

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ERZİNCAN'DA KİREÇTAŞI, SERPANTİN VE JİPS ANAKAYAYA ÖZELLEŞMİŞ
ENDEMİK BİTKİ TÜRLERİNİN FONKSİYONEL KARAKTERLERİNİN ANALİZİ
VE BİTKİ SÜRGÜNLERİ İLE TOPRAK BÜNYESİNİN BİTKİ BESLEYİCİ
ELEMENTLER AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Halil İbrahim TÜRKOĞLU

Danışman: Prof. Dr. Ali KANDEMİR

TEZ JÜRİ ÜYELERİ

Prof. Dr. Etem OSMA

Prof. Dr. Zafer TÜRKMEN

Prof. Dr. Mutlu GÜLTEPE

Doç. Dr. Kemal Volkan ÖZDOKUR

DOKTORA TEZİ

ERZİNCAN, 2024

© 2024 [Halil İbrahim TÜRKOĞLU]. Tüm hakları saklıdır..

Kabul ve Onay Sayfası

Prof. Dr. Ali KANDEMİR danışmanlığında, Halil İbrahim TÜRKOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma 24.12.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ali KANDEMİR İmza:

Üye : Prof. Dr. Etem OSMA İmza:

Üye : Prof. Dr. Zafer TÜRKMEN İmza:

Üye : Prof. Dr. Mutlu GÜLTEPE İmza:

Üye : Doç. Dr. Kemal Volkan ÖZDOKUR İmza:

Yukarıdaki sonuç Enstitü Yönetim Kurulunun / / 20.... tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Kemal Volkan ÖZDOKUR
Enstitü Müdür V.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil ve tabloların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“Erzincan da Kireçtaşı, Serpantin ve Jips Alanlarında Yaygın Bitki Türlerinin Fonksiyonel Karakterlerinin Analizi ve Besleyici Elementlerle İlişkisi” isimli Doktora tezim tarafımca intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiğı gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. 24/12/2024

(İmza)

Halil İbrahim TÜRKOĞLU

ÖZET

ERZİNCAN DA KİREÇTAŞI, SERPANTİN VE JİPS ALANLARINDA YAYGIN BİTKİ TÜRLERİNİN FONKSİYONEL KARAKTERLERİNİN ANALİZİ VE BESLEYİCİ ELEMENTLERLE İLİŞKİSİ

Halil İbrahim TÜRKOĞLU

Doktora Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali KANDEMİR

2024, 119 sayfa

Bitki Fonksiyonel Karakterleri, birey düzeyinde hücreden tüm organizmaya kadar ölçülebilen, büyüme, üreme, kaynak kullanımı gibi süreçleri etkileyerek bitki türlerinin yaşam başarısını etkileyen herhangi bir morfolojik, anatomik, biyokimyasal, fizyolojik veya fenolojik kalıtsal özellik olarak tanımlanır. Araştırmada, Erzincan’da kireçtaşı, serpantin ve jips alanlarına özelleşmiş yaygın bitki türlerinin fonksiyonel karakterlerinin analizi ve besleyici elementlerle ilişkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda, jipse özelleşmiş 28, kireçtaşına özelleşmiş 26 ve serpantine özelleşmiş 30 taksonun genel ve fonksiyonel 33 karakteri Kategorik Diskriminant Analizi ile incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre; bitki boyu x taç izdüşümü, gövde görünüşü yaprak boy x en oranı, taçyaprak özellikleri, çiçek simetrisi, ovaryum durumu ve meyve tipinin anakayaya göre değişim gösterdiği belirlenmiştir. Diğer özellikler her üç anakayanın da bitki gelişimine olumsuz etki eden ortak fiziksel ve kimyasal bileşimleri nedeniyle benzer olduğu görülmüştür. Laboratuvar çalışmasına göre; gövde özyoğunluğu, gövde ve yaprak kuru madde oranının serpantin türlerinde daha fazla olduğu belirlenmiştir. Toprak ve bitki mineralleri bakımından serpantinde jips ve kireçtaşına göre Mg, Cr, Fe, Mn; kireçtaşında serpantin ve jipse göre Al, K, Cu; Jipste serpantin ve kireçtaşına göre Ca elementinin fazla olduğu saptanmıştır. İncelenen besleyici elementlerler açısından; korelasyon testi ile elementler arasında anakaya ve sürgünlerde ayrı ayrı pozitif ve negative ilişkiler belirlendi.

Anahtar Kelimeler: bitki fonksiyonel karakteri, bitki besin maddesi, jips, kireçtaşı, serpantin, Erzincan

ABSTRACT

ANALYSIS OF FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF COMMON PLANT SPECIES IN LIMESTONE, SERPENTINE AND GYPSUM AREAS IN ERZINCAN AND THEIR RELATIONSHIP WITH NUTRITIONAL ELEMENTS

Halil İbrahim TÜRKOĞLU

Doctoral Thesis, Erzincan Binali Yıldırım University, Institute of Science and

Technology,

Department of Biology

Advisor: Prof. Dr. Ali KANDEMİR

2024, 119 pages

Plant Functional Characters are defined as any morphological, anatomical, biochemical, physiological or phenological hereditary feature that can be measured from the cell to the whole organism at the individual level and that affects the survival success of plant species by affecting processes such as growth, reproduction and resource use. In the research, the functional characters of common plant species specialized to limestone, serpentine and gypsum in Erzincan and their relationship with nutrient elements were analyzed. In this context, 33 general and functional characters of 28 taxa specialized in gypsum, 26 specialized in limestone and 30 specialized in serpentine were examined by Categorical Discriminant Analysis. According to the analysis results, it was determined that plant height x crown projection, stem appearance, leaf length x width ratio, petal characteristics, flower symmetry, ovary status and fruit type changed according to the bedrock. Other characteristics were found to be similar due to the common physical and chemical compositions of all three bedrocks that negatively affect plant development. According to the laboratory study; it was observed that stem specific density, stem and leaf dry matter ratio were higher in serpentine species. In terms of soil and plant minerals, Mg, Cr, Fe, Mn were higher in serpentine than in gypsum and limestone; Al, K, Cu were higher in limestone than in serpentine and gypsum; Ca was higher in gypsum than in serpentine and limestone. In terms of the examined nutrient elements; positive and negative relationships were determined between the elements separately in the bedrock and shoots with the correlation test.

Keywords: Plant functional character, plant nutrient, gypsum, limestone, serpentine, Erzincan

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinden, araştırmaların planlanmasına ve sonuçların tartışılmasına kadar her an bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Ali KANDEMİR' e teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmalarım sırasında Temel Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezi imkânlarından faydalanmamı sağlayan Merkez Müdürü Sayın Doç. Dr. Kemal Volkan ÖZDOKUR'a yardım ve desteğini gördüğüm Sayın Prof. Dr. Etem OSMA'ya, bitki fonksiyonel karakterlerin istatistiksel analizinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Vehbi Aytekin SANALAN, Prof. Dr. Mehmet BEKDEMİR'e ve Dr. Öğr. Üyesi Mert ELVERİCİ'ye, laboratuvar çalışmalarım da her daim yanımda olan ve çalışmalarım da yardımlarını esirgemeyen Şifanur UĞURLU, Tuğçe VAROL ve Muhammet Onur KIYMAZ'a, uzun ve yorucu arazi çalışmalarım da yanımda olan Dr. Faruk YILDIZ ve Öğr. Görevlisi Samed ŞİMŞEK'e teşekkür ederim. Sadece yüksek lisans çalışmalarım sırasında değil, bütün hayatım boyunca maddi, manevi her zaman beni destekleyen ve yanımda olan, hiçbir zaman sevgi ve desteklerini esirgemeyen annem Nezire TÜRKOĞLU, babam Hasan TÜRKOĞLU, kardeşim Harun Reşit TÜRKOĞLU ve eşim Semra TÜRKOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışma, FBA-2021-803 no'lu Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi olarak desteklenmiş, Erzincan Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Bitki Biyolojisi Araştırma Laboratuvarı ve Temel Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezinde yapılmıştır. Desteklerinden dolayı Erzincan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Halil İbrahim TÜRKOĞLU

Aralık, 2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ	1
2.KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR	10
2.1.Bitki Fonksiyonel Karakterlerine İlişkin Literatür Özeti	10
2.2.Bitki Besleyici Element İlişkisi	16
2.2.1.Jips, Serpantin ve Kireçtaşı Anakaya İle Bitki İlişkisi	21
3.YÖNTEM	36
3.1.Arazi Çalışması	36
3.2.Laboratuvar Çalışması	41
3.2.1.Genel Fonksiyonel Karakterler	41
3.2.2.Gövde ve Yaprak Kuru Madde İçeriği	43
3.2.3.Özel Gövde Yoğunluk Tayini	44
3.2.4.Bitki Sürgününde Besin Elementi (ICP-MS) Tayini ve Analizi	46
3.2.5.Toprak Besin Elementi (ICP-MS) Tayini ve Analizi	48
4.BULGULAR	50
4.1.Bitki Fonksiyonel Karakterleri	50
4.2.Özel Gövde Yoğunluğu	61
4.3.Gövde Kuru Madde İçeriği	63
4.4.Yaprak Kuru Madde İçeriği	64
4.5.Bitki Sürgününde Besin Elementi	66
4.6.Toprak Besin Elementi	74
5.TARTIŞMA VE SONUÇ	79
KAYNAKÇA	104

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Erzincan’a ait aylık ortalama sıcaklık, yağış ve güneşlenme sürelerine ilişkin veriler (Ölçüm Periyodu:1929 - 2023).	3
Tablo 2.1. Besin elementleri, bitkiler tarafından öncelikli alınım formları, işlevi ve eksikliğindeki belirtiler (Urry vd., 2022; DalCoroso vd., 2014).	18
Tablo 3.1. Arazi çalışmasının yapıldığı lokaliteler.....	36
Tablo 3.2. Arazi Veri Toplama Formu	39
Tablo 3.3. Genel Fonksiyonel karakterler, açıklamaları ve katagorik değerleri	42
Tablo 4.1 . Jips taksonlarının fonksiyonel özellikleri ve karakter kategorileri	50
Tablo 4.2. Kireçtaşı taksonlarının fonksiyonel özellikleri ve karakter kategorileri	52
Tablo 4.3. Serpantin taksonlarının fonksiyonel özellikleri ve karakter kategorileri	54
Tablo 4.4. Anakaya ya göre bitki özel gövde yoğunluğu ortalamaları.....	62
Tablo 4.5. Bitki gövdelerinin özel gövde yoğunluklarının anakaya çeşidine göre PostHoc test analiz sonuçları	62
Tablo 4.6. Anakaya ya göre bitki gövde kuru madde içeriği ortalamaları.	63
Tablo 4.7. Bitki gövde kuru madde içeriğinin anakaya çeşidine göre PostHoc test analiz sonuçları	64
Tablo 4.8. Anakaya ya göre bitki yaprak kuru madde içeriği ortalamaları.	65
Tablo 4.9. Bitki bitki yaprak kuru madde içeriğinin anakaya çeşidine göre PostHoc test analiz sonuçları	65
Tablo 4.10. Serpantin bitkileri mineral madde miktarları	66
Tablo 4.11. Kireçtaşı bitkileri madde miktarları	68
Tablo 4.12. Jips bitkileri madde miktarları	70
Tablo 4.13. Serpantin bitkileri madde korelasyonları	72
Tablo 4.14. Kireçtaşı bitkileri madde korelasyonları	72
Tablo 4.15. Jips bitkileri madde korelasyonları	73
Tablo 4.16. Anakayaya göre toprak ortalama madde miktarları	74
Tablo 4.17. Serpantin alanların madde korelasyonları	76
Tablo 4.18. Kireçtaşı alanların madde korelasyonları	76
Tablo 4.19. Jips alanların madde korelasyonları	77
Tablo 4.20. Ortalama değerler dikkate alındığında bitki bünyesinde element içeriği.....	78
Tablo 4.21. Ortalama değerler dikkate alındığında anakayaya göre toprak element içeriği	78

Tablo 5.1. <i>Onosma discedens</i> , <i>Verbascum calycosum</i> , <i>Verbascum alyssifolium</i> ve <i>Teucrium leucophyllum</i> türlerinin toprak ve bitki N, P ve organik madde içerikleri (Sözen, 2015; Hiloğlu ve Sözen, 2017).	97
--	----



