bitki tarafından maksimum P absorpsiyonu ile belirlendiğini ifade edilmiştir. Fosfotazların ölçülen değerleri ise toprakta kolloidlere ve humik maddelere bağlı toprak serbest fosfotaz enzim aktivitesini yansıttığı savunulmuştur.

Gaziantep tarımsal topraklarının erodibilite potansiyelinin araştırılması amacı ile gerçekleştirilen çalışmada [40], bu toprakların yüksek bir erozyon riskine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte ortalama değerler bakımından toprak pH'sının $7,6 \pm 0,1$, EC'nin $0,07 \pm 0,01$, kirecin $\%16 \pm 9$, SOM'un $2,3 \pm 2,5$ olduğu tespit edilmiştir. Alkali Gaziantep tarım topraklarının tane boyutu bileşimi ve düşük SOM içerikleri erodibilite potansiyelini arttırdığı, bunun tarımsal alanlarda besin elementlerinin azalmasına yol açması nedeni ile tarımsal verimliliğe olumsuz etkileri olduğu ortaya konulmuştur.

Gaziantep tarım topraklarında toplam C ve N içeriklerinin araştırıldığı çalışmada toplam 40 toprak örneği alınmıştır [41]. Bu çalışmada kireç ile pH ve kum arasında, silt ile kum ve kil arasında pozitif anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. toprak pH'ı 7,24 ve 7,89 arasında değişen bu toprakların ortalama SOM içeriğinin ise $\% 1,42$ olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte bu çalışmada toprak pH'ı ile SOM arasında istatistiksel anlamda önemli ilişkilerin olmadığı tespit edilmiştir.

Barak Ovası (Gaziantep) tarım topraklarında erozyon riskinin belirlenmesi amacı ile gerçekleştirilen çalışmada [42] toprak pH'nın 7,48 ila 7,69, EC'nin 0,03 ila 0,07 mS cm^{-2} , SOM'un $\% 0,13$ ile 2,86 arasında değiştiği tarım topraklarının kireç içeriklerinin ise yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada Barak Ovası tarım topraklarının K değerlerinin yüksek olduğu 35 ile 72 ppm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları Barak Ovası tarım topraklarının erodibilite faktörünün düşük SOM içeriklerine bağlı olarak yüksek bir değere sahip olduğunu toprak erozyonuna karşı önlem alınması gerektiğini ortaya koymuştur.

Toprakların sağlığının önemli göstergelerinden biri olan mikrobiyal dinamiklerin göstergesi olarak, Karkamış (Gaziantep) antepfıstığı bahçelerinin PLFA (fosfolipid yağ asitleri) içeriklerinin araştırıldığı çalışmada [43] bakterilerin PLFA biyoindikatörü oranının mantarların PLFA biyoindikatörü oranından daha yüksek

olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte %1-2 arası protozoa PLFA biyoindikatör oranının saptandığı çalışmada, bu bahçe topraklarının pH değerlerinin 7,47 ile 7,79, EC değerlerinin 0,03 ile 0,06 mS cm⁻², kireç içeriğinin %21 ile %27, SOM değerlerinin ise 1.032 - 1.601 g kg⁻¹ arasında olduğu tespit edilmiştir.

Gaziantep tarım topraklarında gerçekleştirilen başka bir çalışmada [44] ise toprak pH'nın 7,24 ila 7,89, EC değerlerinin 0,03 ila 0,12 mS cm⁻², SOM değerlerinin % 0,13 ile % 2,96 arasında değiştiği bulunmuştur. Yüksek kireç içeriklerine sahip bu toprakların K içeriklerinin yüksek olduğu bildirilmiştir.

Araban'daki (Gaziantep) tarım topraklarında [45] gerçekleştirilen çalışmada toprakların SOM içeriklerinin arazi kullanımına göre anlamlı farklılığa sahip olduğu tespit edilmiştir. En yüksek SOM içerikleri mera alanlarında tespit edilmiştir. toprakların pH içeriklerinde arazi kullanımına göre farklılık yok iken en yüksek kireç içerikleri yine meralarda tespit edilmiştir.

Araban ilçesinde (Gaziantep) 1984-2019 yılları arasında uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak tarımsal arazi kullanımı ve arazi örtüsü dinamiklerinin incelendiği çalışmada [46], antepfıstığı ve zeytin ekili kuru tarım yapılan alanların arttığı, sulu tarım yapılan alanların ise azaldığı belirlenmiştir.

Gaziantep'teki erozyon sorununu tespit etmek ve bu konuda çiftçilere eğitimler vermek amacı ile yürütülen çalışmada [47] bölge topraklarının erozyon için önem teşkil eden jeolojik özelliklerinin yanı sıra toprakların pH, SOM, kireç oranı, K ve P içeriklerini tespit etmiştir. Bu çalışmada hafif alkali olduğu tespit edilen Gaziantep topraklarının ortalama kireç içeriğinin % 60,34, ortalama kil silt ve kum içeriklerinin sırası ile % 39,78, %25,41 ve %34,81, ortalama SOM içeriğinin %0,94 olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmaya göre ortalama değişebilir K içeriği 270.09 ppm iken alınabilir P içerikleri ise ortalama 25.09 ppm'dir. Silt ve ince kum oranının yüksek olmasının bölge topraklarının erozyona karşı hassas olmasına neden olduğu bildirilen çalışmada düşük SOM oranlarına ise bölgede sıklıkla uygulanan anız yakılmasının sebep olduğu ifade edilmiştir.

BÖLÜM III

MATERYAL METOD

3.1. Çalışma Alanı

Gaziantep coğrafik olarak Türkiye'nin güneydoğusunu Akdeniz bölgesine ve batı bölgelerine bağlayan bir kavşak noktasında bulunmaktadır. Suriye ile sınır komşusu olan Gaziantep'in güneyinde Kilis, batısında Osmaniye İli bulunmaktadır. Kuzeyden Kahramanmaraş ve Adıyaman'a komşu olan Gaziantep doğudan Şanlıurfa'ya komşudur. Yüzölçümünün yaklaşık %5,2'sini dağlar, % 27'sini de ovalar oluşturmaktadır [47]. Büyük bir kısmı kireçtaşı ana kayalardan gelişen Gaziantep'te toprakların %55,38'i kromik kombisol, %23,09'u kolüvyal, %8,13'ü kambisol, %7,37'si bazaltik ana kayadan ve %1,28'i ise regosol, Terra rossa ve Terra fusca gibi diğer toprak türlerinden oluşmaktadır [42].

Gelişen bir sanayi ve ticaret kenti olmakta birlikte tarımsal üretimde Gaziantep'te ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Çoğunlukla kuru tarımın yapıldığı Gaziantep'te sulu tarım üretimi de artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak amacı ile hızla artmaktadır. Özellikle son 30 yılda sulu tarıma uygulamaların ve tarım arazilerinin arttığı bildirilmiştir. Gaziantep'te antepfıstığı üretimi ağırlıklı olmak üzere zeytin, buğday üretilmektedir [46].

3.2. Toprak Örneklerinin Alınması ve Hazırlanması

3.2.1 Örnek Alma

Her bir örnek noktasında zikzak çizilerek yüzeyden 15 cm derinlikten 10-15 adet toprak örneği alınmıştır. 24'ü kuru tarım, 12'si sulu tarım yapılan ve 9'u ise nadasa bırakılmış tarım alanlarından alınan toplamda 45 farklı noktadan alınan toprak örnekleri içerisindeki yabancı maddelerden arındırılmış ve naylon poşetlere konularak etiketlenmiştir. Bu toprak örnekleri Gaziantep Üniversitesi Toprak Ekolojisi laboratuvarına getirilmiş ve analize hazırlanmıştır.

3.2.2 Örneklerin Analize Hazırlanması

Naylon poşetlere konularak laboratuvara getirilen topraklardan bir miktarı 4°C’de bir buzdolabında saklanmıştır. Bir kısmı ise ilk olarak genişçe leğenlere konulmuş ve oda sıcaklığında kurumaya bırakılarak belirli aralıklarla karıştırılmıştır. Açıkta kurutulmuş hava kurusu toprak örnekleri 2 mm’lik elekten geçirilerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

3.3. Toprak Örneklerinin Analizi

3.3.1. Toprak pH’nın Tayini

Toprak örneklerinin pH değerleri, saturasyon (doygunluk) çamurunda tespit edilmiştir [48]. 2 mm’lik elekten geçirilmiş 20 gr toprak örneği bir behere konulmuş üzerine 50 ml distile su eklenmiştir. 30 dk çalkalayıcıda karıştırıldıktan sonra 1 saat dinlendirilen saturasyon çamurunda tampon çözeltisiyle ayarlanmış Hanna marka (HI 83140 model) pH metre kullanılarak saptanmıştır

3.3.2. Toprakta EC tayini

Toprakların EC değerleri hazırlanan saturasyon çamurunda, Crison marka (524 model) elektrikli kondüktivitemetre aleti ile tespit edilmiştir [49].

3.3.3. Kireç %) İçeriğinin Belirlenmesi

Kalsimetre gibi kapalı bir sistem içerisinde, hidroklorik asit (HCl) ile toprağın reaksiyonu sonucu oluşan karbondioksit (CO₂) hacminin, mevcut oda sıcaklığı ve atmosfer basıncı dikkate alınarak hesaplanmasına dayalı bir yöntemle toprakların kireç içeriklerinin (%) belirlenmiştir [50]. Bu yöntemde 0,5 gr toprak örneği tepkime şişelerine konulmuştur. HCL çözeltisinden (v/v: 1/3) 5 ml asit tüplerine konularak tepkime şişelerine dikkatlice yerleştirilmiştir. Tepkime şişesi Eijelkamp M1.08.53.D marka Scheibler kalsimetresinin “U” borusuna takılmıştır. “U” borusundaki sıvı seviyeleri sıfıra eşitlendikten sonra, asit tüpü çalkalanarak içerisindeki HCl çözeltisinin toprakla teması sağlanmıştır. CO₂ gazı çıkışı bittikten sonra “U” borusundaki sıvı dengesi yeniden eşitlenmiştir. “U” borusu üzerindeki skaladan CO₂ gaz hacmi okunmuş ve mevcut sıcaklık ve barometre basınç değerleri kaydedilmiştir. Kör örnek için de bu işlemler, toprak örneği kullanılmaksızın yapılmıştır. Elde edilen bu değerler kullanılarak aşağıdaki formüller yardımı ile toprağın kireç içerikleri (%) tespit edilmiştir.

$$KF = \text{CaCO}_3 \text{ (mg)} / \text{CO}_2 \text{ (ml)} \quad (3.1)$$

$$V_d = V_t - V_{\bar{o}} \quad (3.2)$$

$$V_{stp} = \{V_d \times [273/(273+t)] \times [P/270]\} \quad (3.3)$$

$$\text{CaCO}_3 \text{ (\%)} = V_{stp} \times KF \times 200 \quad (3.4)$$

KF = Kurve faktörü

V_d = Tanığa göre düzeltilmiş karbondioksit (CO₂) hacmi

V_t = Tanık çalışmasından elde edilen karbondioksit (CO₂) hacmi

V_ö = Örneklerden elde edilen karbondioksit (CO₂) hacmi

V_{stp} = Standart sıcaklık ve basınca göre düzeltilmiş değerler

t = Oda sıcaklığı

P = Oda Basıncı

3.3.4. SOM (%) İçeriğinin Belirlenmesi

SOM (%) içeriği düşük topraklar için önerilen [51] topraklardaki organik maddelerin dikromat yükseltme reaksiyonları sonrası titrasyon aracılığı ile tespit yöntemi [52; 53] bu çalışmada da kullanılmıştır. SOM tespiti için 2 mm'lik elekten elenmiş toprak örneğinden 0.5 gr tartılmış ve 500 ml'lik bir erlenmayere konulmuştur. 105°C'de 4 saat sonra 10 ml 1 N potasyum dikromat (K₂Cr₂O₇) çözeltisinden eklenmiştir. İyice karıştırılan erlenmayere 20 ml konsantre sülfirik asit (H₂SO₄; d=1,84 gr/cm³; %96) çözeltisinde eklenmiştir. Çalkalayıcıda iyice karıştırılan örnekler, Whatman No 42 filtre kağıdı ile bir mezüre süzölmüştür. Son hacmi distile su ile 200 ml'ye tamamlandıktan sonra bu ekstrakta 4 damla o-fenantrolin indikatöründen damlatılmıştır. Kimyaca arı 140 gr demir (II) sülfat heptahidratın (FeSO₄.7H₂O) bir miktar distile su ile çözüldükten sonra 15 ml konsantre sülfirik asit (H₂SO₄) (d=1,84 gr/cm³; %96) eklenmiş arkasından çözelti distile su ile 1000 ml'ye tamamlanarak 0,5 N demir (II) sülfat heptahidrat (FeSO₄.7H₂O) titrant çözeltisi elde edilmiştir. Toprak örneği kullanılmaksızın elde edilen kör ekstrakt ve yine toprak örneklerinden elde edilen ekstraktlar bu titrant çözelti ile titre edilmiştir. Erlenmayerdeki ekstraktın rengi tamamen koyu yeşil bir renk alınca titrasyon büretinin musluğu kısılmış, ekstrakt rengi önce maviye arkasından da kırmızıya dönüşür dönüşmez titrasyon sonlandırılmıştır. Kör ve toprak örneği ekstraktlarının titrasyonunda kullanılan 0,5 N demir (II) sülfat heptahidrat (FeSO₄.7H₂O) çözeltisi miktarları not edilmiş, örnek ekstraktları için kullanılan titrant miktarından kör için kullanılan titrant miktarı çıkarılmış elde edilen

değerlerle aşağıdaki formül kullanılarak toprak örneğinin SOM (%) içeriği tespit edilmiştir.

$$C_{org} (\%) = \{[(N_{pdk} \times V_{pdk}) - (N_{dsh} \times V_{dsh})] \times 10 / m_{örn}\} \times 0,003 \times 200 \times f_1 \quad (3.5)$$

$$OM (\%) = C_{org} (\%) \times f_2 \quad (3.6)$$

$C_{org} (\%)$ = Organik karbon (%)