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Erzincan Lokasyon Haritası (AFAD İl Müdürlüğü, 2024).	2
Şekil 1.2. Erzincan Yükseklik Basamakları Haritası (Karadeniz ve Altınbilek, 2018).....	2
Şekil 1.3. Erzincan'ın aylara göre ortalama sıcaklık grafiği	3
Şekil 1.4. Erzincan'ın aylık ortalama güneşlenme süresi grafiği	3
Şekil 1.5. Erzincan'ın aylık ortalama yağışlı gün sayısı grafiği.....	4
Şekil 1.6. Erzincan'ın aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm) grafiği	4
Şekil 1.7. Türkiyede endemik bitkilerin Kernel Yoğunluk Analizi (Şenkul ve Kaya, 2017). ...	5
Şekil 1.8. Kemah-İliç arasından bir görünüm (Yahşılar Köy yolu), (önde jips, arka planda serpantin ve kireçtaşı).	6
Şekil 1.9. Erzincan'a Özgü Endemik Türlerin Dağılımları (Kandemir vd., 2015).	7
Şekil 2.1. Kökte mineral ve suyun yanal taşınımına (Urry vd., 2022).	20
Şekil 2.2. Dünyada zorunlu jips türlerinin ülkelere göre dağılımı (Perez-Garcia vd., 2018)...	23
Şekil 2.3. Dünyada jipste yetişebilen türlerinin ülkelere göre dağılımı (Perez-Garcia vd., 2018).....	23
Şekil 2.4. Jipsli toprakların Türkiye'de dağılımı (Özdeniz vd., 2016).	24
Şekil 2.5. Jips bitkilerinin kavramsal modeli (Çaycı vd., 2018; Escudero, 2015).	27
Şekil 2.6. Kurak Akdeniz ikliminde mevsimsel sürgün ve yaprak dimorfizminin gelişim şeması.	28
Şekil 3.1. Serpantin alanlardan bir görünüm (Kemaliye, Salihli Köyü çevresi).	37
Şekil 3.2. Jipsli alanlardan bir görünüm (Kemah, Yahşılar Köy yolu)	37
Şekil 3.3. Jipsli alanlardan bir görünüm (İliç, Hasanova Köyü çevresi)	38
Şekil 3.4. Kireçtaşı alanlardan bir görünüm (Kemaliye çevresi).	38
Şekil 3.5. A. Çalışma alanından getirilen bitki örnekleri. B. Fonksiyonel karakter analizi için hasat edilen bitki örnekleri	41
Şekil 3.6. Yaprak kuru madde içeriği ölçümü için bitki örneklerinin tartılması	44
Şekil 3.7. Özel gövde hacim ölçümü için bitki gövde yarıçaplarının kumpas ile ölçülmesi....	45
Şekil 3.8. Gövde kuru madde içeriği ölçümü için bitki örneklerinin tartılması	46
Şekil 3.9. Kurutulan örneklerin blenderda öğütülerek toz haline getirilmesi.....	47
Şekil 3.10. Örneklerin kilitli poşetlere konularak analize hazır hale getirilmesi.	47
Şekil 3.11. Toprak örneklerinin kilitli poşetlere konularak analize hazır hale getirilmesi.....	48

Şekil 4.1. Jipse özelleşmiş yaygın türler, A. <i>Glaucium cappadocicum</i> ; B. <i>Onobrychis nitida</i> ; C. <i>Onosma beyazoglui</i> ; D. <i>Ebenus macrophylla</i> ; E. <i>Gypsophila lepidioides</i> ; F. <i>Tanacetum alyssifolium</i>	56
Şekil 4.2. Kireçtaşına özelleşmiş yaygın türler, A. <i>Erodium amanum</i> ; B. <i>Silene pungens</i> ; C. <i>Gypsophila briquetiana</i> ; D. <i>Ebenus laguroides</i> ; E. <i>Tanacetum argenteum</i> ; F. <i>Thymus haussknechtii</i>	57
Şekil 4.3. Serpantine özelleşmiş yaygın türler, A. <i>Onosma discedens</i> ; B. <i>Campanula ptarmicifolia</i> ; C. <i>Psephellus aucherianus</i> ; D. <i>Silene nerimaniae</i> ; E. <i>Hesperis breviscapa</i> ; F. <i>Ricotia aucheri</i>	57
Şekil 4.4. Taksonların kategorik diskriminant analizi (categorical discriminant analysis)’ne göre dağılımları (anakaya: 1-jips; 2-kireçtaşı; 3-serpantin).	58
Şekil 4.5. Ayırt edici genel özellikler (bitki boyu x taç izdüşümü, kümелilik)	60
Şekil 4.6. Ayırt edici yaprak özellikleri (yaprak hâkim rengi, boy x en oranı).....	60
Şekil 4.7. Üreme yapılarına ait ayırt edici özellikler (ovaryum durumu, taç yaprak serbest-bitişikliliği, meyve tipi)	61
Şekil 5.1. Jipste eğimsiz veya eğimi düşük alanlarda vejetasyon örtüşü	81
Şekil 5.2. Jipsli alanda vejetasyon örtüşü. Önde Ca açısından daha düşük, arkada daha yüksek topraklardan görünüm.....	81
Şekil 5.3. Jipste su erozyonuna açık eğimli yamaçlarda vejetasyon örtüşü	82
Şekil 5.4. Serpantin de bitki örtüşü	82
Şekil 5.5. Kireçtaşında orman-çalı örtüşü	83
Şekil 5.6. Kireçtaşında otsu ve bodur çalı örtüşü	83
Şekil 5.7. Serpantin, kireçtaşı, jips bitkilerine ait element ortalamaları (Mg, Al, K, Ca ve Fe)	91
Şekil 5.8. Serpantin, kireçtaşı, jips bitkilerine ait element ortalamaları (Cr, Ni, Cu, Zn ve Mn)	91
Şekil 5.9. Serpantin, kireçtaşı, jipsli topraklarda element ortalamaları (Mg, Al, K, Ca ve Fe)	92
Şekil 5.10. Serpantin, kireçtaşı, jipsli topraklarda element ortalamaları (Cr, Ni, Cu, Zn ve Mn)	92
Şekil 5.11. Jipsli alanlarda liken popülasyonu	99
Şekil 5.12. Jipsli alanlarda <i>Aethionema erzincanum</i> ve liken toplulukları	99

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
NH ₄ ⁺	Amonyum
p	Anlamlılık değeri
N	Azot
Cu	Bakır
Ba	Baryum
B	Bor
Zn	Çinko
Fe	Demir
H ₂ BO ₃	Dihidrojen borat
P	Fosfor
g	Gram
V	Hacim
H	Hidrojen
HPO ₄	Hidrojen fosfat
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
pH	Hidrojenin gücü
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP) ve Kütle Spektrometresi (MS)
Cd	Kadmiyum
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
CaSO ₄	Kalsiyum sülfat
CO ₂	Karbondioksit
Cl	Klor
Co	Kobalt
Cr	Krom
Pb	Kurşun
S	Kükürt
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
m	Metre

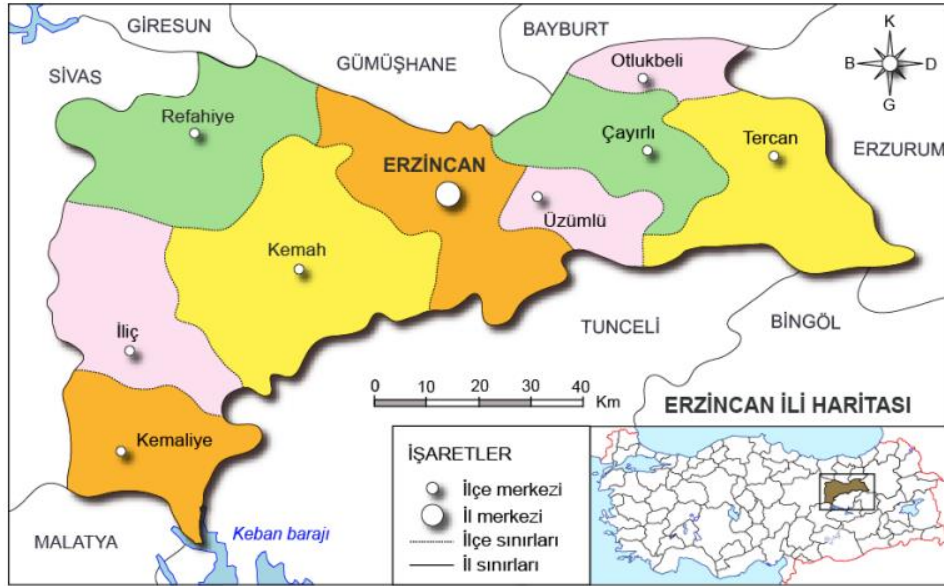
μmol	Mikromol
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mm^3	Milimetre küp
Mo	Molibden
Ni	Nikel
NO_3^-	Nitrat
O	Oksijen
n	Örnek sayısı
π	Pi sayısı
K	Potasyum
$^{\circ}\text{C}$	Santigrad derece
cm	Santimetre
Na	Sodyum
H_2PO_4	Sodyum dihidrojen fosfat
H_2O	Su
SO_4	Sülfat
r^2	Yarıçapın karesi
h	Yükseklik
%	Yüzde

1. GİRİŞ

Türkiye birçok nedenlerden dolayı zengin bir bitki çeşitliliğine sahiptir. İki kıta arasında köprü konumunda olması, jeolojik geçmişi, toprak, topoğrafya, iklimin çeşitliliği ve üç farklı bitki coğrafyasının kesişiminde olması, bu zenginliğin ana nedenlerinden sayılır. Bütün Avrupa'daki damarlı bitki türünün 12.000'i biraz geçtiği, Türkiye'de ise 10.000 civarında olduğu varsayıldığında Türkiye'nin sahip olduğu zenginlik daha iyi anlaşılacaktır. Türkiyedeki bitki taksonlarından yaklaşık 3750 tanesi endemiktir (Kandemir vd., 2022).

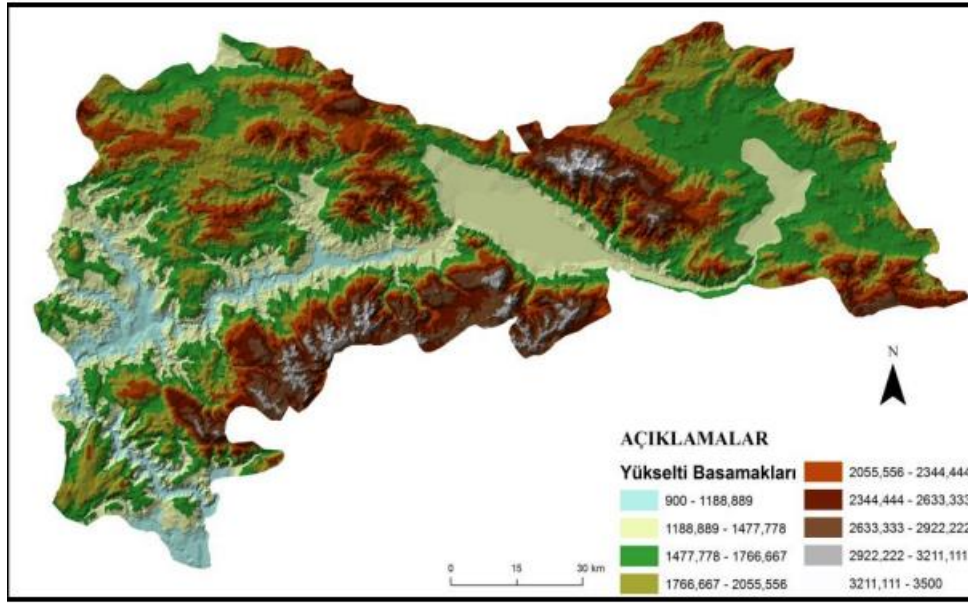
Türkiye'de bitki çeşitliliği ülkenin her tarafında homojen olarak dağılım göstermemektedir. Bazı alanlarda yoğunlaşmıştır. Bu alanlardan birisi de Erzincan ve çevresidir (Kandemir, 2019; Şenkul ve Kaya, 2017). D. Karadeniz, D. Anadolu ve O. Anadolu coğrafi bölgeleri arasında geçiş özelliği taşıyan Erzincan, zengin florası ile Türkiye'nin önemli gen ve endemizm merkezlerinden biridir (Davis, 1965-1985; Davis vd., 1988; Güner vd., 2000). Erzincan, Türkiye'nin 13 endemik bitki merkezinden 2'sine ve 7 önemli bitki alanına sahiptir (Kandemir, 2012; Korkmaz vd., 2012; 2013; 2014).

Topoğrafik yapı bir bölgedeki bitki çeşitliliğini etkileyen faktörlerden birisidir. Erzincan'ın genel morfolojik yapısı, kuzeyde K. Anadolu Dağları kıvrımları ile güneyde Torosların kat ettiği kıvrımlar arasında, Karasu ve kollarının derin vadiler açtığı son derece engebeli bir manzara ihtiva eder. Eğimin azaldığı alanlarda da alüvyal birikimli ovalar görülür (Pala ve Başibüyük, 2020). Erzincan sahip olduğu farklı coğrafik oluşumlarla rakımı 900-3550 m aralığında değişim gösterir. İle ait lokasyon haritası Şekil 1.1.'de, yükseklik basamakları haritası Şekil 1.2.'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Erzurum lokasyon haritası (AFAD İl Müdürlüğü, 2024).

Erzurum'da topoğrafyanın yüksekliği 900 m-3500 m aralığında değişmektedir (Şekil 1.2.).



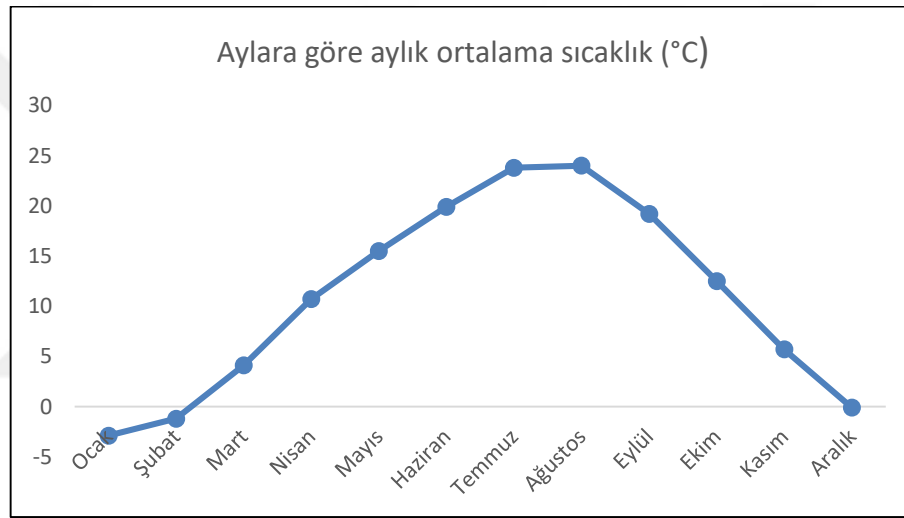
Şekil 1.2. Erzurum yükseklik basamakları haritası (Karadeniz ve Altınbilek, 2018).

Bir bölgede bitki çeşitliliği ve vejetasyon tipinin şekillenmesinde iklim en önemli etkenlerin başında gelmektedir. Akdeniz İklim Sınıflandırmasına göre Erzurum “kurak”, Eriğin ve DeMartonne İklim Sınıflandırmasına göre “yarı kurak” iklim tipine girmektedir. İl, Doğu Anadolu Bölgesinde Elazığ ve Malatya dışında diğer illerden daha yüksek sıcaklık değerlerine sahiptir. Erzurum iklimi, Doğu ve İç Anadolu iklimleri arasında geçiş göstermektedir (Kaya, 2011; Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2024). Erzurum'un Meteoroloji Genel Müdürlüğü

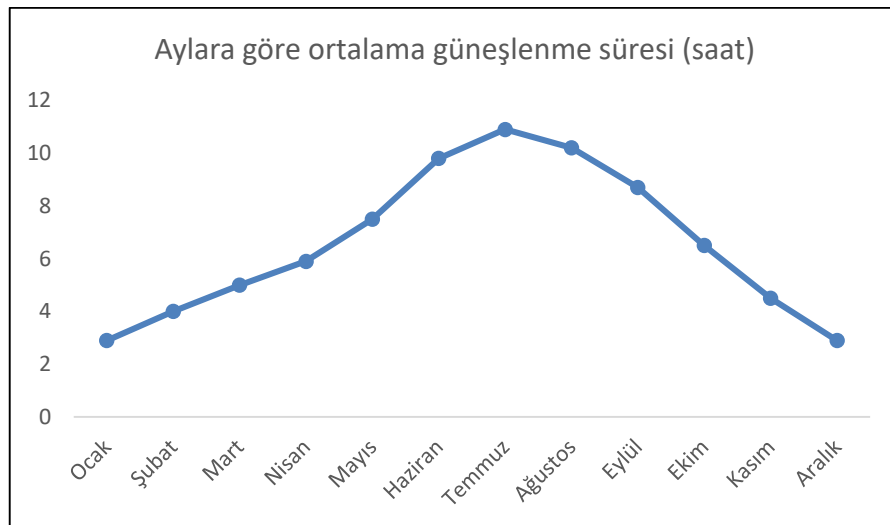
verilerine göre, ortalama sıcaklık (°C), ortalama yağış (mm), ortalama yağışlı gün sayısı ve ortalama güneşlenme süresi (saat) için Tablo 1.1'e, ve ilgili verilerin 12 aylık ortalamaları Şekil 1.3-1.6'da gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Erzincan'a ait aylık ortalama sıcaklık, yağış ve güneşlenme sürelerine ilişkin veriler (Ölçüm Periyodu:1929 - 2023).

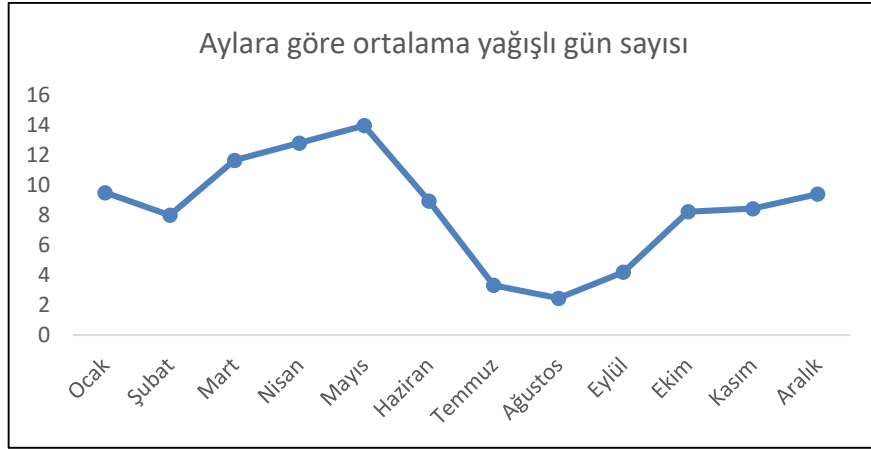
İklim Parametresi	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	-2,9	-1,2	4,1	10,7	15,5	19,9	23,8	24	19,2	12,5	5,7	-0,1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,9	4	5	5,9	7,5	9,8	10,9	10,2	8,7	6,5	4,5	2,9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9,52	8,01	11,67	12,83	13,99	8,95	3,33	2,47	4,21	8,24	8,45	9,42
Aylık Toplam Yağış Miktarı	27,8	30,2	42,8	53,4	53,4	30,8	12,2	6,9	15,6	39	35,6	28,5
Ortalaması(mm)												



Şekil 1.3. Erzincan'ın aylara göre ortalama sıcaklık grafiği



Şekil 1.4. Erzincan'ın aylık ortalama güneşlenme süresi grafiği



Şekil 1.5. Erzincan’ın aylık ortalama yağışlı gün sayısı grafiği



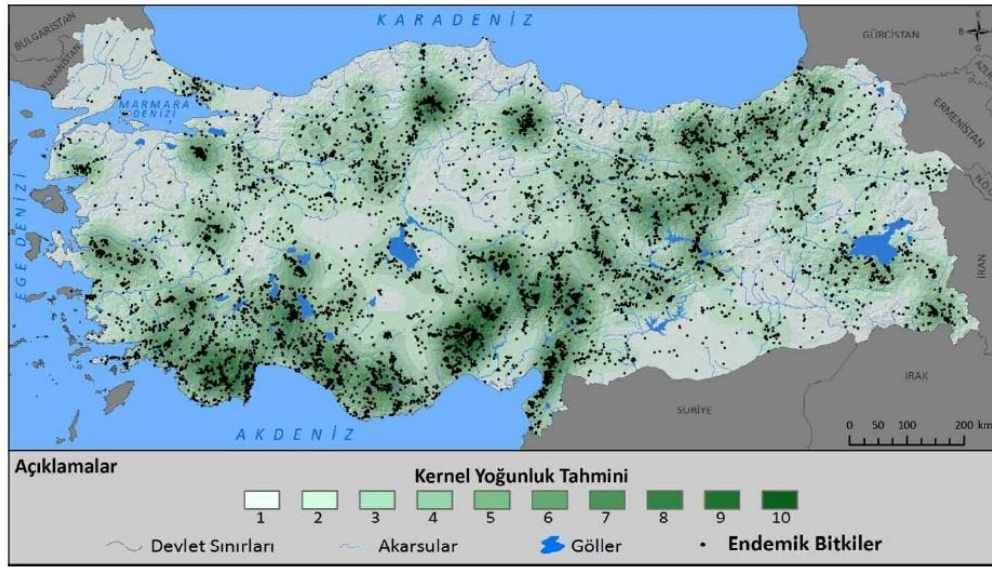
Şekil 1.6. Erzincan’ın aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm) grafiği

İklim verileri incelendiğinde, en sıcak ve ortalama güneşlenme süresinin yüksek olduğu ayların Temmuz ve Ağustos olduğu görülecektir. Yağışlı gün sayısı Mart-Mayıs aylarında daha yüksektir. Temmuz ve Ağustos yağış bakımından en kurak aylar olarak görülmektedir.

İlin güneyini baştanbaşa kat eden Munzur Dağlarının (Mercan Dağları) çok büyük bölümünü “metamorfik kireçtaşları” oluşturmaktadır. Erzincan Ovasını kuzeyden çevreleyen Esence Dağları ise yapı bakımından Kuzey Anadolu Dağlarına ait olup, bu bölgenin hâkim kayaç yapısını da denizaltı volkanizması ile meydana gelmiş yeşilimsi renge sahip olan “serpantin” ve “ofiyolitler” oluşturmaktadır (Özer1994).

Erzincan’ın güneybatısındaki Kemah-İliç ilçeleri çevresinde yaygın hale gelen bir diğer kayaç yapısını ise, üçüncü jeolojik zamanda oluşan “tuzlu-jipsli evaporit çökeller” meydana

getirmiştir. Erzincan’da bulunan her üç ana kayaç çeşidinin bitkilerin yaygın olarak yetişmesine çok fazla elverişli olmaması nedeni ile bu kayalar zor koşullara uyum sağlamış ve geniş alanlarda yayılış gösteremeyen bitki çeşitleri (endemik) bakımından zengindir. İlde endemik bitkilerin Munzur Dağları, Esence Dağları ve Kemah ile İliç arasındaki jipsli alanlarda kümelenmiş olması bu durumun bir sonucudur. Bu alanlar Türkiye için çok sayıda endemik bitki çeşidi yanında buralara özgü birçok bitki türünü de ihtiva etmektedir. Türkiye’de endemik bitkilerin dağılımının haritalandığı bir araştırma (Şekil 1.7.) incelendiğinde, Erzincan’ın endemik bitkilerin yoğun olduğu alanlardan birisi olduğu görülecektir (Kandemir vd. 2022).



Şekil 1.7. Türkiye’de endemik bitkilerin Kernel Yoğunluk Analizi (Şenkul ve Kaya, 2017).

Dağılım haritası dikkate alındığında Tuz Gölü gibi özel habitatların dışında endemik bitki taksonlarının dağlarda, özellikle de sıradağlarda kümелendiğı anlaşılmaktadır. Erzincan’ın güneyinde Munzur ve kuzeyinde Otlukbeli Dağları gibi orijinleri farklı iki sıradağ dizisinin ortasında yer almasının ilde bitki çeşitliliğinin artmasında ayrı bir yeri olduğunu göstermektedir.