$OM (\%)$ = Organik Madde (%)

N_{pdk} = Kullanılan potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) çözeltisinin normalitesi (1 N),

V_{pdk} = Analizde kullanılan potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) çözeltisinin hacmi (10 ml),

N_{dsh} = Standart demir (II) sülfat heptahidrat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) çözeltisinin normalitesi (0,5 N),

V_{dsh} = Titrasyonda kullanılan demir (II) sülfat heptahidrat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) çözeltisinin hacmi (ml)

$m_{örn}$ = Topraktan alınan ve analizde kullanılan örnek miktarı

0,003 = 1 m.e. karbonun (C) ağırlığı (gr)

f_1 = Toprak örneğinde yükseltgendiği varsayılan organik karbon katsayısı (1,30)

f_2 = Van Bemmelen faktörü (1,724)

3.3.5. Toprak Bünye Tayini

Toprakların bünye tayini bouyoucos hidrometresinde dispersiyon sonrası süspansiyonunun yoğunluğunun ölçülmesi esasına dayalı yöntemle göre [54] göre yapılmıştır. Bunun için 50 gr toprak örneği darası alınan beherlere konmuş ve üzerine 200 ml distile su ilave edilmiştir. Behere 10 ml hidrojen peroksit (H_2O_2) ilave edildikten sonra kum ocağında kaynatılmıştır. Behere 10 ml %10'luk sodyum heksametafosfat ($(NaPO_3)_6$) eklenerek bagetle karıştırılmıştır. Bir gece oda sıcaklığında bekletilen örnekler mekanik karıştırıcıda 6 dakika boyunca karıştırılmıştır. Arkasından bouyoucos mezürlerine alınan bu karışımın hacmi higrometre yardımı ile distile su kullanılarak 1130 ml'ye tamamlanmıştır. Delikli karıştırıcı ile en az 20 kez karıştırıldıktan 40 sn. sonra ilk okuma yapılmış ve oda sıcaklığı termometre yardımı ile tespit edilmiştir. 2 saat sonra hem higrometre hem de

oda sıcaklığı tekrar ölçülmüştür. Oda sıcaklığı eğer 20°C'den yüksekse, oda sıcaklığının her bir derece sıcaklık artışında 0,36 okuma değerine eklenmiş, eğer 20°C'den düşükse her bir derece sıcaklık düşüşünde 0,36 okuma değerinden çıkarılmıştır. Elde edilen sonuçlar, aşağıdaki formüller kullanılarak toprakların kil, silt ve kum içerikleri yüzde cinsinde tespit edildi.

$$DH = [(t_o - 20) \times 0,36] + H_o \quad (3.7)$$

$$\% \text{ Kil} + \% \text{ Silt} = (DH_1 \times 100) / m_k \quad (3.8)$$

$$\% \text{ Kil} = (DH_2 \times 100) / m_k \quad (3.9)$$

$$\% \text{ Silt} = (\% \text{ Kil} + \% \text{ Silt}) - \% \text{ Kil} \quad (3.10)$$

$$\% \text{ Kum} = 100 - (\% \text{ kil} + \% \text{ silt}) \quad (3.11)$$

DH = Düzeltilmiş hidrometre değeri

t_o = Okunan oda sıcaklığı (°C)

H_o = Hidrometreden tespit edilen miktar

DH₁ = İlk okumadan elde edilen düzeltilmiş hidrometre değeri

DH₂ = İkinci okumadan elde edilen düzeltilmiş hidrometre değeri

m_k = Toprak örneğinin kuru ağırlığı (50 gr)

3.3.6. Toprakta Bitkiye Fosfor Tayini

Alkali topraklarda daha güvenilir olması nedeni ile önerilen [55] sodyum bikarbonat (NaHCO₃) yöntemi ile toprakların ekstraksiyonu sonrası bitkiler tarafından kullanılabilir P (ppm) tespit edilmiştir [56,57].

Havada kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten geçmiş 5 gr toprak örneği fosfor analiz kaplarına alınmıştır. Toprak örneklerinin bulunduğu ve kör için kullanılacak kapların her birisine, bir litrelik balon jodede 42 gr NaHCO₃'ün 1 litre distile su ile çözülerek elde edilen ve 1 M sodyum hidroksit (NaOH) ve 1 M hidroklorik asit (HCl) ile pH'ı 8.5'a ayarlanan 0.5 M NaHCO₃ çözeltisinden 25 ml eklenmiştir. Bu kaplar bir çalkalayıcı aracılığı ile 300 rpm'de 30 dk boyunca çalkalanmıştır. Sonrasında ekstraktlar Whatman No 40 filitre kâğıdı ile süzölmüştür. Ekstraktlardan 5'er ml 25 ml'lik mezürlere alınmıştır. Derişik H₂SO₄'den (d=1,84 gr/cm³; %96) 135,87 ml'sinin bir litrelik balon jodede distile su ile 1 lt'ye tamamlanarak hazırlanan 5 N H₂SO₄ çözeltisi ile her bir mezürdeki ekstraktın pH'ı 5'e ayarlanmış ve arkasından bu

mezürlerin hacmi distile su ile 20 ml'ye tamamlanmıştır. Arkasından günlük olarak 200 ml A çözeltisinde 1.056 gr askorbik asitin ($C_6H_8O_6$) çözdürüldüğü çözeltiden 4'er ml eklenmiştir. Son olarak ekstraktların bulunduğu bu mezürler distile su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan A çözeltisi ise 12 gr amonyum paramolibdatın ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$) 250 ml ve 0.2908 gr potasyum antimon tartaratın ($C_8H_4K_2O_{12}Sb_2.3H_2O$) ise 100 ml distile suda çözülerek elde edilen iki çözeltinin 1000 ml 5N H_2SO_4 çözeltisinde 2 lt'lik balon jode karıştırılması ve son hacminin distile su ile 2 lt'ye tamamlanması ile elde edilmiştir. Standart eğri grafiğinin hazırlanması için 40°C'de kurutulmuş potasyum dihidrojen fosfattan (KH_2PO_4) 0.4392 gr'ının 1 litre distile su ile çözülmesi ile elde edilen standart stok fosfat çözeltisinin (100 ppm) 1 ml'sine 99 ml distile su eklenerek standart fosfat çalışma çözeltisi (1 ppm) elde edilmiştir. Bu çözeltiden alınan 0,0, 1,0, 2,0, 3,0 4,0 ve 5,0 ml alikotlar ayrı ayrı 25 ml'lik mezürlere konulmuştur. Bundan sonra toprak örneği ve kör için uygulanan aşamalar aynen tekrarlanmış ve standart okuma çözeltileri elde edilmiştir. Toprak örnekleri, kör ve standart okuma çözeltileri spektrofotometrede 882 nm'de okutulmuş ve standart okuma çözeltilerinden oluşturulan regresyon eğrisinden faydalanılarak toprak örneklerindeki bitkiye yararlı P miktarı ($mg.kg^{-1}$) aşağıdaki formül yardımı ile belirlenmiştir.

$$P \text{ (ppm)} = (P_0 - P_k) \times (100/m_k) \quad (3.12)$$

P_0 = Toprak örneği için standart eğri yardımı ile tespit edilen değer

P_k = Kör örneği için standart eğri yardımı ile tespit edilen değer

100 = Son ekstrakt hacmi

m_k = Toprak örneğinin kuru ağırlığı

3.3.7. Toprakta Değişebilir Potasyum Tayini

Toprakların değişebilir K içerikleri, amonyum asetatla ekstraksiyon yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir [50]. Havada kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten elenmiş toprak örneklerinden 10 gr tartılmış ve ekstraksiyon şişelerine konulmuştur. Kör için kullanılacak ve toprak örneklerinin bulunduğu ekstraksiyon şişelerine 25 ml 1 N amonyum asetat (NH_4OAc) çözeltisi eklenmiştir. Ağzı kapatılan şişeler bir süre çalkalandıktan sonra 16 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Arkasından bu şişelerdeki ekstraktlar Whatman No 40 filtre kağıdı ile 100 ml'lik mezüre süzölmüştür. Her

seferinde şişelere 25 ml 1 N amonyum asetat (NH₄OAc) çözeltisi eklenip çalkalandıktan sonra iki kere daha tekrarlanmış ve mezürdeki ekstrakt, 1 N amonyum asetat (NH₄OAc) çözeltisi kullanılarak 100 ml'ye tamamlanmıştır. 105°C de kurutulmuş potasyum klorürün (KCl) 1,1907 gr'ı 1 N amonyum asetat (NH₄OAc) çözeltisi ile çözülerek standart stok çözeltisi (1000 ppm) hazırlanmıştır. Standart stok çözeltisinden 0 ml, 1 ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml ve 5 ml alınarak 100 ml'lik balon jojelere aktarılmış ve 1 N amonyum asetat (NH₄OAc) çözeltisi ile 100 ml'ye tamamlanarak standart çalışma çözeltileri hazırlanmıştır. Toprak örnekleri ve kördan elde edilen ekstraktlar ve sırası ile 0, 10, 20, 30, 40 ve 50 ppm K içeren standart çalışma çözeltileri bir alev fotometresi yardımı ile absorbans değerleri okunmuştur [58]. Standart çalışma çözeltisinden elde edilen sonuçlarla oluşturulan regresyon eğrisi kullanılarak toprak örnekleri ve kördan K içerikleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$K \text{ (mg.kg}^{-1}\text{)} = (K_0 - K_k) \times (100/m_k) \quad (3.13)$$

K_0 = Toprak örneği için standart eğri yardımı ile tespit edilen değer

K_k = Kördan örneği için standart eğri yardımı ile tespit edilen değer

100 = Ekstrakt hacmi

m_k = Toprak örneğinin kuru ağırlığı

3.3.8. Toprakta Alkali Fosfataz Enzimi Aktivitesinin Analizi

Toprak örneklerinin pH'ı 11 olan tampon çözeltisinde sübstrat olarak *p*-nitrofenil fosfatın kullanıldığı ile 1 saat 37°C'de inkübe edilmesi sonucu oluşan *p*-nitrofenilin 410 nm'de spektrofotometrik ölçümüne dayanan kolorimetrik yöntemle [1,7,10] tespit edilmiştir.

Toprak örnekleri analizler yapılncaya kadar 4°C'de bir buzdolabında korunmuştur. İki farklı 25 ml'lik kapaklı erlene <2 mm elekten elenmiş taze toprak örneğinden 1 gr konulmuştur. Kördan için kullanılacak örneğten ise toprak örneğten konulmamıştır. Her üç erlene 0,2 ml tolüen eklenen bu erlenlere pH'ı 11 olan modifiye üniversal stok çözeltisinden (MUB) 4'er ml eklenmiştir. Toprak örneklerinin konduğu erlenlerden birine 0,05 M *p*-nitrofenol fosfat çözeltisinden 1 ml, diğerine ise 1 ml ultra saf su eklenerek birkaç saniye çalkalandıktan sonra oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. 1 saat sonra etüvden çıkarılan erlenlere 1 ml 0,05 M'lık CaCl₂ ve 4 ml

0,5 M NaOH çözeltisinden eklenmiştir. Arkasından Whatman No:2v filtre kağıdı ile süzildükten sonra son hacim 10 ml'ye tamamlanmıştır. 1 gr *p*-nitrofenolün 1000 ml distile suda çözündüğü standart stok çözeltisinden 1 ml tekrar 24 ml distile suda çözünmüştür. 50 mg/lt'lik konsantrasyona sahip bu çözeltiden 1, 2, 3, 4 ve 5 ml pipetlenerek ayrı ayrı 25 ml'lik erlenlere konulmuş ve son hacimler distile su ile 5 ml'ye tamamlanmıştır. Arkasından 1 ml 0,05 M'lık CaCl₂ ve 4 ml 0,5 M NaOH çözeltisinden eklenmiştir. Arkasından Whatman No:2v filtre kâğıdı ile süzildükten sonra son hacim 10 ml'ye tamamlanmıştır. Elde edilen toprak örneği ve standart ekstraktları vakit geçirilmeksizin spektrofotometre ile 410 nm'de olunmuştur. Standart eğri grafiği hazırlanarak toprak örneklerindeki alkali fosfotaz enzim aktivitesi tespit edilmiştir.

$$ALP = ((ALP_{sub}-ALP_k)-(ALP_{us}-ALP_k)) \times (10,2/m_k) \quad (3.14)$$

(µg *p*-NP. gr
top⁻¹.s⁻¹)

ALP_{sub} = Substrat eklenen toprak örneklerinin standart eğriden elde edilen değer

ALP_{us} = Substrat eklenmeyen toprak örneklerinin standart eğriden elde edilen değer

ALP_k = Körün standart eğriden elde edilen değer

10,2 = Ekstrakt hacmi

m_k = Toprak örneğinin kuru ağırlığı

3.4. Analiz Sonuçlarının Sınıflandırılması

Analizler sonucu tespit edilen toprakların seçili genel özellikleri ve besin elementi içeriklerinin değerlendirildiği değer aralıkları ve sınıflandırılması ise Tablo 3.1'de verilmiştir.

3.5. İstatistiksel Analizler

Elde edilen verilere normalite testleri uygulanmıştır ve normal olduğu tespit edilen verilere Pearson korelasyon testi, normal olmadığı tespit edilen verilere Spearman korelasyon testi uygulanmıştır. Üç ve üzeri değişkene sahip verilerin varyans analizlerinde, normal veriler için One Way ANOVA, normal olmayan veriler için

Kruskal-Wallis H testi uygulanmıştır. İki farklı değişkene sahip verilerin varyans analizlerinde Paired Samples T test, normal olmayan veriler için ise Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. İstatistiksel analizler için SPSS Ver 25 ve MiniTab 19 uygulamaları kullanılmıştır. Varyans analizlerinde anlamlılık düzeyi değeri (p) 0,05'dir. Verilerin derlenmesi ve temel istatistiksel verilerin tespit edilmesi için Microsoft Excel 2016 uygulaması kullanılmıştır.