Erzincan sadece Türkiye’nin değil dünyanın en önemli bitki merkezlerinin başında gelmektedir. İlde yaklaşık 2725 doğal bitki çeşidi yaşamını sürdürmektedir. Bu bitkilerden yaklaşık 642 çeşidi ülkemize özgü (endemik) olup, dünyanın başka bir alanında görülmemektedir. Bunlardan 65 tanesinin tek yaşam alanı Erzincan’dır. Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat Bölümünde yer alan Erzincan’ın jeolojik yapısındaki çeşitlilik, topoğrafik değişkenlik (900 m-3550 m

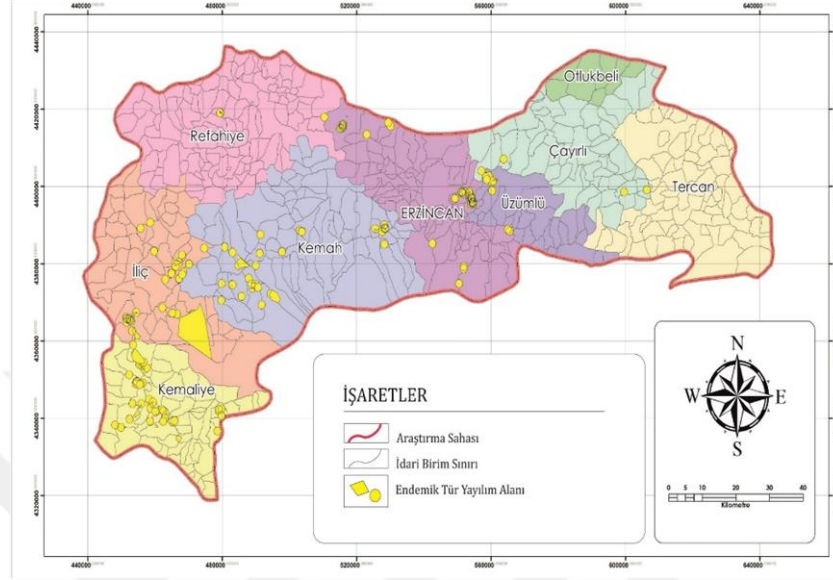
arası), fitocoğrafik bakımdan İran-Turan bölgesi içinde yer almasının yanında Avrupa-Sibirya Bölgesine yakınlığı ve türlerin dağılımında ve izolasyonunda etkili olan Anadolu Çaprazı (Diyagonalı)'nın üzerinde yer alması nedeniyle yüksek bir bitki çeşitliliğine sahiptir. Ayrıca jeolojik yapının yanında topoğrafyanın değişkenliği ve ilin büyük bir kısmının yüksek dağlarla kaplı olması, lokal düzeyde iklimsel farklılıklara neden olmaktadır. Bu farklılığın sonucu olarak fiziksel ve mevsimsel izolasyon mekanizmalarının ve melezleşmenin etkisiyle ortaya çıkan türleşmeler ilde bitki çeşitliliğinin zenginleşmesine neden olmuştur. Erzincan'ın floristik açıdan çalışılmamış bazı bölgelerinin olması ve florası tespit edilmiş olan alanlara yapılan botanik gezilerde bile daha önceden rastlanmamış bitki türleriyle karşılaşılması, ilin doğal florasında bulunan taksonların sayısının 3000'in çok daha üzerinde olabileceğini göstermektedir (Kandemir vd., 2022).

Erzincan'a özgü endemik bitki taksonları genellikle jips, serpantin ve kireçtaşı anakayaya özelleşmişlerdir. İlde jips, serpantin ve kireçtaşı alanlar çoğu zaman yanyana, bazen de iç içe geçmiş olabilmektedir. Buna ait bir görüntü Şekil 1.8'de verilmiştir.



Şekil 1.8. Kemah-İliç arasından bir görünüm (Yahşılar Köy yolu), (önde jips, arka planda serpantin ve kireçtaşı).

İldeki bitki çeşitliliğinin bu kadar zengin olmasının en önemli nedenlerinden biride jeolojiye bağlı ana kaya farklılıklarına sahip olmasından kaynaklanmaktadır. İle özgü endemik türlerin dağılımlarına bakıldığında (Şekil 1.9) bu bitkilerin jips, serpantin ve kireçtaşıdan oluşan alanlara kümелendiği görülmektedir (Kandemir vd., 2015).



Şekil 1.9. Erzincan’a Özgü Endemik Türlerin Dağılımları (Kandemir vd., 2015).

Erzincan’da endemik bitkilerin yoğunlaştığı bu üç jeolojik yapı (jips, serpantin ve kireçtaşı) büyük çoğunluğunu ilin güneyinde Munzur Dağları’nın oluşturduğu “kireçtaşı”, kuzeydeki sıradağların olduğu alanlardaki “serpantin” ve İliç ve Kemah ilçelerinde bulunan “jipsli” alanlardır. Kireçtaşına ilin kuzeyinde yer alan dağların bazı bölümlerinde de (Tercan, Çayrılı, Üzümlü, Merkez, Pöske, Refahiye) yer yer rastlanmaktadır. Serpantin kuzeyde yer alan Munzur Dağları’nın değişik bölgelerinde (Merkez, Kemah, İliç, Kemaliye) ekolojik adalar şeklinde kendini gösterir. Bu jeolojik yapıdan dolayı ilde zorunlu serpantin (obligat serpantinofit), kireçtaşı (obligat kalsitinofit) ve jips (obligat jipsofit) türleri oldukça yaygındır (Kandemir vd., 2022).

Bitki Fonksiyonel Karakterleri (özellikleri) (BFK), birey düzeyinde hücreden tüm organizmaya kadar ölçülebilen, büyüme, üreme, kaynak kullanımı gibi süreçleri etkileyerek bitki türlerinin yaşam başarısını etkileyen herhangi bir morfolojik, anatomik, biyokimyasal, fizyolojik veya fenolojik kalıtsal özellik olarak tanımlanır (Garnier vd., 2017). Bu özellikler, bitkilerin çevreye gösterdikleri tepkilerle ilişkili olup (Lavorel ve Garnier, 2002) ekosistem işleyişinde de önemli bir yere sahiptir (Kattge vd., 2011).

Dünyada bitki fonksiyonel karakterlerinin analizlerinde genellikle iklimsel veriler kullanılmıştır. Karakterlerin bitki besin elementleri ile ilişkisi çok az irdelenmiştir. Bunun yanında araştırmalarda tek bir habitata (yalnız serpantin veya jips) bağlı kalınmıştır (Hidalgo-Triana vd., 2018). Bu çalışmada olduğu gibi iç içe geçmiş ve endemizim oranı yüksek olan habitatlar karşılaştırmalı olarak irdelenmemiştir. Türkiye’de bu konuyla ilişkili yapılan ve nadir çalışmalardan birisi niteliğinde olan araştırmada (Ülgen, 2019) Anadolu steplerinde fonksiyonel karakterler literatürlere dayalı bitki karakterleri esas alınarak istatistiki olarak ortaya konmaya çalışılmış, fakat habitat çeşitliliği ve besin elementlerinin içeriği araştırmaya konu edilmemiştir. Bugüne kadar dünya da bitki fonksiyonel karakterlerinin besin elementleriyle pek az ilişkilendirilmiş olması ve Türkiye’de benzer çalışmalar konusunda ciddi boşluğun bulunması araştırmayı özgün kılmaktadır. Türkiye’nin eşsiz floraya sahip olmasında önemli yer teşkil eden serpantin ve jipsli topraklar üzerine yapılan araştırmalarda (Özdeniz vd., 2015, 2016 ve 2017; Osma ve Kandemir, 2015) bugüne kadar fonksiyonel bitki karakterlerinin analiz edilmemiş olması, serpantin ve jipsli alanlarda gelecekte yapılacak çalışmaların önemli olduğunun vurgulanması çalışmanın önemini artırmaktadır. Ayrıca bugüne kadar ülkemizde kireçtaşı alanlarını ihtiva eden benzer hiçbir çalışmanın yapılmamış olması da araştırmanın özgünlüğünü artıran unsurlardan olmuştur.

Türkiye’de jipsli, kalkerli ve serpantin alanlarda yetişen bitkilerin ekolojilerine ait bazı çalışmalar yapılmıştır (Özdeniz vd., 2016, 2017; Osma ve Kandemir 2016; Osma vd. 2024). Osma ve Kandemir’in çalışması bugüne kadar Erzincan ilinden kireçtaşı, serpantin ve jipse ait bitki mineral ilişkilerini inceleyen tek çalışma niteliğindedir. Türkiye’de kalkerli, serpantinli ve jipsli topraklarda yetişen toprak ve bitkide mineral içeriğinin belirlendiği çalışmalar mineraller ile bitki fonksiyonel karakterleri arasında bir ilişkiyi ortaya koymamıştır. Ayrıca bu çalışmalarda alanlardaki yaygın türlerin az bir kısmı çalışmaya dâhil edilmiştir. Türkiye’nin endemik bitki merkezlerinden olan jipsli ve serpantinli alanlardaki türlerin zor koşullara karşı geliştirdikleri uyumsal karakterlerin anlaşılması bu alanlardaki biyoçeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanılması için son derece önemli olduğu ifade edilmektedir (Özdeniz vd., 2016 ve 2017). Bununla birlikte Türkiye’de bu yönde yapılan çalışmalar oldukça yetersiz kalmıştır.

Erzincan’a özgü türlerin dağılımları incelendiğinde (Şekil 1.9), lokal akraba türlerin bir çoğunun değişik izolasyon mekanizmaları sonucu farklı anakaya (jips, kireçtaşı veya serpantin) üzerinde özelleştiği görülmektedir. Örneğin; Erzincan’a özgü endemik türlerden *Verbascum*

alyssifolium jipsli topraklarda yayılış gösterirken en yakın akraba tür *V. calycosum* serpantinde bulunur. Yine serpantine özgü *Onosma discedens*'in en yakın akrabası *O. beyazoglui* jipse özelleşmiştir. İlde benzer dağılımlar başka türler için de geçerlidir. Bu durum, jeolojik yapı farklılığının oluşturduğu türleşme mekanizmalarının esasını teşkil etmektedir. Dolayısı ile jips, serpantin ve kireçtaşına özgü türlerin fonksiyonel karakterlerinin belirlenmesi, hangi ekolojik koşulların hangi karakterleri birlikte seçtiğinin ortaya konması açısından önemli görülmektedir.

Dünyada son yıllarda özellikle küresel iklim değişikliğinin bitki yaşamını, dolayısı ile fonksiyonel karakterlerini nasıl etkilediğine ilişkin çalışmaların önemi gittikçe artmaktadır. Bitki fonksiyonel karakterlerinin yetiştirme ortamı ile ilişkisi üzerine Türkiye’de önemli bir eksiklik bulunmaktadır. 60 civarında lokal endemik türün dünyada sadece Erzincan’da yaşadığı varsayıldığında ve bu türlerin büyük kısmının zorunlu jips, serpantin ve kireçtaşı türü olduğu da düşünüldüğünde çalışmanın önemi daha da artmaktadır. Her üç anakayanın bitki fonksiyonel karakterlerini nasıl etkilediği, sözkonusu lokal türlerin koruma stratejilerinin belirlenmesinde de oldukça önemli olacaktır. Bütün bu nedenlerden dolayı, “Erzincan’da kireçtaşı, serpantin ve jips alanlarında yaygın bitki türlerinin fonksiyonel karakterlerinin analizi ve besleyici elementlerle ilişkisi” araştırma konusu olarak belirlenmiştir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

2.1. Bitki Fonksiyonel Karakterlerine İlişkin Literatür Özeti

Canlılarda fonksiyonel karakterler çeşitli şekillerde ele alınmış ve tanımlanmıştır (McGill vd., 2006; Violle vd., 2007). Yaygın bir tanıma göre bu karakterler, 'organizmaların iyi tanımlanmış, ölçülebilir, genellikle bireysel düzeyde ölçülen ve türler arasında karşılaştırmalı olarak kullanılan bir özelliğidir. “Fonksiyonel karakterler” bir organizmanın performansını güçlü bir şekilde etkileyen özellikler olarak da kabul edilmektedir (McGill vd., 2006). Diğer bir bakış açısına göre ise, “fonksiyonel karakterler” organizmaların çevreye nasıl tepki verdiklerini veya ekosistem özellikleri üzerindeki etkilerini etkileyen morfolojik, biyokimyasal, fizyolojik, yapısal, fenolojik veya davranışsal özellikleri olarak tanımlar (Violle vd., 2007); böylece özelliklerin ekosistem üzerindeki etkileri de dahil edilir. Bitkilerdeki fonksiyonel karakterler ekosistemlerin yapısını anlamak için anahtar bilgiler sunar (McGill vd., 2006; Violle vd., 2007).

“Bitki Fonksiyonel Karakteri”, yaşam formu, yaprak tipi, bitki boyu, bitki ömrü ve özel yaprak alanı (ÖYA:SLA) gibi ölçülebilir özellikleri içerir. Diğer taraftan ekologlar ve klimatologlar tarafından genellikle bir ekosistemdeki benzer fonksiyonlara ve performanslara göre bitki türlerini sınıflandırmak için kullanılan bir grupta veya sınıflandırma sistemini ifade etmek için “Bitki Fonksiyonel Tipleri” (BTF) kavramını kullanırlar. Bunun nedeni, bitkileri ortak fonksiyonel özellikleri paylaşan kategorilere gruplayarak ekolojik modellerde bitki çeşitliliği ve davranışının karmaşıklığını basitleştirmenin bir yolunu bulmaktır. Bu basitleştirme, araştırmacıların arazi kullanım çalışmalarında ve iklim modellerinde kullanılabilen bitki örtüsü dinamiklerini modellemesine yardımcı olur. Benzer Fonksiyonel Karakterlere sahip bitkiler, çevresel koşullara benzer tepkiler veren ve ekosistemlerde madde ve enerji süreçleri üzerinde benzer etkiler gösteren bitki grupları olarak tanımlanabilir (Walker 1992; Noble ve Gitay 1996; Díaz Barradas vd., 1999).