Tablo 3.1 Yapılan analizlerin aralıkları ve sınıflandırılması

Parametre	Sınıflandırma						Referans
pH	Kuvvetli Asit	Orta Asit	Hafif Asit	Nötr	Hafif Alkali	Kuvvetli Alkali	[59]
	< 5,1	5,2 - 6,0	6,1-6,5	6.3 – 7.3	7,4 – 8,4	> 8.5	
Elektriksel İletkenlik (EC, dS/m)	Tuzsuz	Çok Hafif Tuzlu	Hafif Tuzlu	Orta Kuvvetli Tuzlu	Kuvvetli Tuzlu	Çok Fazla Tuzlu	[49]
	< 0,75	0,75 - 2	2 - 4	4 - 8	8 - 16	> 16	
Organik Madde (%)	Çok Az	Az	Orta	İyi	Yüksek		[60]
	< 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	> 5		
Kireç (%)	Çok Az	Az	Orta	Kireçli	Çok	Marn Kireç	[59]
	0-2	2-4	4-8	8-15	15-30	>30	
P (ppm)	Çok Yetersiz	Yetersiz	Orta	Yüksek	Çok Yüksek		[57]
	< 5	6 – 12	13 – 25	26 – 50	> 51		
K (ppm)	Çok Yetersiz	Yetersiz	Orta	Yeterli	Yüksek	Çok Yüksek	[61]
	< 40	41– 80	81-120	121-160	161-320	>321	

BÖLÜM IV

BULGULAR

4.1 Seçili Toprak Genel Özellikleri ve Besin Elementi İçerikleri

4.1.1 Genel Ortalamalar

Sonuçlarımız, toprak asiditesinin nötr ve hafif alkali pH değerleri arasında (7,24-7,89) değişmekte olduğunu göstermekle birlikte Gaziantep tarımsal topraklarının ortalama toprak pH'nın $7,62 \pm 0,14$ olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Ortalama toprak pH'ına göre çalışılan toprakların pH'nın hafif alkali sınıfta yer aldığı bulunmuştur. Bu sonuç Gaziantep'teki tarımsal topraklar üzerine gerçekleştirilen önceki çalışmalar [40] ile benzerdir. Üstelik toprak pH'ına göre toprakların % 15,56'sının nötr (n=7), %84,44'ünün ise hafif alkali (n=38) sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.1a).

EC (dS/m) değerlerine göre çalışılan toprakların tamamının tuzsuz olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte bu çalışmanın bulguları tespit edilen EC değerlerinin 0,03 ile 0,12 dS/m aralığında olduğunu göstermiştir (Tablo 4.2). Ortalama EC değerleri bakımından daha önce Gaziantep'te erozyonun önlenmesinde faydalı olabilecek bitki türlerinin araştırıldığı çalışmada doğal alanlarda [44] ve yine Barak Ovası tarım topraklarında erozyon riskinin araştırıldığı diğer çalışmanın [42] sonuçları ile uyumludur.

Gaziantep tarım topraklarında ortalama SOM içeriklerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. % 0,13 ile % 2,96 arasında değişen SOM içeriklerinin ortalama değerinin $1,42 \pm 0,70$ olduğu bulunmuştur (Tablo 4. 1). Bu sonuç, Gaziantep tarım topraklarında gerçekleştirilen önceki çalışmaların [24,41,47] sonuçları ile benzer olmakla, Gaziantep'te tarım topraklarının erodibilite faktörünün tespit edildiği çalışmada [40] bildirilen SOM içeriğinden daha düşüktür. Üstelik Gaziantep topraklarının SOM bakımından yetersiz olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada toprakların SOM içeriklerinin

çoğunlukla az sınıfında (n=25; % 55,56) yer aldığını göstermiştir. Bununla birlikte toprakların % 26,67'si çok az (n=12), % 17,78 ise orta (n=8) sınıfta yer aldığı saptanmıştır (Şekil 4.1b).

Bu çalışmada kireç içeriklerinin %1,50 ile %27,0 arasında değiştiği ve ortalamasının $15,64 \pm 8,74$ olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Bu bakımdan Gaziantep tarım topraklarının ortalama kireç içeriği bakımından çok kireçli sınıfında yer aldığı bulunmuştur. Bu sonuç bölgedeki tarımsal alanlarda gerçekleştirilen önceki çalışmalarda [26,47] bildirilen kireç içeriklerden düşük olmakla birlikte, Gaziantep'teki tarım topraklarının erodibilite faktörünün belirlendiği çalışmada [40] tespit edilen kireç değerleri ile benzerdir. Bu çalışmada çok kireçli sınıfında yer alan topraklar (n=29) tüm toprak örneklerinin %64,44'ünü oluşturduğu tespit edilmiştir. Ayrıca toprakların %4,44'ü kireçli (n=2), %13,33'ü orta kireçli (n=6), %15,56'sı az kireçli (n=7) ve %2,22'si çok az kireçli (n=1) idi (Şekil 4.1c).

Bu çalışmada ortalama değerleri bakımından kil içeriğinin $30,89 \pm 10,90$, silt içeriğinin $42,29 \pm 10,50$ ve kum içeriğinin ise $26,78 \pm 12,84$ olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Özellikle bu çalışmada tespit edilen kil içerikleri, daha önceki çalışmaların [24,47] sonuçlarından daha düşük iken, silt içerikleri ise daha yüksektir. Bununla birlikte, Karkamış'taki (Gaziantep) düşük SOM içeriğine sahip antepfıstığı bahçelerinde kil, silt ve kum içeriklerinin [43] bizim çalışmamızdaki içerikler ile benzerdir. Toprak tekstürü bakımından örneklerin % 26,67'si killi tın (n=12), % 15,56'sının killi (n=7) ve tınlı (n=7), % 11,11'inin kumlu killi tın (n=5) ve siltli kil (n=5), % 8,89'unun siltli tın (n=4), % 6,67'sinin kumlu tın (n=3) ve % 4,4'ünün ise siltle killi tın (n=2) yapıda olduğu bulunmuştur. Bu sonuç tarımsal toprakların tekstürünün oldukça fazla değişkenliğe sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.1d).

Önceki çalışmaların [26,47] sonuçlarına benzer şekilde, bu çalışmada tarım topraklarının ortalama bitki tarafından kullanılabilir P içeriğinin $22,09 \pm 3,59$ ppm olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Bu sonuç Gaziantep topraklarının bitki tarafından kullanılabilir P miktarlarının yeterli olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte tarımsal toprakların % 80,00'nin orta, % 20,00'nin ise yüksek seviyede P içerdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.1e).

Bu çalışmada toprakların bitkiye yarıyışlı K miktarlarının yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, ortalama potasyum içeriği ise $200,68 \pm 43,50$

ppm'dir (Tablo 4.1). Bu sonuç, Nizip İlçesindeki (Gaziantep) antepfıstığı bahçelerinde [24] ve Gaziantep'teki kiraz bahçelerindeki [26] K miktarlarından düşük olmakla birlikte, Gaziantep'te tarımsal alanlarda gerçekleştirilen başka bir çalışmanın [47] sonuçları ile benzerdir. Bununla birlikte toprakların K içeriklerine göre sınıflandırmasına göre [61], toprakların %8,89'unun orta, %4,44'ünün yeterli, %86,67'sinin ise yüksek sınıfına dâhil olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1f).

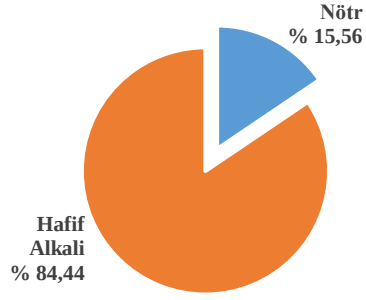
Tablo 4.1 Toprakların farklı parametrelerine ait ortama değerler

	Ort	±StD	Min	Mak	Bas	Çar	CV (%)
pH	7,62	±0,14	7,24	7,89	0,25	-0,18	1,84
EC (ds/cm)	0,07	±0,02	0,03	0,12	-0,60	0,23	28,57
SOM (%)	1,42	±0,70	0,13	2,96	-0,19	0,54	49,30
Kireç (%)	15,64	±8,74	1,50	27,00	-1,42	-0,62	55,87
Kil (%)	30,89	±10,90	9,00	49,00	-1,21	-0,18	35,29
Silt (%)	42,29	±10,50	18,00	65,00	-0,05	-0,34	24,83
Kum (%)	26,78	±12,84	11,00	61,00	0,63	1,21	47,95
P (ppm)	22,09	±3,59	16,00	32,00	1,14	0,92	16,25
K (ppm)	200,68	±43,50	103,00	275,50	-0,01	-0,54	21,68

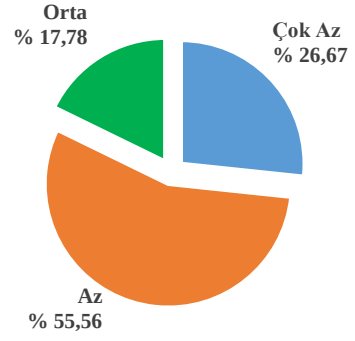
Seçili toprak genel özellikleri ve besin elementi içeriklerinin korelasyon analizi sonuçları Tablo 4.3'te özetlenmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, önceki çalışmaya benzer şekilde [41], toprakların kum içerikleri ile kil ve silt içerikleri arasında önemli negatif ilişkilere sahip olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bununla birlikte artan EC ile birlikte P ve K'nın da arttığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Üstelik toprakların K içerikleri ile P arasında önemli pozitif ilişkilere sahip olduğu bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu çalışmanın aksine daha önceki çalışmada toprakların pH içerikleri ile SOM ve P arasında negatif, SOM ile P ve K arasında anlamlı ilişkiler bulunduğu rapor edilmiştir [26]. Daha önceki çalışmanın [41] aksine bu çalışmada kireçle pH arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.

İstatistiksel açıdan, OM, kil ve kum diğer parametrelere göre daha yüksek varyasyon katsayısına ($\% CV > 30$) sahip olması her iki parametre üzerinde tarımsal aktiviteler nedeni ile antropojenik etkilerin orta düzeyde etkili olduğunu göstermektedir.

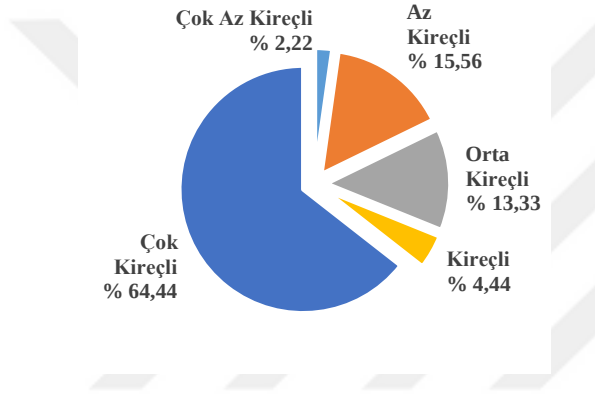
a)



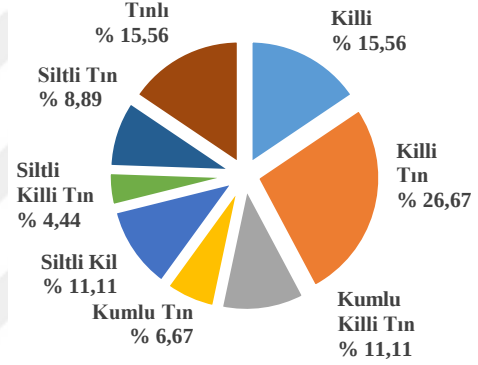
(b)



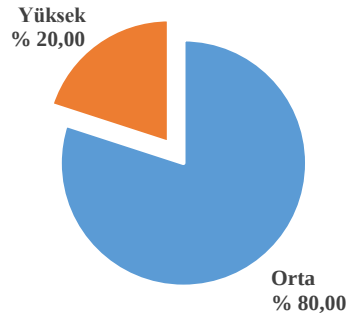
c)



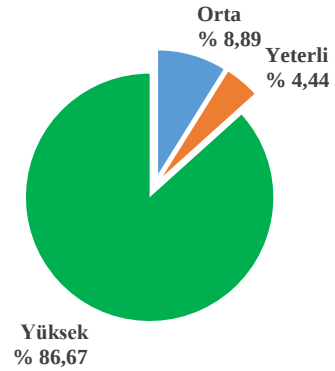
(d)



(e)



(f)



Şekil 4.1 Sınıflandırılmalarına göre yüzdelik oranları; (a) toprak pH'ı, (b) SOM, (c) kireç, (d) toprak tekstürü, (e) P ve (f) K.

4.1.2 Arazi Kullanımına Göre Değişimleri

Bu çalışmada farklı amaçlarla kullanılan tarımsal arazilerin, kullanım amaçlarına bağlı olarak seçili toprak genel özellikleri ve besin elementi içerikleri karşılaştırmalı olarak

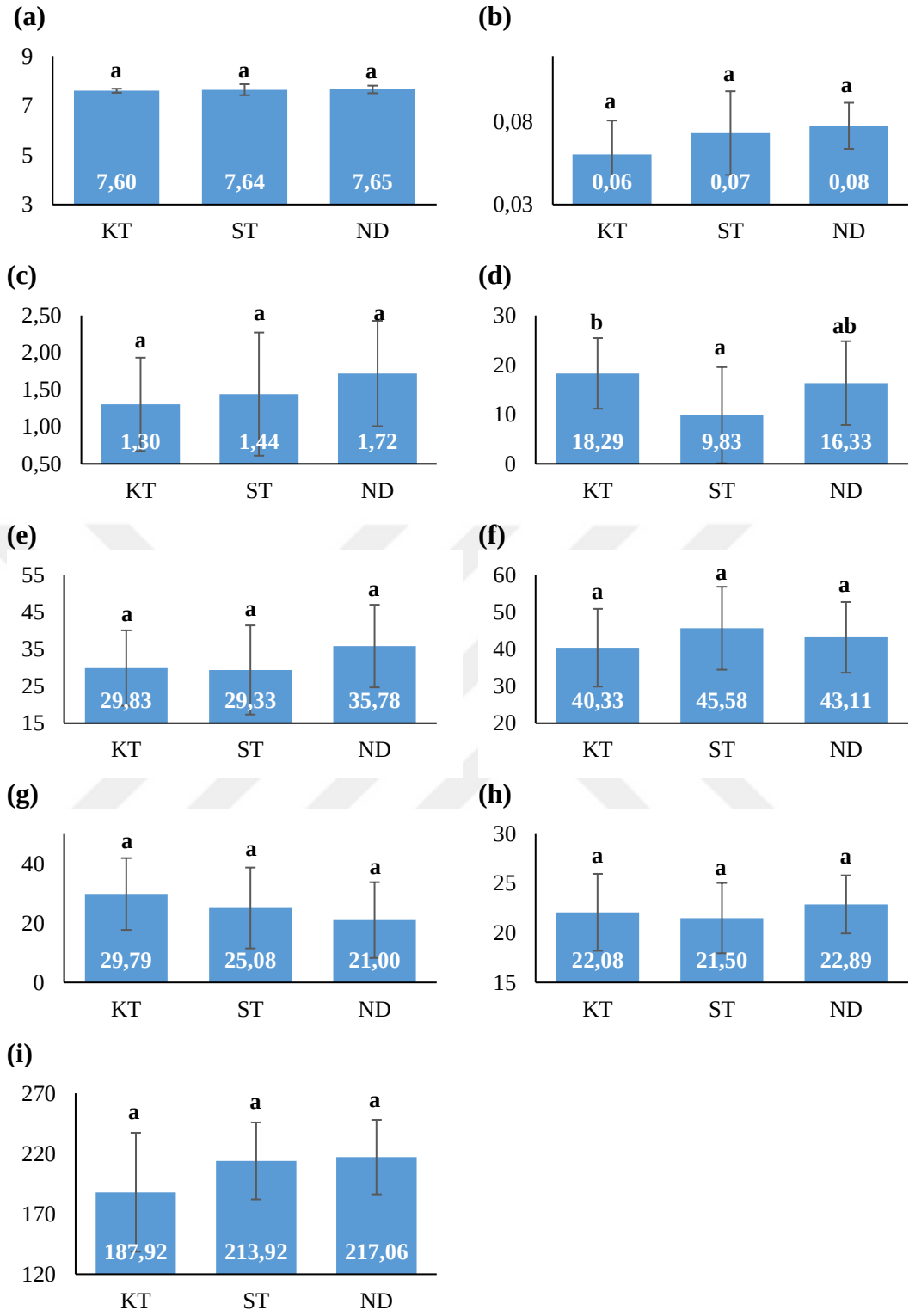
Şekil 4.2’de verilmiştir. Sonuçlarımız, farklı amaçlarla kullanılan tarımsal alanlar arasında sadece kirecin istatistiksel olarak anlamlı farklılıklara sahip olduğunu göstermiştir ($p>0.05$). Kireç (%) içeriklerinin en yüksek değeri kuru tarım yapılan alanlarda ($18,29\pm 7,14$), en düşük değer ise sulu tarım yapılan alanlarda ($9,83\pm 9,72$) tespit edilmiştir. Bu sonucun aksine, Araban’da (Gaziantep) ise sulu tarım yapılan buğday tarlası topraklarının kireç içeriklerinin kuru tarım yapılan antepfıstığı bahçesi topraklarından daha yüksek olduğu bildirilmiştir [45]. Bu çalışmada toprak pH’ı, EC, SOM, kil, P ve K bakımından en yüksek değerler nadasa bırakılan tarımsal alanlarda tespit edilmiştir (sırası ile $7,65\pm 0,15$, $0,08\pm 0,01$ dS/cm, $1,72\pm 0,71$, $35,78\pm 11,13$, $22,89\pm 2,93$ ppm ve $217,06\pm 30,89$ ppm). Ayrıca silt bakımından en yüksek değer ($45,58\pm 11,17$) sulu tarım yapılan alanlarda, kumun en yüksek değeri ise ($29,79\pm 12,08$) kuru tarım yapılan alanlarda bulunmuştur. Bununla birlikte toprakların en düşük pH, EC, SOM, silt ve K içerikleri ($7,6\pm 0,08$, $0,06\pm 0,02$ dS/cm, $1,30\pm 0,63$, $40,33\pm 10,47$ ve $187,92\pm 49,34$ ppm) kuru tarım yapılan alanlarda, kumun nadasa bırakılan tarımsal alanlarda ($21,00\pm 12,77$), P’nin ise sulu tarım yapılan alanlarda ($21,50\pm 3,55$ ppm) tespit edilmiştir.

4.2 Toprakların Alkali Fosfotaz Enzim Aktivitesi

Topraklardaki ALP aktivitesi $139,12$ ile $570,77$ $\mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$ arasında değişmekle birlikte Gaziantep’teki tarımsal alanlarda toprakların ortalama ALP enzim aktivitesinin $334,12\pm 123,83$ $\mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Benzer şekilde ALP’nin aktivitesinin 124 ila 588 $\mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$ arasında olduğu bildirilmiştir [19]. ALP enzim aktivitesinin Şanlıurfa’daki mısır tarlalarında $7,04$ ile $82,4$ $\mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$ [36], Bafra’daki (Samsun) çeltik tarlalarında ise $12,00$ ile $25,53$ $\text{mg } p\text{-NP.100 gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$ değiştiği bildirilmiştir [4].

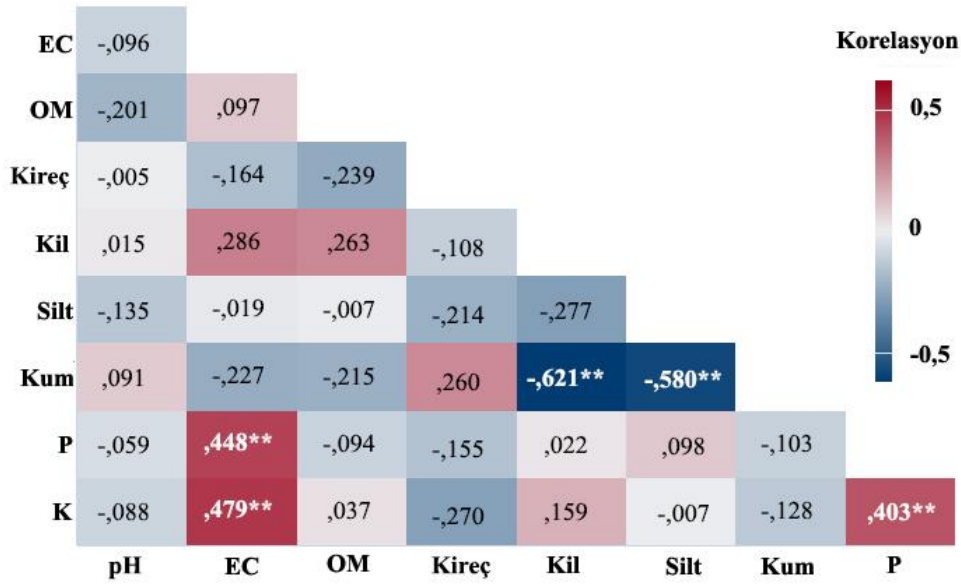
4.2.1 Toprak pH’ı ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler

Analiz sonuçları, toprak pH’ı bakımından nötr topraklar ile hafif alkali toprakların ortalama ALP enzim aktivitesinin birbirine benzer olduklarını göstermiştir. Nötr toprakların ($n=7$) ALP enzim aktivitesi $340,16\pm 124,36$ $\mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$ 37°C iken hafif alkali toprakların ($n=37$) ALP enzim aktivitesi ise $332,98\pm 125,42$ $\mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ’dir (Şekil 4.2a). Yapılan istatistiksel analiz çalışmalar toprakların pH değerlerine göre sınıflandırmasında nötr topraklar ile hafif alkali topraklar arasında



Şekil 4.2 Arazi kullanımına bağlı olarak seçili genel toprak özellikleri ve besin elementlerinin değişimi; (a) Toprak pH'ı, (b) EC, (c) SOM, (d) Kireç, (e) Kil, (f) Silt, (g) Kum, (h) P, (i) K. (KT; Kuru tarım, ST; Sulu tarım, ND; Nadas; ^{a, b} Post Hoc Duncan testine göre homojen alt kümelerdeki grup ortalamaları).

Tablo 4.2 Pearson korelasyon analizi sonuçları



anlamli farklılıklar olmadığını ($p>0,05$) ortaya koymuştur. Toprak pH ve ALP enzim aktivitesi arasında gerçekleştirilen regresyon analizleri ile de doğrulandığı üzere (Şekil 4.2b) her iki toprak pH'ı sınıfına dâhil topraklar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilememesi, toprak pH'ına bağlı olarak ALP enzim aktivitesinin değişmediğini göstermektedir ($p>0,05$).

4.2.2 EC ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler

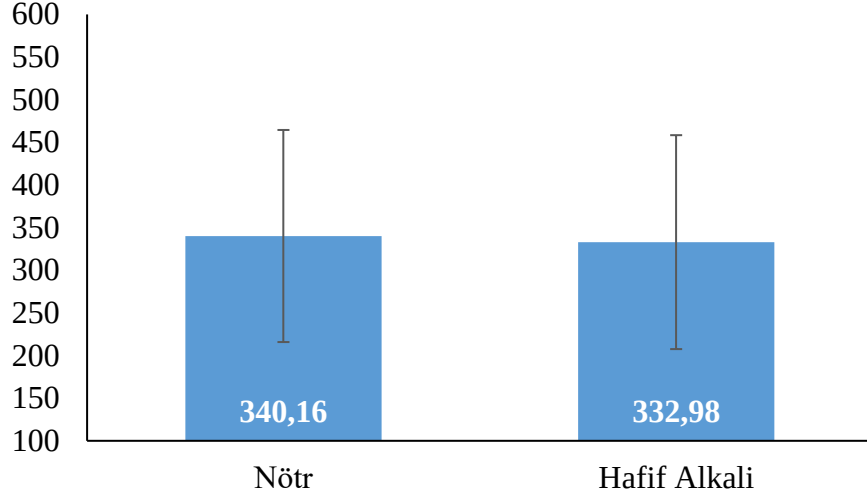
EC (dS/m) bakımından örneklerinin tamamı tuzsuz sınıfında yer almaktadır ve ortalama genel ALP enzim aktivitesi ($334,12 \pm 123,83 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$) ile aynıdır (Şekil 4.3a). Regresyon grafiğine göre EC arttıkça, ALP aktivitesinin arttığı tespit edilmiş olmasına karşın varyans analizi sonuçları göre ALP aktivitesinin EC'ye bağlı olarak anlamlı farklılıklara ($p>0,05$) sahip olmadığını göstermiştir (Şekil 4.3b).

4.2.3 SOM ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler

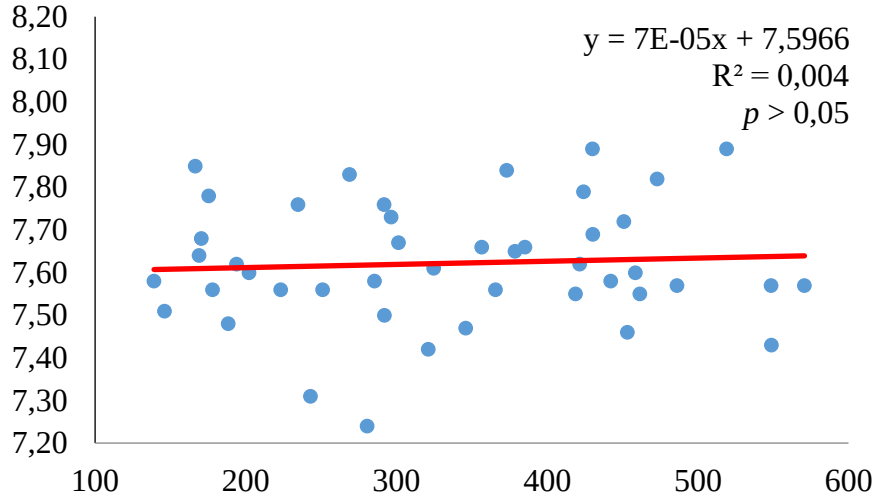
Toprakların SOM (%) içerikleri bakımından az sınıfında ($n=25$) yer alan toprakların ALP enzim aktivitesinin diğerlerinden daha yüksek olduğu ($356,89 \pm 115,22 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1} 37^\circ\text{C}$) tespit edilmiştir. Bununla birlikte SOM (%) bakımından orta sınıfta ($n=8$) yer alan toprakların ALP enzim aktivitesi $314,46 \pm 79,08 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{h}^{-1} 37^\circ\text{C}$ iken çok az sınıfında yer alan toprakların ($n=12$) ALP enzim aktivitesi ise en düşük değere ($301,69 \pm 160,13 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{h}^{-1} 37^\circ\text{C}$) sahip olduğu bulunmuştur.

(Şekil 4.4a). Regresyon analizi sonuçları (Şekil 4.4b) ile uyumlu tek yönlü ANOVA sonuçları SOM (%) ile ALP aktivitesi arasında anlamlı farklılıkların ($p>0.05$) olmadığını göstermiştir.