Bitki Fonksiyonel Karakter kavramı, 20. yüzyıla kadar uzanmaktadır; 1990’lı yıllardan itibaren küresel ısınma gibi insan kaynaklı değişimlere ekosistemlerin tepkilerini tahmin etmek için kullanılma olasılığı nedeniyle yeniden ilgi görmüştür (Raunkiaer 1934; Grime 1977; Box 1981, 1996; Díaz ve Cabido, 1997; Noble ve Slatyer 1980). Bu artan ilgi sonucu ortaya çıkan görüş, insan kaynaklı çevresel değişimlere verilen tepkileri anlamak için ekosistemdeki türleri analiz

etme yerine fonksiyonel karakterlerin kullanılmasını önermektedir (Woodward ve Cramer, 1996; Gitay ve Noble, 1997; McIntyre, vd., 1999).

Bitki fonksiyonel karakteri, bitki komünitelerinde fonksiyonel çeşitliliğin araştırılması, ekolojik süreçler ve ekosistem işleyişi hakkında yeni bilgiler sunar. Ayrıca bu tip çalışmaların gelecekteki ekolojik çalışmalarda önemli bir yer tutacağı da tahmin edilmektedir. Bitki fonksiyonel karakterleri, evrimsel biyologlar için de önemli bir bilgi kaynağıdır; kalibre edilmiş filogenilerle birlikte, seçilim baskılarının kökenini ve evrimini anlamak için önemli bir veri sağlayacağı öngörülmektedir (Tavşanoğlu ve Pausas, 2018). Bu karakterlerin tanımlanması, küresel iklim değişikliğinin etkilerini anlamada temel bir adım olarak görülmekte (Smith vd., 1996) ve uluslararası araştırmalarda öncelik verilen konular arasında sayılmaktadır (Steffen vd., 1992; Woodward ve Cramer 1996).

BFT'ler, ortak morfolojik ve fizyolojik özelliklere sahip türlerden oluşur (Garcia-Mora vd., 1999; Ni, 2003; Klimešová vd., 2008; Powers ve Tiffin, 2010) ve yerel, bölgesel ve küresel ölçekte değişebilir ve bu tür değişiklikler, bitkilerin çevresel ve küresel iklim değişikliklerine nasıl tepki vereceğini anlamak için önemli ipuçları sunar (Elmas ve Kutbay, 2015).

İklim, biyojeokimyasal döngü değişimleri, işgalci türler, arazi kullanım değişiklikleri gibi doğal ya da insan kaynaklı küresel değişiklikler ve müdahaleler ile ilgili yapılacak olan çalışmalarda bitki fonksiyonel karakterlerinin kullanılması bunların ekosistem ve komüniteler üzerindeki etkilerine ve tür içi ya da türler arası fonksiyonel çeşitliliklerin (Adler vd., 2013; Ülgen, 2019) bunları nasıl şekillendirdiğine dair sonuçların daha nicel ve doğru tahmin edilmesine katkı sağlar (Diaz vd., 1998; Lavorel ve Garnier 2002; McGill vd., 2006; Westoby ve Wright 2006; Kattge vd., 2011; Adler vd., 2013; Pérez-Harguindeguy vd., 2013).

Fonksiyonel karakterler ekolojik ya da evrimsel birçok soruya cevap verilmesinde de yardımcı olabileceği belirtilmektedir. Fonksiyonel karakterlerin kullanımı ormancılık, koruma biyolojisi, evrimsel biyoloji, komünite ekolojisi gibi birçok alanda önem kazanmaktadır (Pérez-Harguindeguy vd., 2013). Bitki karakterlerine dair veriler evrimsel biyoloji, komünite ve fonksiyonel ekoloji ile biyocoğrafya gibi alanlarda yapılacak çalışmalara kaynak sağlar (Kattge vd., 2011).

Bitki fonksiyonel karakterlerinin araştırılmasında genel olarak standart bazı protokoller uygulanır. Bu protokol önerilerinin birisinde “vejetatif karakterler”; bitkinin geneli ile ilgili karakterler, “yaprak karakterleri”, “gövde karakterleri”, “toprakaltı kısımlarına ait karakterler” ve dağılım modeli, üreme yapılarının şekli ve büyüklüğü ve tohum kütlesi gibi “çoğalmada etkili karakterler” olarak gruplandırılmıştır. Fonksiyonel karakterlerin çalışılmasında komünitedeki biyokütlenin çoğunu ihtiva ettiklerinden en bol bulunan türlerin çalışılmasını önerilmektedir (Cornelissen vd., 2003).

Bitkilerde bir karakter diğerlerinden bağımsız olarak seçilime uğramaz. Başka karakterlerle seçilime uğrayan fonksiyonel karakterler, türler arası ve tür-çevre etkileşimlerinin anlaşılması açısından oldukça önemlidir (Westoby ve Wright, 2006). Fonksiyonel karakterler aynı zamanda, bitki ve bitki organlarının fenolojik, anatomik, morfolojik, biyokimyasal ve biyofiziksel özellikleri yaşamış olduğu ortamın ekolojik koşullarına vermiş oldukları yanıtın bir göstergesidir. Aynı zamanda bitki karakterleri, çevresel koşullara bitkinin evrimsel uyumunun da bir yansımasını ifade etmektedir. Bitki karakterleri evrimsel süreçler, biyocoğrafya ve ekoloji konusunda önemli veriler sağlarken, küresel karbon ve su döngülerinde biyotik izlerin takibine de imkan tanır. Bunun yanında bitki-ekosistem ilişkileri üzerine gerçekçi modellemeler yapmasına temel teşkil edebilir. Dünyada değişik bitki komünitelerinden elde edilen bitki özellikleri değişik ölçekte çok sayıda veri tabanlarında muhafaza edilmektedir. Veri tabanlarına girilen bilgiler dikkate alındığında, verilerin ABD, Güney Amerika, Avrupa, Güney Afrika, Çin ve Avustralya’dan geldiği, ülkemizin de içinde bulunduğu birçok coğrafyadan ekolojik koşulların bitki karakterlerine etkisiyle ilgili veriler oldukça yetersizdir (Kattge vd., 2011).

Bitki karakterleri ile çevre arasındaki ilişkiler bir yerdeki ekosistem fonksiyonlarının ve vejetasyon yapısının anlaşılmasında kilit rol oynar. Aynı zamanda çevresel koşullar uygun genotiplerin seçilmesinde de etkindir. Ekosistemlerin yapısını ve işlevlerini belirlemede bitki fonksiyonel karakterlerini inceleme, floristik yaklaşımlarla kıyaslandığında daha iyi sonuç vermektedir (Díaz, vd., 1999).

Pérez-Harguindeguy vd., (2013) tarafından dünya genelinde bitki fonksiyonel karakterlerine ilişkin bir kılavuz kaynak hazırlanmıştır. Bitki fonksiyonel karakterleri: 1-genel bitki karakterleri (bitki hayat formu, bitki yaşam süresi, bitki boyu, dallanma mimarisi, dikenlilik durumu vb.); 2-yaprak karakterleri (yaprak alanı, özel yaprak alanı, yaprak taze/kuru kütlesi,

yaprak azot ve fosfor içeriği, yaprak tekstürü vb.); 3-gövde karakteri (gövde özel yoğunluğu, gövde yaş/kuru ağırlığı, kabuk kalınlığı vb.); 4-kök karakterleri (özel kök uzunluğu, kök sisteminin yapısı, azot alma stratejisi vb.) ve 5-üreme karakterleri (üreme stratejisi ve kapasitesi, tohum-meyve yapısı ve şekli, tohum-meyve kütlesi, çimlenme başarısı vb.) olmak üzere 5 gruba ayırmıştır. Söz konusu eserde bitki fonksiyonel karakterleri ve ölçüm yöntemleri ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tavşanoğlu ve Pausas (2018) Akdeniz Havzasındaki bitkilerin fonksiyonel karakterleri ile ilgili oluşturdukları veri tabanında; bitki fonksiyonel karakterlerini, süreklilik gösteren karakterler ve kategorik karakterlere olarak iki gruba ayırmıştır. Çalışmalarında, 22 genel morfolojik karakter, eşeyli üremeye ilgili 8 karakter ve çoğalmayla ilgili 14 karakter kullanılmıştır.

Ülkemizde bitki fonksiyonel karakterlerine ilişkin çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu konuda yapılmış en önemli çalışma; Elmas ve Kutbay (2015) tarafından gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki Akdeniz enklavlarının bitki fonksiyonel tipleri üzerine 24 fonksiyonel karakterin kullanıldığı bir araştırma yapılmıştır. Yaşam formu, büyüme formu, bitki boyu, dikenlilik, yaprak parçalılığı, yaprak kuru ağırlığı, yaprak alanı, yaprak tüylülüğü, meyve tipi, tozlaşma tipi gibi fonksiyonel karakterler kategorik karakterler şeklinde analiz edilmiştir. İstatistiksel analiz sonunda; “yapraksız çalılar”, “sert yapraklı herdemyeşil ağaçlar”, “gövde başına yaprak sayısı fazla (küçük yapraklı) olan uzun boylu çalılar” “yarı yaprak döken, yumuşak ve 2 tarafı tüylü etli yapraklı bodur çalılar” ve “tüysüz yapraklı, yaprak döken uzun boylu çalılar” şeklinde 5 farklı “fonksiyonel tip” belirlenmiştir.

Duckworth vd., (2000), von Humboldt, (1806)'tan bu tarafa “bitki fonksiyonel tipleri” üzerine gelişmeleri özetlemişler ve bitki komünitelerini tanımlamada, çevresel koşulların şekillendirdiği bitki fonksiyonel tiplerinin tür temelli görüşe ilave olarak tamamlayıcı bir özellik olarak kullanılabileceğini önermişlerdir. Ayrıca fonksiyonel tiplere bakarak, çevrenin bitki örtüsünü ne şekilde etkilediği, hangi alanlarda değişimin bitkiler üzerinde etkili olduğu ve bitkisel verimin hesap edilmesi süreçlerinde de yararlanılabileceği belirtilmektedir.

Geng vd., (2012), Çin otlaklarında türlerin coğrafi dağılımlarının büyüklüklerine göre genel fonksiyonel karakterlerinin, toprak ve iklim arasındaki ilişkilerini ele almıştır. Çalışmada 178 alana dağılmış 208 tür toplanmış, N ve P konsantrasyonları, C/N oranı, N/C oranı ve belirli yaprak alanı dâhil olmak üzere yaprak özellikleriyle ilgili çalışılmıştır. Yayılış alanı

boyutlarının yaprak özellikleri üzerindeki etkileri ANOVA kullanılarak test edilmiştir. Dar yayılışlı türlerin, geniş yayılışlılara göre daha düşük sıcaklıkta ve daha yüksek toprak besin konsantrasyonlarına sahip yüksek rakımlarda bulunma eğiliminde olduğu görülmüştür. Yaprak özellikleri ile tür dağılışı büyüklükleri arasında doğrudan bir bağlantı tespit edilmemiştir. Ancak, yaprak-toprak besin ilişkileri yayılış büyüklüğü seviyelerinde önemli ölçüde değişmiştir. Sonuçlara göre dar yayılışlı türler, geniş yayılışlı türlere kıyasla toprak besin bulunabilirliğindeki değişime karşı daha hassas olma eğilimindedir ve bu da dar yayılışlı bitkiler için pozitif yaprak-toprak besin ilişkisinden, geniş dağılışlı bitkiler için ilişki olmamasına doğru bir kayma ile sonuçlanmıştır. Türlerin iklimsel değişkenlere tepkileri, yayılış büyüklükleriyle ilişkili değildir. Sonuçlar dar yayılışlı türlerin belirli habitatlara özelleştğini gösterirken, geniş yayılışlı türlerin geniş bir alandaki toprak verimliliği gibi çevresel değişikliklere daha iyi dayanabildiğini göstermiştir.