(a)

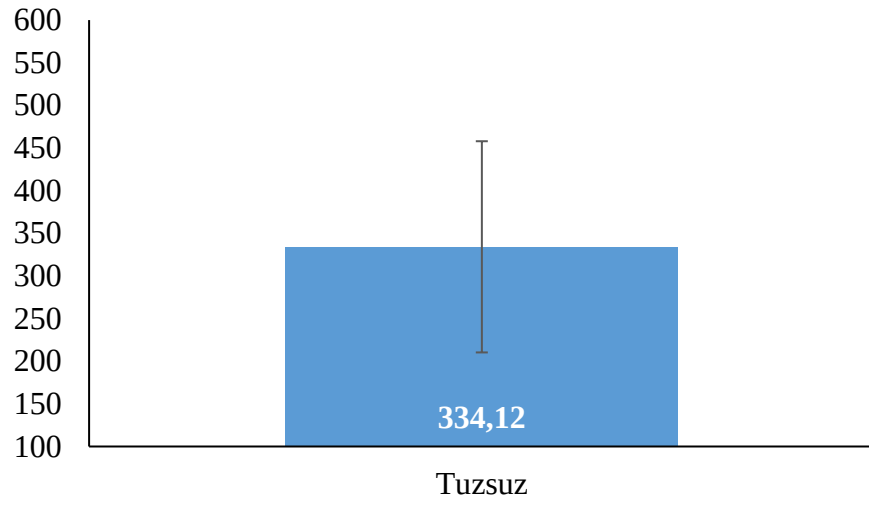


(b)

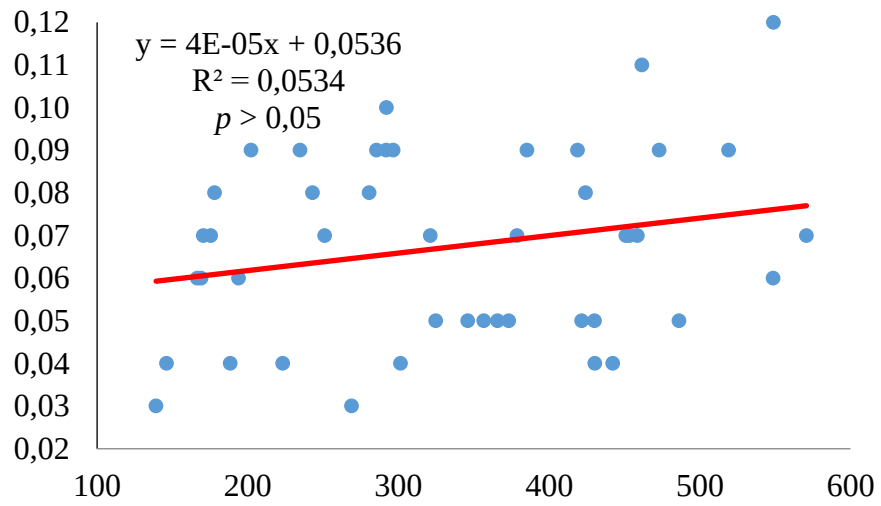


Şekil 4.3 Toprak pH'ı sınıflandırmasına göre toprakların ALP aktivite ortalaması (a) ve regresyon grafiği (b).

(a)

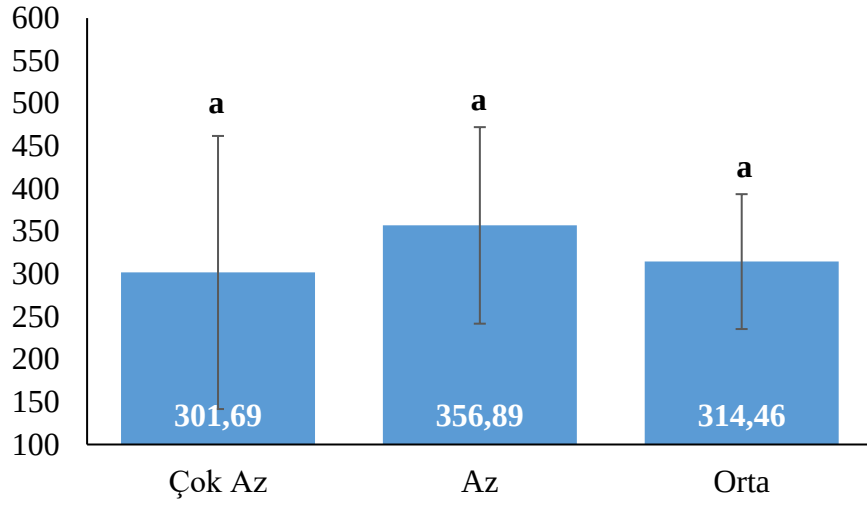


(b)

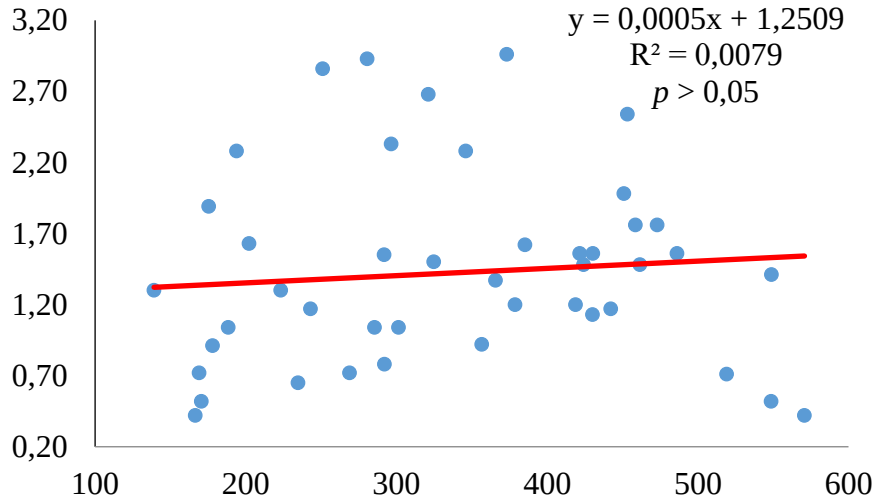


Şekil 4.4 Elektriksel kondüktivite (dS/cm) sınıflandırmasına göre toprakların ALP enzim aktivite ortalaması (a) ve regresyon grafiği (b).

(a)



(b)



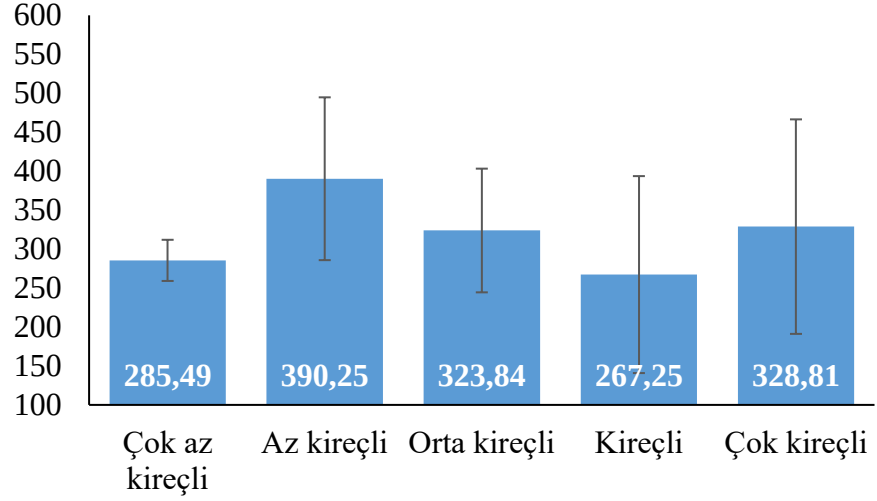
Şekil 4.5 OM (%) sınıflandırmasına göre toprakların ALP aktivite ortalaması (a) ve regresyon grafiği (b) (^{a, b} Post Hoc Duncan testine göre homojen alt kümelerdeki grup ortalamaları).

4.2.4 Kireç ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler

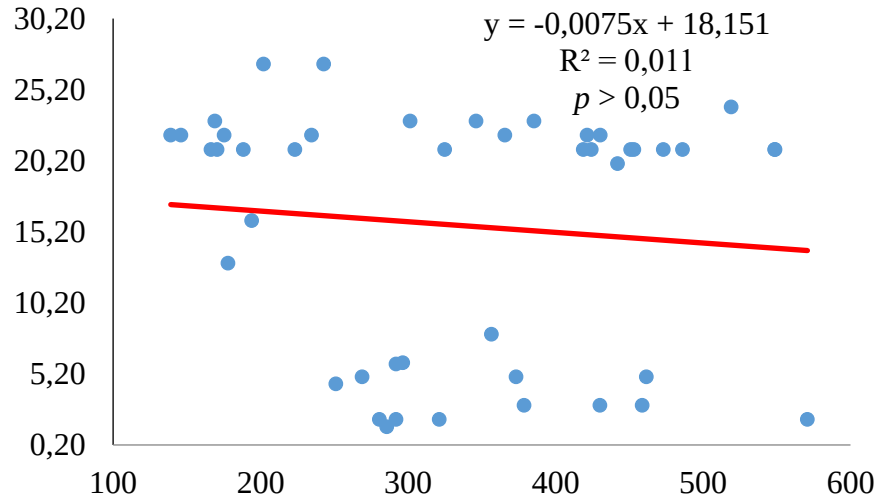
Gaziantep tarım topraklarında kireç sınıflandırmasına göre en büyükten en küçüğe doğru ALP aktivitesi değeri az kireçli>çok kireçli>orta kireçli>çok az kireçli> kireçli (sırası ile $390,25 \pm 104,47 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$, $328,81 \pm 137,65 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$, $323,84 \pm 79,38 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$, $285,49 \pm 26,40 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ve $267,25 \pm 126,39 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$) şeklinde tespit edilmiştir (Tablo 4.5a). Her ne

kadar regresyon analizleri ile ALP aktivitesi ve toprakların kireç içerikleri arasında negatif bir ilişkinin varlığı ortaya konmuş olsa da kirece göre ALP aktivitesinin anlamlı farklılıklara sahip olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$; Tablo 4.5b).

(a)



(b)



Şekil 4.6 Kireç sınıflandırmasına göre toprakların ALP aktivite ortalaması (a) ve regresyon grafiği (b).

4.2.5 Toprak Tekstürü ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler

Toprakların sınıflandırmasına göre ALP aktivitesi sıralaması siltli kil>siltli killi tın>kumlu killi tın>tınlı>killi tın>killi>siltli tın>kumlu tın şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.6a).

Regresyon analizleri ALP aktivitesinin, kil ile birlikte arttığını (Şekil 4.6b), silt ile değişiklik göstermediğini (Şekil 4.6c) ve yine kum ile birlikte azaldığını göstermiştir (Şekil 4.6d). Ancak varyasyon analizi sonuçlarına göre toprakların ALP aktivitesinin kil, silt ve kum ile anlamlı farklılıklara ($p>0.05$) sahip olmadığı tespit edilmiştir.

4.2.6 P (ppm) ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler

Fosfor içerikleri bakımından orta sınıfında yer alan toprakların ortalama ALP aktivitesinin ($326,84\pm125,56 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$) yüksek sınıfında yer alan topraklardan ($362,46\pm119,47 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$) daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.7a). Regresyon analizine göre ALP aktivitesi arttıkça toprakların P içeriklerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuç ALP aktivitesi için sübstratları oluşturan P'nin ortofosfatlara dönüştürüldüğünü göstermektedir. Ancak ALP ile toprakların P içerikleri arasında anlamlı farklılıklara sahip olmadığı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.7b).

4.2.7 K (ppm) ile ALP Enzim Aktivitesi Arasındaki İlişkiler

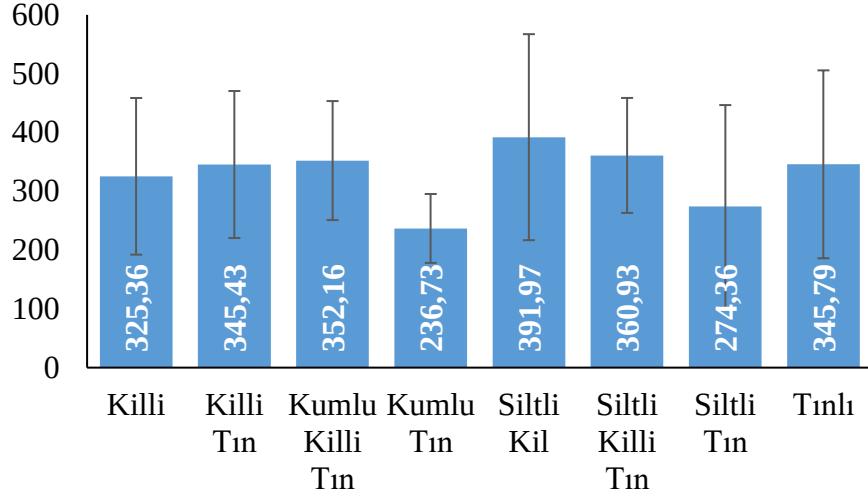
K içerikleri bakımından orta sınıfında yer alan topraklar en yüksek ortalama ALP aktivitesine ($385,70\pm87,31 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$) sahip olduğu tespit edilmiştir. K içerikleri bakımından yeterli sınıfta yer alan toprakların ise en düşük ALP aktivitesine ($184,70\pm54,61 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$) sahip olduğu bulunmuştur (Şekil 4.8a). Regresyon analizi sonucuna göre artan K içeriği ile birlikte azalmaktadır. Varyasyon analizine göre ise bu K içeriklerine bağlı bu farklılıklar istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde ($p>0,05$) değildir (Şekil 4.8b).

4.2.8 ALP Enzim Aktivitesi Üzerine Arazi Kullanımının Etkisi

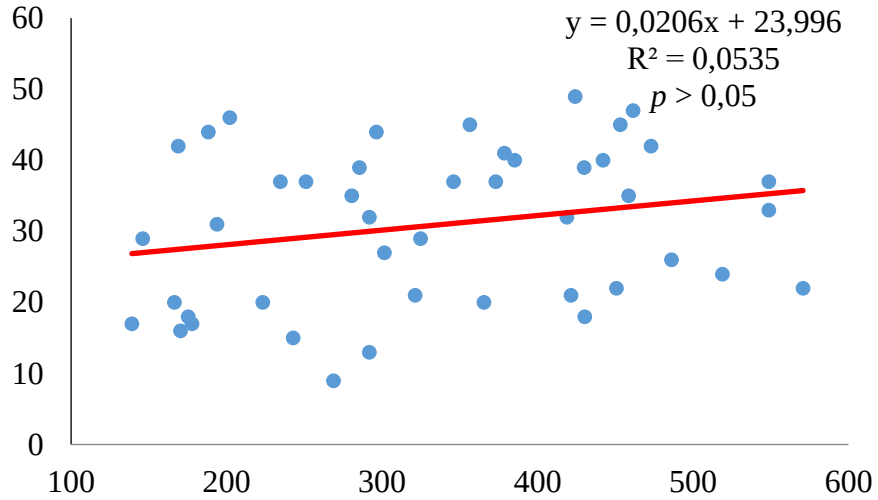
Nadasa bırakılan toprakların ($n=9$) en yüksek ALP enzim aktivitesine ($402,88\pm70,25 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$) sahip olduğu tespit edilmiştir. Sulu tamı yapılan alanların ALP enzim aktivitesi $349,07\pm134,50 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$ olarak bulunmuştur. En düşük

ALP enzim aktivitesi ($303,00 \pm 124,24 \mu\text{g } p\text{-NP.gr top}^{-1}.\text{s}^{-1}$) ise kuru tarım yapılan alanlarda bulunmuştur (Şekil 4.10). Bu sonuçlar nadasa bırakılan alanlar ile tarım yapılan alanlar arasında ALP enzim aktivitesi yönünden farklılıklara sahip olduğunu gösterse de arazi kullanımına bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilememiştir ($p > 0.05$).

(a)

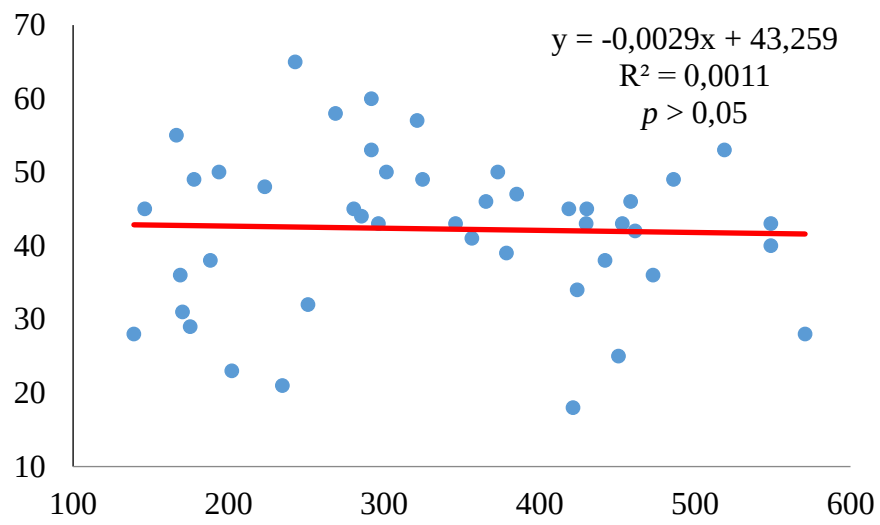


(b)

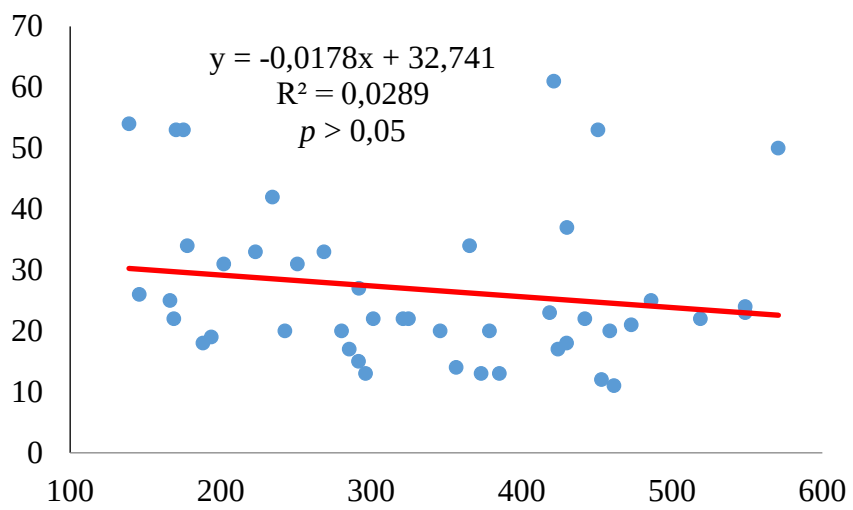


Şekil 4.7 Toprak tekstürü (%) sınıflandırmasına göre toprakların ALP aktivite ortalaması (a) ve toprakların kil (b), silt (c) ve kum (d) içeriklerine ait regresyon grafikleri.

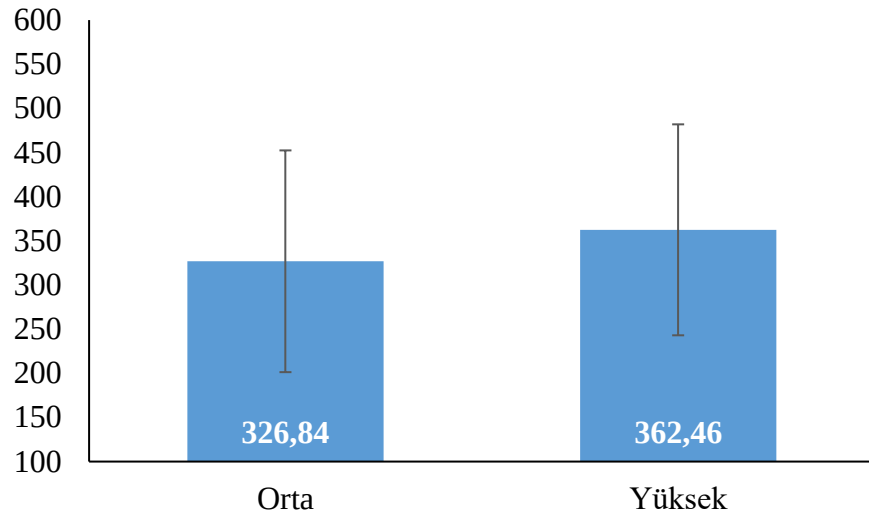
(c)



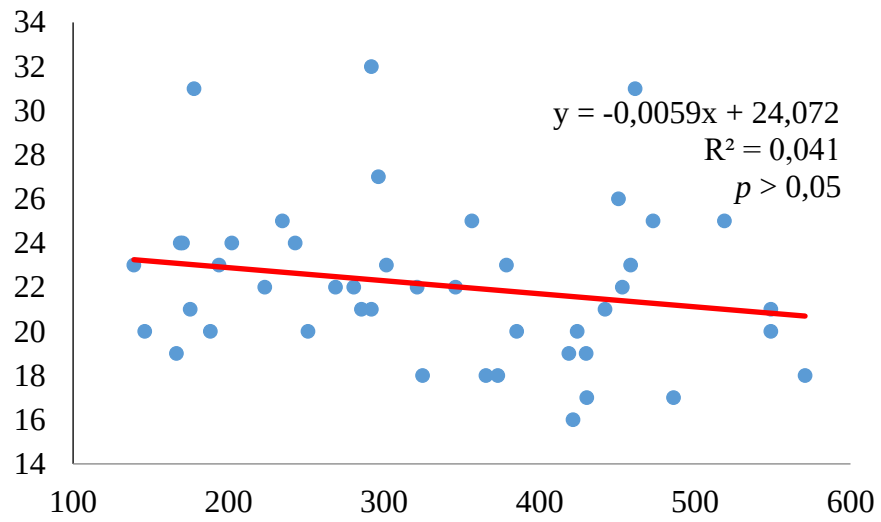
(d)



(a)

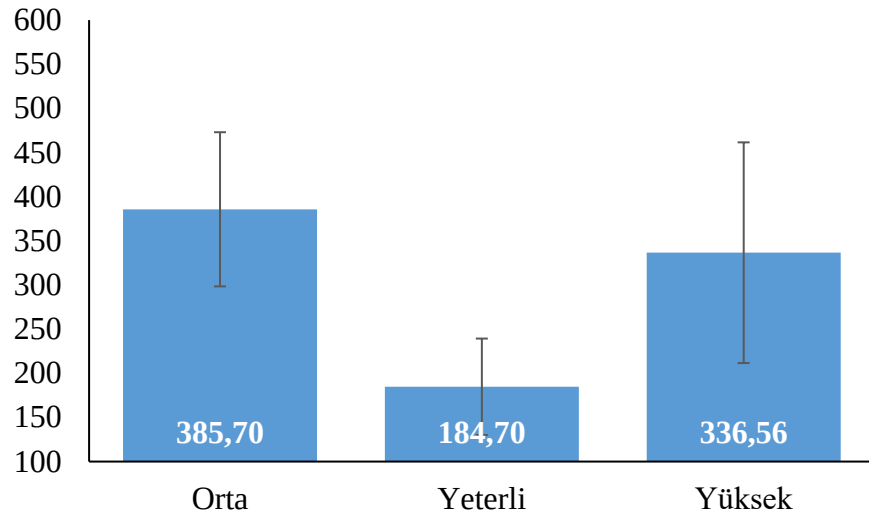


(b)

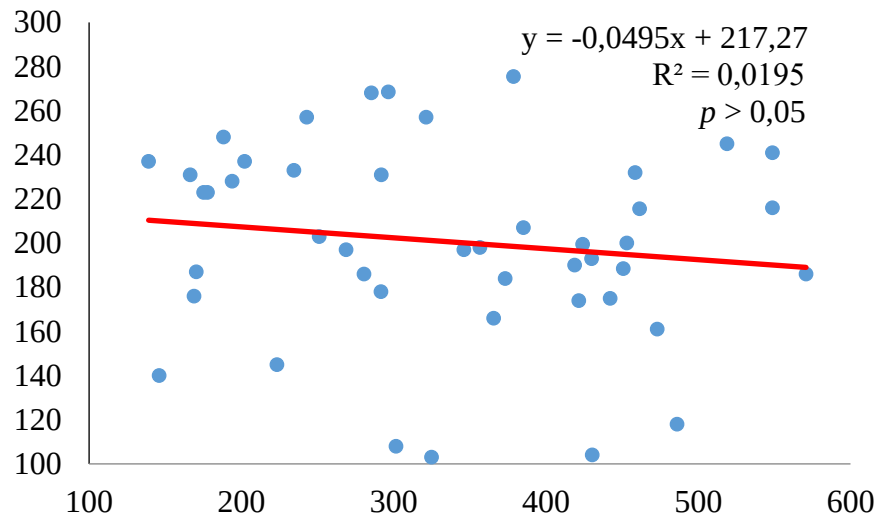


Şekil 4.8 Fosfor (ppm) sınıflandırmasına göre toprakların alkali fosfotaz enzim aktivite ortalaması (a) ve regresyon grafiği (b).

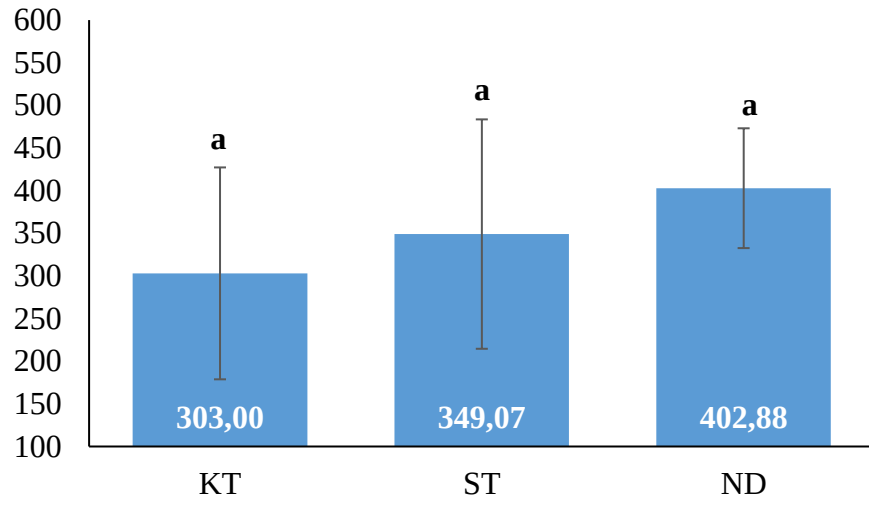
(a)



(b)



Şekil 4.9 Potasyum (ppm) sınıflandırmasına göre toprakların alkali fosfataz enzim aktivite ortalaması (a) ve regresyon grafiği (b).



Şekil 4.10 Arazi kullanımına bağlı olarak ALP enzim aktivitesindeki değişimler

BÖLÜM V

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1 Seçili Toprak Genel Özellikleri ve Besin Elementi İçerikleri

Sonuçlarımız Gaziantep tarım topraklarında genel ortalamasına göre pH'ın hafif alkali olduğunu göstermiştir. Ayrıca daha önceki çalışmaya benzer şekilde [45] farklı kullanıma sahip tarımsal alanlarda toprak pH'nın istatistiksel anlamlı farklılıklar göstermemiştir. Yine, çalışma alanında toprak pH'nın homojenite gösterdiğine dair düşük varyans katsayılarına sahiptir. Bu sonuçlar Gaziantep'teki tarımsal topraklarda pH'nın pedojenik süreçlere yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde önceki çalışmalarda da ortalama toprak pH'nın hafif alkali reaksiyona sahip olduğu bildirilmiştir [26,40]. Bu, kireç taşı ve jips ağırlıklı ana kayadan gelişen toprakların [24,40,44] yüksek kireç içeriklerinin toprak pH'ı üzerine etkilerinden kaynaklanmaktadır. Topraklarda ağır metal kirliliğinin giderilmesine yönelik araştırmaların derlendiği çalışmada, kireç uygulamasının toprakların H⁺ konsantrasyonları üzerindeki etkisi nedeni ile toprak pH'ın arttırdığı ifade etmiştir [23].

Bu çalışmada da önceki çalışmalara [44,47] benzer şekilde toprakların kireç içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum toprak pH'nı arttıracığından tarımsal alanlarda bitkilerin besin elementi alınımını sınırlandırabilecek önemli bir unsurdur [31]. Buna rağmen muhtemelen toprak pH'nın çalışma alanında sahip olduğu homojenite nedeni ile toprak pH'ı ile bu alanlardaki kireç içerikleri arasında anlamlı ilişkiler tespit edilememiştir. Benzer şekilde, Şanlıurfa'da mısır tarlalarında gerçekleştirilen çalışmada da [36] toprak pH ile toprakların kireç içerikleri arasında anlamlı farklılıklar tespit edilememiştir. Bununla birlikte bu çalışmada kuru tarım, sululu tarım yapılan alanlarla nadasa bırakılan tarımsal alanlar arasında kireç içeriklerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde değiştiği tespit edilmiştir. Kuru tarım

yapılan alanlarda kireç içerikleri nadasa bırakılan ve sulu tarım yapılan alanlardan istatistiksel olarak daha yüksektir. Araban'da (Gaziantep) ise mera topraklarının antepfıstığı bahçesi ve buğday tarlalarından daha yüksek kireç içeriklerine sahip olduğu tespit edilmiştir [45].