Kühn vd., (2021), bitkilerin iklim değişikliğine nasıl tepki verdiğini değerlendirmek için bitki fonksiyonel özelliklerini kullanan 148 çalışmayı incelemişlerdir. Yapılan incelemelere göre; daha düşük veya daha yüksek spesifik yaprak alanı (SYA), daha düşük veya daha yüksek bitki boyu, daha fazla su kullanım verimliliği (SKV), daha fazla yeniden filizlenme yeteneği, daha düşük bağıl büyüme hızı, daha fazla klonalite, daha yüksek odun yoğunluğu ve daha fazla kök derinliği biyomlar genelinde birden fazla iklim/çevresel değişikliğe karşı bitki tepkilerinin en iyi şekilde değerlendirilmesini sağlamıştır.

García-Mora vd., (1999), Cadiz Körfezi'ndeki (Güneybatı İspanya, Güney Portekiz) sahil kumul bitki örtüsünü, bitkilerin morfolojik karakterleri ve fonksiyonel özellikleri bakımından incelenmişlerdir. Kaydettikleri 55 vasküler (damarlı) türü üç fonksiyonel tipte sınıflandırmışlardır: Tip I, kumul ortamına herhangi bir adaptasyon göstermeyen, yumuşak yapraklı, orta büyüklükteki kışlık yıllıklardan oluşmaktadır. Tip II'deki bitkiler çoğunlukla toprak altına yayılan bir kök ağına ve kıyıdaki çevresel strese uyum sağladığı varsayılan yapraklara sahip çok yıllık bitkilerdir. Tip III, çoğunlukla deniz suyu ile dağılabilen ve kum örtmesine dirençli bitkileri içerir. Nispeten dengesiz topraklarda, Tip II ve Tip III bitkilerin daha bol olduğu görülmüş olup, bunların göreceli oranı yığılma/erozyon süreçlerinin baskınlığına bağlıdır. Tip I bitkilerin artan örtüsü nispeten daha stabil topraklarla ilişkilendirilmiştir. Üç tipin oluşumundaki oranlar, sahil kumul dinamiklerinin bir göstergesi olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Skarpe (1996), kuru bir savana için tanımlanmış bitki fonksiyonel tipleri sistemini önermiş ve bunları iklim verileriyle ilişkilendirmiştir. İklim değişikliğine yanıt olarak bitki örtüsünde meydana gelebilecek olası değişiklikleri tahmin etmek için “fonksiyonel tipler sistemi” geliştirilmiştir. Tiplerin, toplam yıllık yağış, en yağışlı ayın yağış miktarı, toprak nemi ve en soğuk ayın sıcaklığı ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

Woodward ve Cramer (1996) küresel olarak veya belirli biyomlar için bitki fonksiyonel tiplerini tanımlamak adına yaygın olarak kullanılan mevcut yöntemleri gözden geçirmiş genellikle bir alan veya ortam için sınıflandırmanın farklı bir alan veya ortam için tamamen uygulanabilir olmadığı görülmüştür.

Epstein vd., (2002) iklimsel değişkenleri çalıların karbondioksit fiksasyonu açısından C4 ve C3 otlarının göreceli bolluğuna bağlayan bir regresyon modeli kullanmış, iklim değişikliğine yanıt olarak Kuzey ve Güney Amerika'daki ılıman çayırlıkların ve çalılık alanların bitki işlevsel tip kompozisyonunu üzerinde çalışmışlardır. C4 otlarının bolluğunun azaldığı hiçbir alan olmamıştır. Hiçbir değişiklik olmayan alanlar genellikle Güney Büyük Ovalar ve Kuzey Amerika'daki Intermountain Havzası ve Sıradağlarıdır. C3 otları ABD ve Kanada'nın kuzeybatı Büyük Ovaları ve kuzey orta Arjantin hariç diğer alanlarda azalmıştır. Patagonya ve güneybatı ABD'nin çöl bölgelerinde çalı bolluğu ile karşılaşmıştır.

Enright vd., (2014) daha sık yangın ve daha az yağışın etkilerini, Avustralya'nın güneybatısındaki Eneabba yakınlarında Akdeniz iklim tipi çalılıklarda çalı türlerinin popülasyon tepkileri üzerinde niceliksel olarak belirlemişlerdir. Deneysel yangınlar kullanılarak, yangından önce ve sonra dört baskın bitki fonksiyonel grubu için tüm çalı türlerinin yoğunluğu 33 çalılık alanda ölçülmüştür. Bu ölçümler, dört yangın sonrası yağış yılını ve 3-24 yıllık yangın aralıklarını kapsamaktadır. Kısaltılmış yangın aralıklarında, devamlılık için yalnızca fide oluşturmaya bağımlı türlerin hem fide oluşturma hem de vejetatif büyümeye sahip türlere göre yerel yok oluşa karşı daha savunmasız olduğu görülmüştür. Yangın öncesine kadar tohumlarını kozalak meye meyvelerde saklayan türler, toprakta tohum depolayan türlere göre daha az dirençli olmuştur.

Yadav vd., (2004) aynı bölgede birlikte bulunan ve farklı yaşam formu gruplarını temsil eden sekiz çok yıllık Akdeniz türünün (*Arbutus unedo* L., *Quercus coccifera* L., *Pistacia lentiscus* L., *Myrtus communis* L., *Lavandula stoechas* L., *Cistus incanus* L., *Calamintha nepeta* (L.)

Savi ve *Melissa officinalis* L.) yaprak yapısal özelliklerini incelemişlerdir. Yaz yapraklarında, yaprak laminasının, kütikula, adaksiyal ve abaksiyal yaprak yüzeylerinin epidermislerinin yanı sıra palizat ve süngerimsi parankimaların kalınlığı ölçülmüştür. Ayrıca özgül yaprak kütlesini (ÖYK), stoma yoğunluğunu, salgı tüyleri ve diğer tüylerin yoğunluğunu ve yaprak dokularının ve mezofilin hücreler arası boşluklarının göreceli hacimleri tahmin edilmiştir. Tüm türlerin abaksiyal yaprak yüzeyinde yüksek stoma yoğunluğu gözlemlenmiştir. Fenolik bileşikler yalnızca *A. unedo*, *Q. coccifera* ve *P. lentiscus*'ta tespit edilebilmiştir.

Hidalgo-Triana vd., (2018), ekosistem yönetiminin karmaşıklığını azaltmaya yardımcı olabilecek fonksiyonel grupları belirlemek için Kaliforniya ultramafik çalılığını incelemişlerdir. Çalışma ABD, Kaliforniya Eyaletindeki McLaughlin alanında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, incelenen birlikte, düşük derecede dikenliliğe sahip fanerofitlerin hâkim durumda olduğunu göstermiştir. Yaprakların çoğunluğunun yüksek derecede tüylendiğini, küçülmüş boyutta ve yaz aylarında kısmen döküldüğü gözlemlenmiştir. Alanda tüylenme durumu, dallanma mimarisi, yaprak boyutu, kök sisteminin dikey veya yatay gelişimi, özellikler dikkate alınarak altı fonksiyonel grup belirlenmiştir.

İklimsel değişimlerle bitki fonksiyonel karakterlerinin değiştiğine ilişkin başka çalışmalar da bulunmaktadır. Konuya ilişkin diğer çalışmalar Cowling vd., (1994), Ahrens vd., (2020), Gillison (2019), Diaz vd., (1998), Funk vd., (2016), Díaz vd., (1999), Anderegg vd., (2019), Groner vd., (2018)'nın çalışmaları örnek olarak verilebilir.

2.2. Bitki Besleyici Element İlişkisi

Bugüne kadar bitki besin elementleri üzerine yapılan çalışmaların genel olarak bitki bünyesinde ve yetiştirme ortamında element çeşitliliği ve miktarı üzerine yoğunlaşmıştır. Daha çok kültür bitkileri kullanılarak elementlerin genel biyolojik fonksiyonları üzerinde durulmaya çalışılmıştır. Bitkinin hayatta kalması ve üremesi üzerine fonksiyonel karakterlerin bütüncül olarak değerlendirildiği çalışmalar çok sınırlıdır. Bitki fonksiyonel karakterleri üzerine yapılan çalışmalarda ise elementlerin bu karakterlerle ilişkisi neredeyse hiç irdelenmemiştir. Konuya ilişkin literatür aşağıda irdelenmeye çalışılmıştır.

Bolat ve Kara (2017)'ya göre bitki besin elementi olmanın iki kriteri vardır. Bunlardan birincisi; bitki besin elementinin bitki metabolizmasının ya da strüktürünün esas parçası olan bir

molekölün bölümünü oluşturmaktadır. İkincisi, bitkinin büyüme ve gelişmesinde anormallik göstermesi bitkinin yetiştiği ortamdaki besin elementinin yetersizliğinden kaynaklanırken, bitkinin normal büyüme ve gelişme göstermesinin besin elementinin var olması durumunda gerçekleşmesidir.

Bitkilerin yaşamaları için gerekli olan elementlere, “bitki besin elementleri” denilmektedir. Bitki dokularının analizinde doğada bulunan tüm elementleri hemen hemen bulmak mümkündür (Okçu vd., 2009). Bitkiler optimal bir şekilde büyüme ve gelişme gösterebilmeleri için en az 17 bitki besin maddesine ya da elemente ihtiyaç duymaktadır. Bu elementlerden üç tanesi hidrojen, karbon ve oksijendir (White, 2006; Gardiner ve Miller, 2008; Fageria, 2009). Bitkiler bu elementleri çoğunlukla hava ve sudan aldıkları için bu elementler mineral olmayan bitki besin elementleri olarak değerlendirilmektedir. Bitki kütlesinin çok büyük bir kısmını (% 95) oluşturmalarına rağmen yeterli kaynaklarının olmasından dolayı bitki beslemede hemen hemen hiç önemsenmemektedirler (Jones ve Jacobsen, 2001; Fageria, 2009; Kacar ve Katkat, 2010). Fotosentez olayında bitkiler, kök ve gövdeleri ile aldıkları ve yapraklara kadar gelen su molekülündeki hidrojeni parçalamak için güneş enerjisini kullanmaktadır. Hidrojen bitki stomalarından yapraklara nüfuz eden CO₂ molekülündeki karbon ve oksijen ile birleşmektedir. Tepkime sonucunda ortaya çıkan ürünler karbonhidratlar ve diğer organik moleküllerdir. Bu organik maddeler bitki kuru ağırlığının % 90’ından daha fazlasına denk gelmektedir (Gardiner ve Miller, 2008; Bolat ve Kara, 2017).

Bitkiler, diğer zorunlu 14 elementi doğrudan topraktan almaktadır. Bitkiler tarafından elementler anyon ve katyon halinde alınabildiği gibi moleküller halinde de alınabilmektedir. Çözülebilir durumda olan bu elementlerin oransal miktarları birbirinden farklıdır (Wild, 1993; Kantarcı, 2000; Gardiner ve Miller, 2008). Diğer bir ifade ile bitkilerde bulunan besin elementleri miktarları üzerinde bitkinin türü, yaşı, kök büyümesi, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, toprakta yayılsı şekilde bulunan elementlerin cins ve miktarları, uygulanan tarımsal yöntemler, hava koşulları gibi çok sayıda faktör etkilidir (Kacar ve Katkat, 2010). Zorunlu bitki besin maddeleri, bitkinin yaşamını devam ettirebilmesi için olması gereken, diğer elementler tarafından yeri doldurulamayan ve doğrudan bitki metabolizması için gerekli olan, diğer bir ifade ile yokluğunda bitki yaşamının söz konusu olmadığı elementler olarak tanımlanmaktadır (Fageria vd., 2002; Rice, 2007). Bitkinin yapısında belirli oranlarda yaygın şekilde bulunan ancak bitkinin büyüme ve gelişmesinde zorunlu olarak gerek duymadığı sodyum (Na), kobalt (Co) ve silisyum (Si) gibi elementler de bulunmaktadır (Gardiner ve

Miller, 2008; Fageria, 2009). Fakat Kacar ve Katkat (2010) ve Bolat ve Kara, (2017) yaptıkları çalışmada bahsedilen bu üç elementi de hesaba katarak bitki gelişmesi için 20 elementin gerekli olduğunu bildirmektedir. Literatürler ışığında elementlerin bitkiler tarafından alınma formları, işlevleri ve eksikliğinde görülen semptomlar Tablo 2.1’de verilmiştir.