Çalışma alanı topraklarının EC içerikleri bakımından iyi iletkenlik özelliğine sahip olduğu bulunmuştur. Bunun yanısıra, nadasa bırakılan tarım alanları, kuru ve sulu tarım yapılan alanlara göre daha yüksek EC içeriğine sahip olsa da EC içeriklerindeki farklılıklar, farklı amaçlarla kullanılan bu alanlar arasında istatistiksel olarak önemli değildir. Bu çalışmada tespit edilen ortalama EC değerleri önceki çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir [26] ve EC'nin Gaziantep'teki tarımsal alanlarda bitki gelişimi ve verimi açısından sınırlayıcı bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir.

Türkiye topraklarının verimliliği üzerine yapılan çalışmada [29] genel olarak Türkiye topraklarının SOM içerikleri bakımından fakir olduğu ortaya konulmuştur. Benzer şekilde bu çalışmada da Gaziantep tarım topraklarının SOM içeriklerinin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Gaziantep'teki tarımsal alanların %82,24'ünde SOM içerikleri bakımından tarımsal üretimi etkileyecek düzeyde yetersiz düzeyde olduğu bulunmuştur. Toprak enzimleri aktivitesi bakımından da oldukça önemli toprakların SOM içeriklerinin yetersiz olduğu önceki çalışmalarla da tespit edilmiştir [24,32]. Gaziantep tarım topraklarında düşük SOM içeriklerinin sebebi tarımsal uygulamalar olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada önemli farklılıklara sahip olmamasına karşın en yüksek SOM içeriğine nadasa bırakılan topraklarda tespit edilmiş olması bu önermeyi desteklemektedir. Benzer şekilde Araban'da (Gaziantep) mera topraklarının antepfıstığı bahçeleri ve buğday tarlalarına göre daha yüksek SOM içeriklerine sahip olduğu tespit edilmiştir [45]. Yine İngiltere'de yapılan bir çalışmada meralardan tarımsal alanlara geçişle birlikte, artan mikrobiyal aktivite nedeni ile hızlı minerilizasyonunun topraklarda SOM içeriklerinin azalmasına yol açtığı gösterilmiştir [27]. Yine Çankırı'da gerçekleştirilen çalışmada ormanlık alanların mera ve tarımsal araziye dönüştürülmesi ile birlikte SOM içeriklerinde kayıpların meydana geldiği ortaya konmuştur [17]. Gaziantep'te SOM içeriklerinin düşük olmasının bir diğer sebebi tarımsal alanlarda toprak üstü bitki örtüsünün uzaklaştırılması veya anız yakılmasıdır. Bilecik'teki (Şanlıurfa) antepfıstığı bahçelerinin yüzey topraklarındaki karbon stokları üzerine yapılan çalışmada [25] özellikle bölgedeki bahçelerde toprak üstü bitki örtüsünün bahçelerden

uzaklaştırılmasının yaygın bir uygulama olduğu ifade edilmiştir. başka bir çalışmada ise benzer şekilde Türkiye'deki tarım alanlarda SOM içeriklerinin (i) tarım topraklarında yaygın olarak uygulanan sıralı ekim (münavebe) sistemi, (ii) toprakların işlenme süreleri, (iii) toprakların işlenme teknikleri, (iv) toprak üstü bitki örtüsünün durumu ve bunların tarımsal alanlardan uzaklaştırılması, (v) anız yakılması, (vi) organik gübre kullanımının yetersizliği ve gübreleme biçimi ve (vii) özellikle sıcaklık ve yağış rejimi gibi bölgesel iklim özellikleri nedeni ile düşük olduğu bildirilmiştir [30].

Türkiye topraklarının yaklaşık % 29'unun fosfor içeriği bakımından fakir olduğunun tespit edilmesine karşın [30], bu çalışmada %80'nin orta, %20'sinin yeterli düzeyde fosfor içerdiği tespit edilmiştir. Bu Nizip'te zeytin bahçelerinde gerçekleştirilen çalışmanın sonuçları [33] ile benzerdir ve Gaziantep tarım topraklarının P açısından iyi durumda olduğunu göstermektedir. Bu sonuç topraklarda gübrelemenin önemli etkileri olduğunu düşündürmektedir. Yıllar itibari ile özellikle ovalarda ve sulu tarım uygulamalarında aşırı bir gübre kullanımı ve buna bağlı olarak toprakta birikme söz konusu olmaktadır [29]. Bununla birlikte bu çalışmada kuru tarım, sulu tarım ve nadansa bırakılan tarımsal alanlar arasında P içeriklerinin anlamlı farklılıklara sahip olmadığı tespit edilmiştir. Özellikle istatistiksel önemli farklılıklara sahip olmasa da nadasa bırakılan tarımsal alanların P içeriklerinin kuru ve sulu tarım yapılan alanlardan daha yüksek oldu tespit edilmiştir. Bu sonuç tarımsal üretim için kullanılan bitkilerin topraktan P absorblama kapasitesi ile ilişkilidir [34] ki sulu tarım yapılan alanlarda, kuru tarım yapılan alanlara göre daha düşük P'ye sahip olması bu fikri desteklemektedir. Bu sonuç bu topraklarda gübrelemenin bilinçsiz olarak yapılmış olmasından kaynaklanmış olabilir. Bununla birlikte EC ile arasındaki pozitif önemli ilişki Gaziantep'te topraklarda alkali ve fosfat enzim aktivitesi sonucu oluşan ortafosfat miktarının iletkenlikle ilişkisini ortaya koymaktadır.

Türkiye'nin farklı bölgelerinden alınan yaklaşık 245.000 adet toprakta yapılan potasyum analizler sonuçları, topraklarının büyük bir çoğunluğunun potasyumca zengin feldspat, mika gibi kil minerallerinden oluştuğu için [30] toprakların K bakımından oldukça zengin olduğu bildirilmiştir [29]. Benzer şekilde, bu çalışma sonuçları, Gaziantep tarımsal topraklarının yaklaşık %87'sinin yüksek miktarda K içerdiğini göstermektedir. Bu çalışmada toprak pH'ı ile K arasında anlamlı ilişkiler tespit edilememiş olmasına karşın Gaziantep tarım topraklarının yüksek miktarda K

içermesi, toprakların alkaliliği ile ilişkili olabilir. Karadeniz'deki tarımsal alanlarda gerçekleştirilen çalışmada [38] toprakların asiditesi ve yüksek KDK nedeni ile K'nın yıkanarak kaybolabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca önceki çalışmaya benzer şekilde [31], bu çalışmada toprakların P içerikleri ile K içerikleri arasında anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Siderofil bir elemen olan P'nin topraklarda bitkiye yarayışlı formu ile litofilik bir elemen olan K'nın değişebilir formu arasındaki önemli pozitif ilişki Gaziantep'teki tarımsal topraklardaki K'nın bir kısmının aşırı inorganik fosforlu gübre kullanımından kaynaklandığını düşündürmektedir. Ayrıca, Olsen P miktarlarının 16 yıllık bir araştırmada, zamanla azalma eğilimine sahip olduğunun bildirildiği çalışmanın [34] aksine bu çalışmada Gaziantep tarım topraklarının P miktarlarının yeterli düzeyde olması ve K ile arasındaki pozitif önemli ilişki bu önermeyi doğrulamaktadır. Yine de bu çalışmanın aksine Gaziantep'te önceki çalışma sonuçları tarım topraklarının % 40'nın K bakımından gübrelenmeye ihtiyacı olduğu bildirilmiştir [26,32].

5.2 Alkali Fosfataz Enzim Aktivitesi

Alkali fosfataz aktivitesi kışın, ölmekte olan toprak organizmalarından toprağa salınan fosfataz birikimine ve daha önce birikmiş fosfatazın desorbsiyonuna ve yeniden aktivasyonuna bağlıdır. Topraklarda ölçülen fosfatazlar, toprak kolloidlerine ve hümkik maddelere, topraktaki serbest fosfatazlara bağlı enzimlerin aktivitesini yansıtır [18; 39]. Fosfataz enzim aktivitesi ise toprak ve bitki örtüsü ile ilişkilidir [35]. Bu çalışmada minerilize edilebilmesi için yeterli koşullar sağlanmadığından araştırma alanı topraklarının ALP aktivitesinin de düşük olduğu bulunmuştur. Ki ALP aktivitesi toprakta P döngüsünde yer alırlar ve ortama giren OM'nin dönüşümünden sorumludurlar [5,9].

Toprak pH'ının 7.24 ile 7.89 aralığında değiştiği tespit edilen bu çalışmada, pH'ın 11 olduğu ortamlarda optimum aktiviteye sahip ALP enzim aktivitesi ortalamasının [19] toprak pH'ı ile anlamlı ilişkilere sahip olmadığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Şanlıurfa'da hafif ve kuvvetli alkali topraklara sahip mısır tarlalarında ise toprak pH'ı ile ALP enzim aktivitesi arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır [36]. Bununla birlikte bu çalışmanın aksine önceki çalışmalarda toprak pH'ı ile ALP enzim aktivitesi arasında önemli ilişkilerin varlığı bildirilmiştir [4,17,28].

Topraklara kireç uygulaması ile birlikte artan toprak pH'ına bağı olarak toprakların asit fosfotaz enzimi hariç diğ diğ 12 enzimle birlikte ALP enzim aktivitesinin de arttığı bildirilmiştir [21]. Bizim çalışmamızda ise Gaziantep'teki tarım topraklarının kireç içeriklerinin, ALP enzim aktivitesini istatistiksel olarak önemli düzeyde değıştirmediği tespit edilmiştir. Bu sonuç topraklardaki kireç içeriklerinin toprak pH üzerindeki etkilerinden kaynaklanmaktadır.

SOM'ların topraktaki miktarı, süstratları oldukları toprak enzimlerinin aktivitesini önemli derece de etkiler [5]. Bu bakımdan önceki çalışmada toprak SOM içerikleri ile ALP enzim aktiviteleri arasında anlamlı pozitif ilişkilerin varlığı bildirilmiştir [17]. Tarımsal alanlarda gerçekleştirilen önceki çalışmalara [4,36] benzer şekilde bu çalışmada toprak SOM içerikleri ile ALP enzim aktivitesi arasında anlamlı ilişkiler tespit edilememiştir. Bununla birlikte Çankırı'da gerçekleştirilen çalışmada toprakların SOM içerikleri ile ALP enzim aktivitesi arasında pozitif ve anlamlı ilişkiler bildirilmiştir [17]. Ayrıca İspanya'daki semiarid tınlı tarım topraklarında ALP enzim aktivitesi ile organik C arasında önemli pozitif ilişkiler tespit edilmiştir [22].

Önceki çalışmanın aksine [36] bu çalışmada ALP enzim aktivitesi ile toprak tekstürü bileşenleri arasında anlamlı ilişkiler tespit edilememiştir. Benzer şekilde bazı toprak fizikokimyasal özellikleri ve toprak enzim aktiviteleri üzerine arazi kullanımı ve bitki örtüsünün etkilerinin araştırıldığı çalışmada [17], özellikle kil ile ALP enzim aktivitesi arasında anlamlı ilişkiler tespit edilememiştir. Bu sonun Gaziantep'teki tarım topraklarında düşük olduğu tespit edilen kil içeriğı ile ilişkilidir. Bununla birlikte bu çalışmada sekiz toprak sınıfının görüldüğü topraklarda en yüksek ALP enzim aktivitesine killi tınlı toprakların sahip olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde fatty asidi metil ester bağlarındaki farklılıklar nedeni ile tınlı, kumlu killi tın toprakların ince kumlu tınlı topraklara göre daha fazla ALP aktivitesine sahip olduğu bildirilmiştir [22].

Bitkiye yarayışlı P bakımından dünyada tarım arazilerinin yaklaşık %67'sinin [34], Türkiye'de ise yaklaşık %29'unun yetersiz olduğu [30] bildirilmiştir. Bu bakımdan topraklarda organik P'nin bitkiye yarayışlı P formlarına minerilize edilmesinden sorumlu ALP enzim aktivitesi ve bitkiye yarayışlı P miktarı arasında negatif ilişkilerin varlığı bildirilmiştir [4]. Bu çalışmada ise toprakların bitkiye yarayışlı P içerikleri ile ALP enzim aktivitesi arasında negatif bir ilişki tespit edilmiş olmasına karşın bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı değıldir. Bu sonuç üzüm bağlarında gerçekleştirilen çalışma

[37] ile uyumlu idi ve topraklardaki bitki tarafından kullanılabilir P'nin yeterli olması ile bağlantılıdır. Bununla birlikte toprak solüsyonundaki ortafosfat konsantrasyonunun artması ALP enzim aktivitesini azalttığı da bildirilmiştir [5].