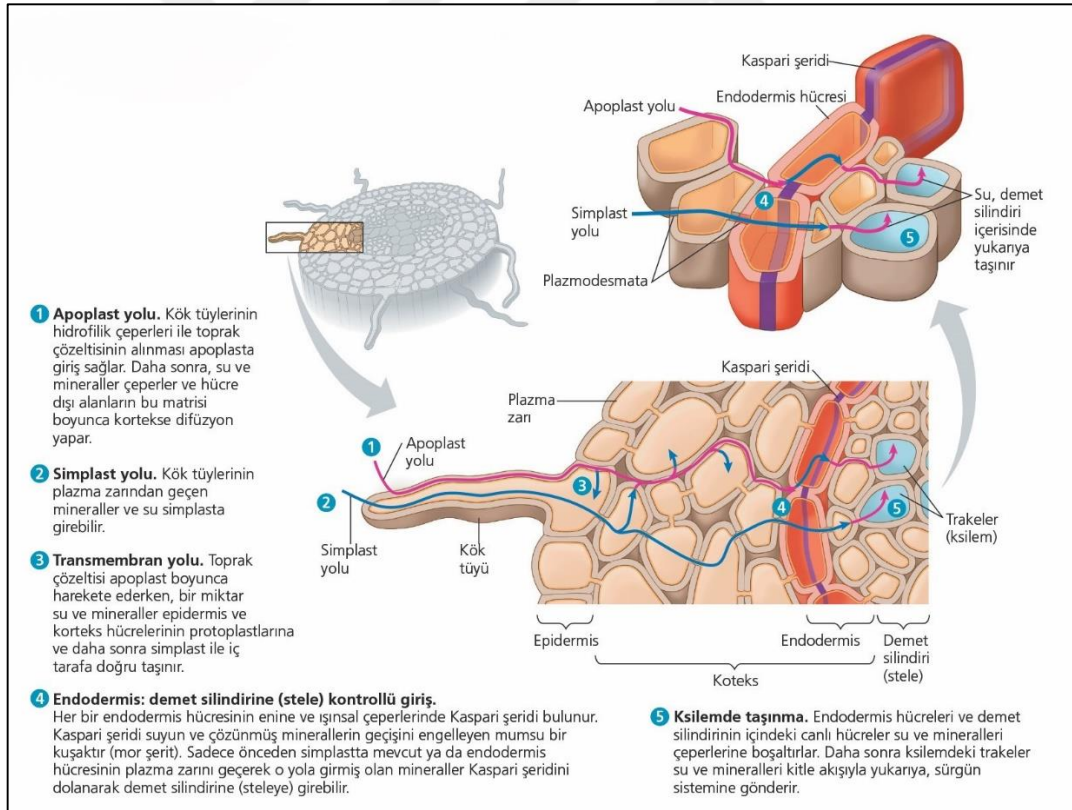
Tablo 2.1. Besin elementleri, bitkiler tarafından öncelikli alınım formları, işlevi ve eksikliğindeki belirtiler (Urry vd., 2022; DalCoroso vd., 2014).

Element ve bitkiler tarafından öncelikli alınma formu	Başlıca işlevi (leri)	Besin maddesi eksikliklerinin erken belirtileri
Makrobesin elementleri		
C (CO ₂)	Bitki organik bileşiklerinin başlıca bileşeni olarak görev yapar.	Zayıf büyüme.
O (CO ₂)	Bitki organik bileşiklerinin başlıca bileşeni olarak görev yapar.	Zayıf büyüme.
H (H ₂ O)	Bitki organik bileşiklerinin başlıca bileşeni olarak görev yapar.	Solma ve zayıf büyüme.
N (NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺)	Bitki organik bileşiklerinin başlıca bileşeni, nükleik asitlerin, proteinlerin, hormonların, klorofilin, bileşeni, tüm canlı dokuların büyümesini ve gelişimini artırır, bitkiye yeşil rengini verir, çimlenmeyi artırır, protein ve klorofil oluşumu için gerekli olan P ve K kullanımını artırır.	Bitki yapraklarının klorofil içeriği düşer, çiçeklenme, meyve tutumu, protein ve nişasta içerikleri azalır. Sarı-yeşil renklenmeler, kısa saplı, küçük yapraklar oluşur, yavaş ve bodur bitki gelişimi gözlenir.
K (K ⁺)	Bitkilerde nem stresine, sıcağa, dona ve hastalıklara karşı dayanıklılığı artırır, bazı bitkilerde mozaik virüsüne dayanıklılığı artırır, stomaların açılıp kapanmasını kontrol eder, biyokimyasal reaksiyonda belirli fonksiyonlardan sorumlu enzimleri aktive eder.	Yaprak uçlarında kahverengi kavrulma ve kıvrılma ve yaprak damarları arasında kloroz (sarıma) görülür. Yaprak altlarında mor lekeler ortaya çıkar. Bitki büyümesi, kök gelişimi, tohum ve meyve gelişimi azalır.
Ca (Ca ²⁺)	Orta lamel ve hücre çeperlerini önemli bileşenidir. Zarın işlevinin korunması ve sinyal iletiminde etkilidir.	Al toksisitesi ve P eksikliği kök büyümesinde azalmaya bağlı olarak Ca eksikliğine neden olur. Yaprak ucu ve kenarı klorotik, renksiz ve nekrotik hale gelir. Sürgün uç tomurcukları ve apikal kök uçları deforme olur ve büyüme noktalarının ölümü görülür. Şiddetli durumda kök gelişimi azalır.
Mg (Mg ²⁺)	Klorofilin bileşenidir. Pek çok enzimin kofaktörü olarak iş görür.	Damarlar arasında klorozis, yaşlı yapraklarda dökülme görülür. Bitkide hareketli olduğundan noksanlık belirtileri ilk olarak alt yapraklarda görülür. Damarlar arası kloroz, şiddetli vakalarda klorotikten nekrotik bölgeler oluşur.
P (H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻)	Hücre zarlarının, bazı proteinlerin, tüm nükleik asitlerin ve nükleotidlerin bir bileşenidir. Tüm fosforilasyon reaksiyonları için gereklidir. Kök oluşumunu ve büyümesini teşvik eder, meyve kalitesini iyileştirir. Tohum oluşumunu ve erken olgunlaşmayı sağlar, protein sentezinin düzenlenmesinden sorumludur, baklagillerin N fiksasyon kapasitesini artırır.	Büyümede yavaşlama, gövdelerde incelme, damarlarda renk değişikliği, çiçek ve meyve bağlamada zayıflama ortaya çıkar.

Tablo 2.1. (Devamı)

S (SO_4^{2-})	Proteinlerin bileşeni olarak iş görür. Kök büyümesini teşvik eder, klorofil oluşumu, protein üretimi, yağlı tohumlarda yağ sentezi ve enzim aktivasyonunda görev alır.	Genç yapraklarda kloroz görülür. Bodurlaşma ve ince oluşumuna yol açar.
Mikrobesin elementleri		
Cl (Cl^-)	Fotosentezde suyun parçalanması reaksiyonunda, oksijen oluşumuna yol açan reaksiyonda önemlidir. Bitkide su dengesinde iş görür	Solma, köklerde kısılma, yapraklarda beneklenme ortaya çıkar.
Fe (Fe^{3+} , Fe^{2+})	Solunum, fotosentez, klorofil sentezi ve azot fiksasyonunda görev alır.	Damarlar arası klorozis ve genç yapraklarda buruşma görülür.
Mn (Mn^{2+})	Amino asitlerin oluşumunda aktif; bazı enzimleri aktifleştirir, fotosentezin su ayrıştıran basamakları için gereklidir.	Tilakoid glikolipidlerin ve çoklu doymamış yağ asitlerinin azalması, fotosentezin, bitki büyümesinin ve gelişiminin inhibisyonu ortaya çıkar. Genç yapraklarda damarlar arası kloroz, polen verimliliğinin, karbonhidrat üretiminin ve tane veriminin azalması görülür. Kök uzunluğunun azalması, fenolik bileşiklerin ve ligninin üretiminin azalması, kökleri enfekte eden patojenlere karşı artan duyarlılık, koyu kahverengi lezyonların, renk bozulmasının, tohumların bölünmesinin ve deformasyonunun gelişmesi diğer semptomlar arasında yer alır.
B (H_2BO_3^-)	Klorofil sentezinde kofaktör; hücre çeperinin işlevinde ve polen tüpünün büyümesinde rol alır.	Meristemlerde ölüm, yapraklarda kalınlaşma, derimsi görünüm ve renk kaybı ortaya çıkar.
Zn (Zn^{2+})	Klorofil oluşumunda aktif, bazı enzimlerin kofaktörü olarak iş görür, DNA replikasyonu için gereklidir.	Şeker ve nişasta birikimi, bodur büyüme ve küçük yaprakların oluşumu görülür. Artan oksidatif stress, yaprak kloroz ve nekrozu ortaya çıkar.
Cu (Cu^+ , Cu^{2+})	Pek çok redoks ve lignin biyosentezinde görev alır, enzimlerin yapısına katılır.	Fotosentez inhibisyonu, karbonhidrat sentezi ve tohum üretiminin azalması, polen oluşumu ve döllenmenin inhibisyonu görülür. Baklagillerde nodülasyonunun ve N_2 fiksasyonunun azalması ortaya çıkar. Lignin biyosentezinin azalması, genç yaprakların bükülmesi ve, zayıflığı, kloroz görünümü ve nekrotik lekelerin oluşumu gözlenir. Bodur büyüme, gecikmiş olgunlaşma, tohum verimi ve kalitesinin azalması, mantar hastalıklarına karşı artan duyarlılık ortaya çıkar.
Ni (Ni^{2+})	Azot metabolizmasında rol oynar.	Yapraklarda üreaz aktivitesinin kaybı, toksik üre konsantrasyonlarının birikmesi ve azot metabolizmasının bozulması görülür. Kök ve sürgün büyümesinin engellenmesi, erken yaşlanma, genç yapraklarda damarlar arası kloroz ve nekrotik lekelerin ortaya çıkar.
Mo (MoO_4^{2-})	Azot metabolizmasında rol alır.	Azot fiksasyonunun etkinliğinde azalma, genç yapraklarda bodur büyüme, damarlar arası kloroz ve yaşlı yapraklarda nekroz ortaya çıkar.

Bitkiler büyüme ve gelişmeleri için altı makro besin ve sekiz mikro besin olmak üzere 14 mineral elemente ihtiyaç duyarlar (Marschner, 2011). Bu elementlerin köklerden sürgünlere taşınması için öncelikle kökler tarafından toprak çözeltisinden alınması gerekir. Mineral elementleri toprak çözeltisinden merkezi steleye taşımak için, epidermis ve korteksin (ekzodermis ve endodermis dahil) konsantrik kök hücre katmanları boyunca hareket etmeleri gerekir (Barberon ve Geldner, 2014). Geleneksel olarak, bu radyal taşıma için üç yol vardır: apoplastik, simplastik ve birleşik transselüler yollar (Barberon ve Geldner, 2014). Farklı kök anatomileri nedeniyle tüm alımlara katkıları bitki türlerine göre değişebilir, ancak hem simplastik hem de birleşik transselüler yollar plazma membranında lokalize olan farklı taşıyıcılar gerektirir. Özellikle, çoğu bitki türündeki birleşik transselüler yol için, apoplastik boşlukta su geçirmez bir yapı oluşturan ve su ve mineral elementlerin serbest geçişini engelleyen Casparian şeritlerinin varlığı nedeniyle endodermisi geçmek için hem akış hem de çıkış taşıyıcıları gereklidir (Barberon, 2017). Kökte mineral ve suyun yanal taşınımına ait görsel Şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Kökte mineral ve suyun yanal taşınımına (Urry vd., 2022).

Toprak çözeltilisindeki mineral elementlerin konsantrasyonu mekansal ve zamansal değişikliklere uğrar. Örneğin, çeltik tarlalarındaki manganez (Mn) konsantrasyonu toprak koşullarına bağlı olarak mikromolar ile milimolar konsantrasyonlar arasında değişmektedir (Yamaji vd., 2013). Bitkilerde bulunan besin elementleri miktarları üzerinde bitkinin türü, yaşı, kök büyümesi, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, toprakta yarayışlı şekilde bulunan elementlerin cins ve miktarları, uygulanan tarımsal yöntemler, hava koşulları gibi çok sayıda faktör etkilidir (Kacar ve Katkat, 2010). Bitkiler, transkripsiyonel, translasyonel ve post-translasyonel seviyelerde taşıyıcıların düzenlenmesi yoluyla mineral element konsantrasyonlarındaki bu dalgalanmayla başa çıkmak için esnek bir alım sistemi geliştirmiştir. Ayrıca, son zamanlarda yapılan birçok çalışma, mineral element alımını düzenleyen algılama ve sinyal yollarına yönelik moleküler mekanizmaları ortaya çıkarmıştır.