5.3 Çıkarımlar ve Öneriler

Genel olarak yüksek kireçli ve jipsli topraklara sahip olan ve Akdeniz ve karasal iklim arasında bir geçiş kuşağında yer alan Gaziantep'te [40,46,47], tarımsal toprakların ALP enzim aktivitesinin belirlendiği bu çalışmada, toprakların %65'nin çok kireçli topraklar sınıfında yer aldığı, %85'nin ise hafif alkali reaksiyona sahip olduğu bulunmuştur. Bu durum bitkilerin topraklardan besin elementi alınımını sınırlandıran en önemli unsurlardandır. Yine yaklaşık %85'i çok az ve az sınıfında yer alan bu toprakların ortalama SOM içeriğinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Topraklarda besin maddesi döngüleri için önemli SOM miktarlarının yeterli düzeye ulaştırılması sadece toprak kalitesi ve verimliliği açısından değil aynı zamanda C, N, P, S gibi makro bitki besin elementlerinin döngülerine de olumlu etki yapacaktır. Bu çalışmada alkali topraklarda P döngüsünün önemli göstergelerinden olan ALP enzim aktivitesinin iklimsel sebepler, tarımsal uygulamalar ve toprak yapısına bağlı nedenlerden dolayı düşük olduğu tespit edilmiştir. Az yağışlı ve kurak bir bölgede yer alan Gaziantep topraklarında her ne kadar seçili toprak genel özellikleri ile ALP enzim aktivitesi arasında önemli düzeyde ilişkiler tespit edilememiş olsa da geçmişteki çalışmalarla da gösterildiği gibi yüksek kireç içerikleri ve düşük SOM içeriklerinin ALP enzim aktivitesinin düşüklüğünde rol oynadığı düşünülmektedir. Bu amaçla bölge tarım topraklarının özellikle organik gübre ile doğru biçimde gübrenmesi, bu amaçla çiftçilere bu konuda eğitim verilmesi önerilmektedir. Bu çalışma tarımsal toprakların ALP enzim aktivitesi ve toprakların seçili fizikokimyasal özelliklerinin etkisini araştıran ilk çalışma olduğundan sonraki çalışmalar için temel verileri oluşturması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Alef, K. Nannipieri, P. (1995). Enzyme activities. In K. Alef & P. Nannipieri (Eds.), *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry* (311–373). Academic Press.
- [2] Önal, S. (2010). Enzimler. In A. Yıldırım, F. Bardakçı, M. Karataş, B. Tanyolaç (Eds.), *Moleküler Biyoloji* (2nd ed. 249–296). Nobel Yayın Dağıtım.
- [3] Tabatabai, M.Ali. (2003). Soil Enzymes. In J. R. Plimmer, D. W. Gammon, N. R. Ragsdale (Eds.), *Encyclopedia of Agrochemicals* (1451–1462). A John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Kızılkaya, R., Arcak, S., Horuz, A., Karaca, A. (1998). Çeltik tarımı yapılan topraklarda enzim aktiviteleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **4**, 797–804.
- [5] Dotaniya, M. L., Aparna, K., Dotaniya, C. K., Singh, M., Regar, K. L. (2019). Role of soil enzymes in sustainable crop production. In M. Kuddus (Eds.), *Enzymes in Food Biotechnology* (569–589). Academic Press.
- [6] Karaca, A., Çetin, S. C., Turgay, O. C., Kızılkaya, R. (2011). Soil enzymes as indication of soil quality. In G. Shukla, A. Varma (Eds.), *Soil Enzymology* (119–148). Springer-Verlag.
- [7] Nannipieri, P., Giagnoni, L., Landi, L., Renella, G. (2011). Role of phosphatase enzymes in soil. In E. Bünemann, A. Oberson, E. Frossard (Eds.), *Phosphorus in Action* (215–243). Springer-Verlag.
- [8] Tunç, E., Demir, M. (2019). Enzymes and heavy metals in soil. *I. International Congress on Sustainable Agriculture and Technology*. 199–215.
- [9] Srinivasa Rao, C., Grover, M., Kundu, S., Desai, S. (2017). Soil Enzymes. In R. Lal (Ed.), *Encyclopedia of Soil Science*, (3rd edition, 2100–2107). Taylor & Francis Group.

- [10] Tabatabai, M. A. (1994). Soil Enzymes. In R. W. Weaver, J. S. Angle, P. Bottomley (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2. Microbiological and Biochemical Properties* (775–833). SSSA.
- [11] Krämer, S., Green, D. M. (2000). Acid and alkaline phosphatase dynamics and their relationship to soil microclimate in a semiarid woodland. *Soil Biology & Biochemistry*, **32**, 179–188.
- [12] Skujins, J., Burns, R. G. (1976). Extracellular enzymes in soil. *Critical Reviews in Microbiology*, **4**(4), 383–421.
- [13] Haynes, R. J., Williams, P. H. (1993). Nutrient cycling and soil fertility in grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, **49**, 119–199.
- [14] Condron, L. M., Turner, B. L., Cade-Menun, B. J. (2005). Chemistry and dynamics of soil organic phosphorus. In J. T. Sims, A. N. Sharpley (Eds.), *Phosphorus: Agriculture and the Environment* (87–121). Soil Science Society of America, Inc.
- [15] Bünemann, E. K. (2015). Assessment of gross and net mineralization rates of soil organic phosphorus - A review. *Soil Biology and Biochemistry*, **89**, 82–98.
- [16] Zhu, J., Li, M., Whelan, M. (2018). Phosphorus activators contribute to legacy phosphorus availability in agricultural soils: A review. *Science of the Total Environment*, **612**, 522–537.
- [17] Kızılkaya, R., Dengiz, O. (2010). Variation of land use and land cover effects on some soil physico-chemical characteristics and soil enzyme activity. *Zemdirbyste-Agriculture*, **97**(2), 15–24.
- [18] Acosta-Martínez, V., Tabatabai, M. A. (2011). Phosphorus cycle enzymes. In R. P. Dick (Eds.), *Methods of Soil Enzymology* (161–183). SSSA.
- [19] Eivazi, F., Tabatabai, M. A. (1977). Phosphatases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, **9**(3), 167–172.
- [20] Herbien, S. A., & Neal, J. L. (1990). Soil pH and phosphatase activity. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, **21**(5–6), 439–456.

- [21] Acosta-Martínez, V., Tabatabai, M. A. (2000). Enzyme activities in a limed agricultural soil. *Biology and Fertility of Soils*, **31(1)**, 85–91.
- [22] Acosta-Martínez, V., Zobeck, T. M., Gill, T. E., Kennedy, A. C. (2003). Enzyme activities and microbial community structure in semiarid agricultural soils. *Biology and Fertility of Soils*, **38(4)**, 216–227.
- [23] Bolan, N., Kunhikrishnan, A., Thangarajan, R., Kumpiene, J., Park, J., Makino, T., Kirkham, M. B., Scheckel, K. (2014). Remediation of heavy metal(loid)s contaminated soils - To mobilize or to immobilize? *Journal of Hazardous Materials*, **266**, 141–166.
- [24] Bozgeyik, T., Çimrin, K. M. (2020). Gaziantep ili Nizip ilçesi antepfıstığı ağaçlarının yaprak ve toprak örnekleri ile beslenme durumunun belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, **3(3)**, 722–732.
- [25] Çelik, A., Sakin, E. D., Sakin, E., Seyrek, A. (2017). Surface carbon stocks of soil under pistachio cover on Southeastern Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, **15(3)**, 747–758.
- [26] Çimrin, K. M. (2018). Gaziantep İli kiraz (*Prunus avium* L.) bahçelerinin beslenme durumları. *ADYÜTAYAM*, **6(2)**, 8–17.
- [27] Coonan, E. C., Kirkegaard, J. A., Kirkby, C. A., Strong, C. L., Amidy, M. R., Richardson, A. E. (2020). Soil carbon dynamics following the transition of permanent pasture to cereal cropping: Influence of initial soil fertility, lime application and nutrient addition. *Crop and Pasture Science*, **71(1)**, 23–35.
- [28] Deng, S. P., Tabatabai, M. A. (1997). Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils: III. Phosphatases and arylsulfatase. *Biology and Fertility of Soils*, **24(2)**, 141–146.
- [29] Eyüpoğlu, F. (1999). *Türkiye topraklarının verimlilik durumu*. Ankara, Türkiye; T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 220, Teknik Yayın No: T-67. 122 p.

- [30] Güçdemir, İ. H. (2008). *Tarım El Kitabı* (gübreler, toprak analizlerine dayalı gübreleme). Ankara, Türkiye; T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı. 101 p.
- [31] Kalkancı, N., Şimşek, T., Aslan, N., Büyük, G. (2021). Tarım topraklarının verimlilik durumlarının tematik düzeyde haritalanarak sürdürülebilir yönetiminin sağlanması: Osmaniye örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, **24(4)**, 859–870. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.800468>
- [32] Karaduman, A., Çimrin, K. M. (2016). Gaziantep yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, **19(2)**, 117-129
- [33] Keleş Uzel, N., Çimrin, K. M. (2020). Gaziantep İli Nizip İlçesi zeytin bahçelerinin yaprak ve toprak örnekleri ile beslenme durumunun belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, **23(4)**, 1039–1053.
- [34] Kirkby, E. A., Johnston, A. E. (2008). Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition. In P. J. White, J. P. Hommond (Eds.), *The Ecophysiology of Plant-Phosphorus Interactions* (177–223). Springer.
- [35] Krämer, S., Green, D. M. (2000). Acid and alkaline phosphatase dynamics and their relationship to soil microclimate in a semiarid woodland. *Soil Biology & Biochemistry*, **32**, 179–188.
- [36] Küçük, Ç., Cevheri, C. (2018). Şanlıurfa’da mısır tarımı yapılan tarlalardan alınan toprak örneklerinde bazı mikrobiyal özellikler. *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, **2(1)**, 28–40.
- [37] Okur, N., Altınsişli, A., Çengel, M., Göçmez, S., Kayıkçıoğlu, H. H. (2009). Microbial biomass and enzyme activity in vineyard soils under organic and conventional farming systems. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, **33(4)**, 413–423.
- [38] Özyazıcı, M. A., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Dengiz, O. (2013). Doğu Karadeniz Bölgesi kırmızı-sarı podzolik topraklarının temel karakteristik

- özellikleri ve verimlilik durumu. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, **28(1)**, 24–32.
- [39] Sharpley, A. N. (1985). Phosphorus cycling in unfertilized and fertilized agricultural soils. *Soil Science Society of America Journal*, **49**, 905–911.
- [40] Tunç, E. (2020). The erodibility factor in agricultural lands of Gaziantep, Turkey. *The International of Energy & Engineering Sciences*, **5(1)**, 12–20.
- [41] Tunç, E., Demir, M. (2021). Investigation of total carbon and nitrogen content of gaziantep agricultural soils. *The International Journal of Energy & Engineering Sciences*, **6(2)**, 13–22.
- [42] Tunç, E., Doğan, Ş. (2016). Soil erosion risk in Barak Plain from the respective of the environmentalists. *The International Journal of Energy & Engineering Sciences*, **1(2)**, 36–44.
- [43] Tunç, E., Gül, Ö. (2014). Analysis of phospholipid fatty acids (PLFA) as a soil bioindicator in Karkamış/Gaziantep pistachio orchards. *Fresenius Environmental Bulletin*, **23(2)**, 385–394.
- [44] Tunç, E., Özyazgan, Y., Yayla, F. (2013). Investigation of the plants which can be used to prevent erosion in Gaziantep Region. *Fresenius Environmental Bulletin*, **22(9)**, 2782–2788.
- [45] Tunç, E., Şahin, E. Z., Demir, M., Çelik, Ö., Atakan, A. (2019). Determination of urease enzyme activity in different agricultural soils in Araban District of Gaziantep (Southeast Turkey). *1. International Congress on Sustainable Agriculture and Technology*, 116–130.
- [46] Tunc, E., Tsegai, A. T., Çelik, S. (2021). Analysis of spatial-temporal changes of agricultural land use during the last three decades in the araban district of turkey using remote sensing. *Geomatics and Environmental Engineering*, **15(1)**, 111–123.
- [47] Tunç, E., Özkan, A. (2010). Gaziantep’in tarım topraklarında erozyon sorunu ve bu konuda çiftçi eğitimi. *EÜFBED-Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **3(2)**, 143–153.

- [48] Schlichting, E., Blume, H. P. (1966). *Bodenkundliches Praktikum*. Hamburg, Germany. Parey Verlag. 215 p.
- [49] Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington, USA. US Department of Agriculture, Handbook No. 60. 160 p.
- [50] Kaçar, B. (2016). *Bitki, Toprak ve Gübre Analizleri 3: Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analizleri*. 1st edition. Ankara, Türkiye. Nobel Akademik Yayıncılık. 632 p.
- [51] Sarkar, D., Haldar, A. (2005). *Physical and Chemical Methods in Soil Analysis. Fundamental Concepts of Analytical Chemistry and Instrumental Techniques*. 1st edition. New Delhi, India. New Age International (P) Limited, Publishers. 193 p.
- [52] Allison, L. E., Moodie, C. D. (1965). Carbonate. In A. G. Norman (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties* (1379–1396). American Society of Agronomy Inc.
- [53] Walkley, A., Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, **37**(1), 29–38.
- [54] Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, **54**(5), 464–465.
- [55] Kılınç, M., Kutbay, H. G., Yalçın, E., Bilgin, A. (2012). *Bitki Ekolojisi ve Bitki Sosyolojisi Uygulamaları*. Ankara, Türkiye. Palme Yayıncılık. 362 p.
- [56] Olsen, Sterling R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *United States Departement of Agriculture Circular*, **939**, 1–19.
- [57] Olsen, S.R., Sommers, L. E. (1982). Phosphorus. In A. L. Page, R. H. Miller, D. R. Keeney (Eds.), *Methods of soil analysis Part 2. Chemical and microbiological properties* (404–430). American Society of Agronomy, Inc.
- [58] Helmke, P. A., Sparks, D. L. (1996). Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. In D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N.

Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, M. E. Sumner (Eds.), *Methods of Soil Analysis Part 3. Chemical Methods* (551–574). SSSA.

- [59] Ülgen, N., Yurtsever, N. (1995). *Türkiye gübre ve gübreleme rehberi*. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66. 230 p.
- [60] Nelson, D. W., Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, M. E. Sumner (Eds.), *Methods of Soil Analysis Part 3. Chemical Methods* (961–1010). SSSA.
- [61] Pizer, N. H. (1967). Some divisory aspects soil potassium and magnesium. *Tech. Bull.*, **14**, 184–189.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : YUNUS KÖNEZ

Eğitim Durumu

Yüksek Lisans öğr. : Gaziantep üniversitesi, biyoloji

Lisans Öğrenimi : Mersin üniversitesi, fen bilgisi öğretmenliği

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri : Yüksek lisans tezi (Gaziantep topraklarının alkali fofafataz enzim aktivitesinin araştırılması)

İş Deneyimi

Çalıştığı Kurumlar : Milli eğitim bakanlığı