Bitkilerin yetiştirme döneminde yüksek sıcaklığa maruz kalmaları bitkide biyokimyasal ve fizyolojik süreçleri etkileyerek minerallerin fonksiyonları üzerinde de etkili olabilmektedir. Bu konuda çalışmalar sınırlı olsa da derleme niteliğindeki bir araştırmaya göre (Rizwan vd., 2018), bitkilerin biyokimyası, fenolojisi, anatomisi ve morfolojisi ısı stresinden etkilenir, proteinin agregasyonu ve denatürasyonu ile birlikte zar akışkanlığı değişir ve büyümede azalma gözlenir. Aşırı sıcaklıklarda bitki büyümesinde katalaz, süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) antioksidanları artar ve hücrelerde N, Ca, K ve Mg uygulanmasıyla reaktif oksijen türlerinde (ROS) azalma meydana gelir. Bitki vücut sıcaklığı ayrıca Ca ve K alımıyla korunur ve bu da stomaların düzenlenmesini ve ozmotik ayarlamayı kolaylaştırır. Ek olarak, ısı stresi altında yüksek doku su potansiyelinin korunması da mineraller tarafından sağlanır. Bitkilerde, biyokimyasal, metabolik ve fizyolojik süreçlerin aktivasyonu, Se ve B gibi mikro alınması ısı stresini azaltır.

2.2.1. Jips, Serpantin ve Kireçtaşı Anakaya İle Bitki İlişkisi

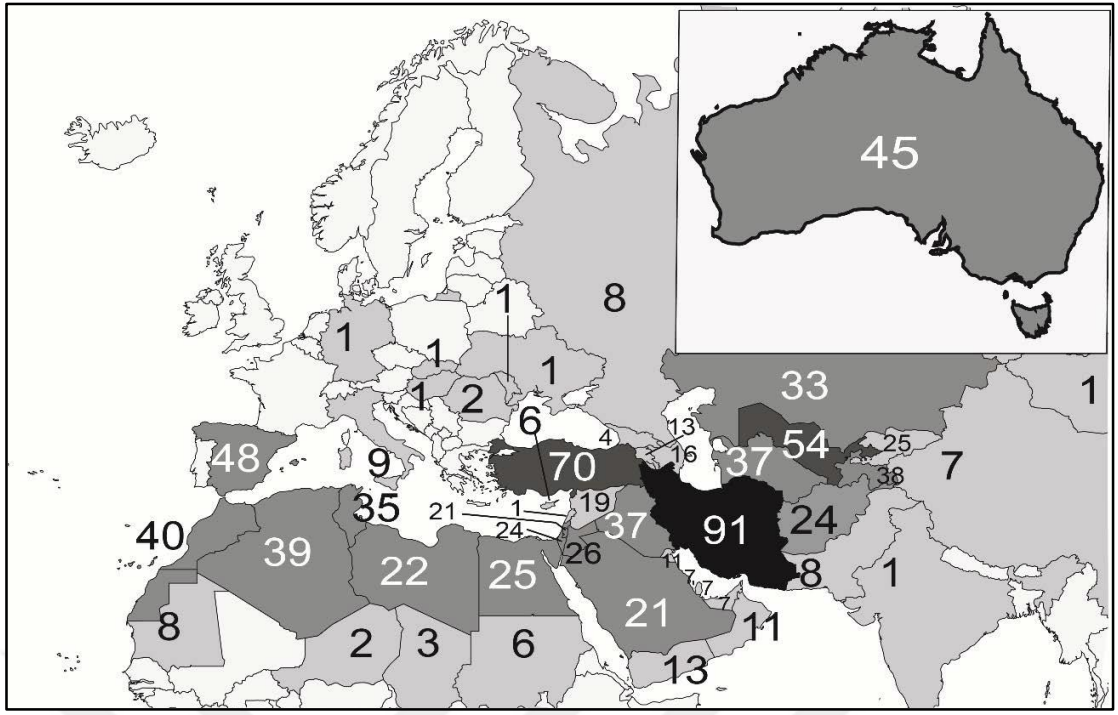
Biyolojik çeşitliliğin temel nedenlerinden birisi “edafik adalar” olarak adlandırılan ekstrem edafik koşullarda gerçekleşen uyumsal açılımlardır. Serpantin ve jips gibi bazı kayalardan gelişen topraklarda endemizmin yoğun olması “jeolojik izolasyon” ile açıklanmakta ve bu bölgeler “jeolojik ada” ya da “edafik ada” olarak adlandırılmaktadır. Ekstrem edafik koşullara genetik çözümler üretmiş olan bazı bitki türleri bu alanlarda tutunabilmektedir (Reeves vd., 1999; Rajakaruna, 2004; Kurt vd., 2013). Bu alanlarda yetişen bitkiler, izolasyon ve

habitatlarının bozulmasından etkilenerek yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır (Çaycı vd., 2018).

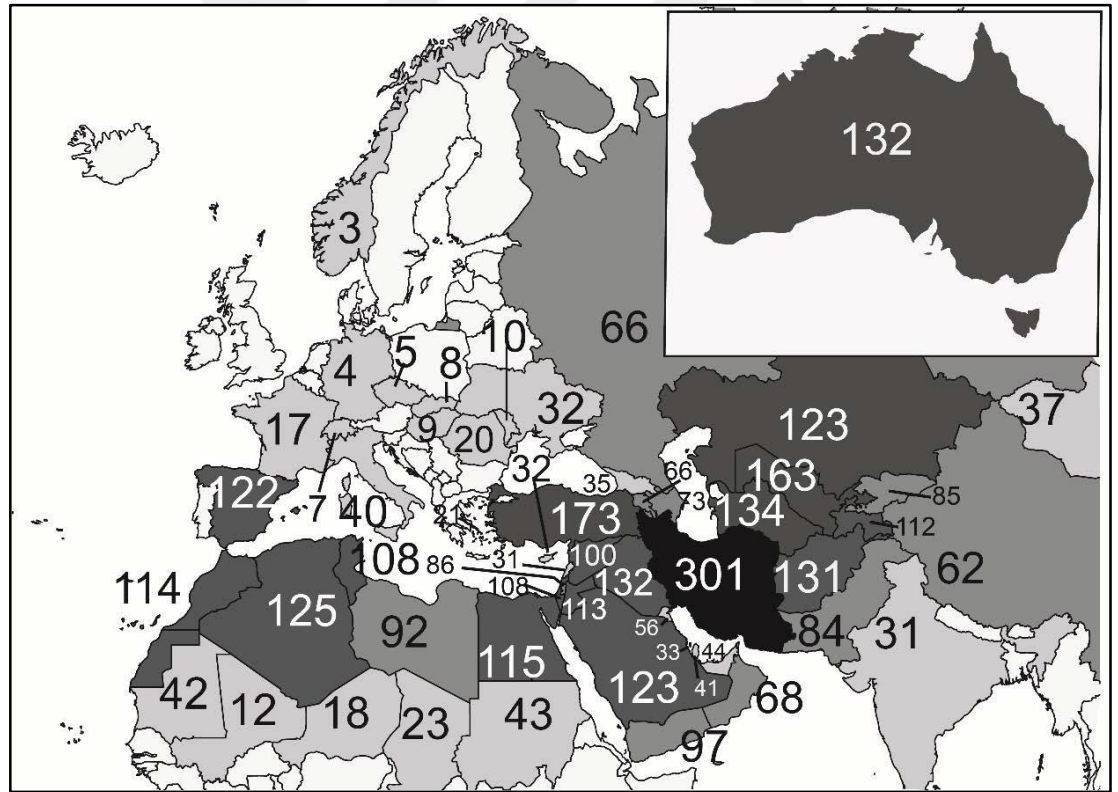
Jips, kurak ve yarı kurak iklime sahip bölge topraklarında oldukça sık rastlanan bir anakaya çeşididir. Jips, tortul ortamlarda yaygın olarak bulunur (Casby-Horton vd., 2015). Jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) esas olarak jeolojik kökenli olup, jeolojik oluşumlara ve pedogenetik veya geogenetik olaylara bağlıdır. Jips, su ihtiva eden kalsiyum sülfat ya da su ihtiva etmeyen kalsiyum sülfat anhidrit birleşiklerinden meydana gelmiştir. Jips, ayrıca asit sülfat topraklarda sülfirik asit ve CaCO_3 reaksiyonu ile de oluşabilir. Jips birikimlerine katışıksız (pür) jips halinde ender rastlanmaktadır. Birikimler, genellikle jips- CaCO_3 veya jips- toprak zerrelere karışımları halinde görülmektedirler. Jips kristallerini, doğada bazen üzerleri CaCO_3 'la kaplanmış olarak da görmek mümkündür. Jipsin sertlik derecesi 2, özgül ağırlığı 2,30 ve çözünürlüğü 25°C 'de 2,6 gr/l'dir (Çakır-Dindar ve Duman, 2020).

Jips içeriği bakımından zengin topraklar dünyada yaklaşık 100 milyon hektar alan kaplamaktadır. Dünya genelinde Güneybatı Sibirya, Doğu Suriye, Orta ve Kuzey Irak ve Güneydoğu Somali'de geniş yayılış gösteren jips içeren topraklar, ayrıca İspanya, Cezayir, Tunus, İran, Rusya, Türkiye ve Güney Avustralya'nın orta kısımlarında da yayılış göstermektedir. Türkiye'de İç Anadolu bölgesinde çok geniş alanlar kaplayan jips içeren topraklar diğer bölgelerde de adacıklar şeklinde bulunmaktadır (Özdeniz vd., 2016). Jipsli toprakların ülkemizdeki en iyi temsil edildiği bölgeler Ankara, Sivas, Çankırı, Eskişehir ve Erzincan (İliç-Kemah) çevresidir (Çakır Dindar ve Duman, 2020).

Dünyada jipse bağımlı türler dikkate alındığında, Türkiye İran'dan sonra 2. sırada gelmektedir (Pérez-García vd., 2018), (Şekil 2.2.-2.3.). Türkiye'de Kırıkkale, Edirne, Tekirdağ, Denizli, Afyonkarahisar, Eskişehir, Ankara, Çankırı, Çorum, Kayseri, Sivas, Malatya ve Erzincan jipsli toprakların yayılış gösterdiği başlıca illerdir (Şekil 2.4.).



Şekil 2.2. Dünyada zorunlu jips türlerinin ülkelere göre dağılımı (Perez-Garcia vd., 2018).



Şekil 2.3. Dünyada jipste yetişebilen türlerinin ülkelere göre dağılımı (Perez-Garcia vd., 2018).



Şekil 2.4. Jipsli toprakların Türkiye’de dağılımı (Özdeniz vd., 2016).

Jipsofit ve jipsovag bitkiler ‘‘Jipsofil’’ adını almaktadır. Sadece jips içeriği bakımından zengin topraklarda yetişen taksonlar ‘‘obligat jipsofit’’, jips içeren ve jips içermeyen diğer topraklarda yetişen taksonlar ‘‘fakültatif jipsofitler’’ olarak adlandırılmaktadır. Bazı yazarlar sadece jips içeren topraklar üzerinde yetişen bitkileri ‘‘jipsofit’’, hem jips içeren hem de jips içermeyen topraklarda yetişen bitkileri ise ‘‘jipsovag’’ olarak tanımlanmaktadır (Parsons, 1976; Özdeniz vd., 2016).

Jipsli toprakları, 112 ülkede görülen dünyanın en yaygın aşırı substratları arasında yer almaktadır. Bu tip topraklar bitki oluşumu ve büyümesini stresli hale getiren bir dizi aşırı fiziksel ve kimyasal özelliğe sahiptir. Jipsli topraklar beş kıtada bağımsız olarak evrimleşmiş, oldukça uzmanlaşmış türlere sahip zengin endemik floralara ev sahipliği yapar. Sadece jipste yetişen bitkiler jips uzmanları olarak kabul edilir ve yüksek kalsiyum, kükürt ve magnezyumu akümüle edebilirler. Bitkilerin jipsli topraklarına yönelik uzmanlaşmasının altında yatan stratejilerden birisi, hücrelerdeki yüksek Ca^{2+} konsantrasyonlarını tolere etmek ve jipsli topraklarındaki en sınırlayıcı besinlerden biri olan fosfor tükenmesini önlemek için öncelikle bir karşı anyon olarak SO_4^{2-} kullanmaktır. Jipsofitler aşırı S, Mg ve Ca elementlerini yapraklarda biriktirebilirler. Jipsovag türleri ise jipse karşı stratejisi olarak ince kökleri seviyesinde S, Mg ve Ca alımını dışlıyor gibi görünmektedir (Llinares vd., 2015; Cera vd., 2023)

Jips, 250 yılı aşkın bir süredir tarımsal topraklarda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Tisdale vd., 1993). Toprak kalitesini ve tarımsal verimliliği artırma potansiyeli ile tanınmıştır (Chen vd., 2005; Favaretto vd., 2006). Jips ilavesi tarımsal alanlarda toprak flokülasyonunu (topaklanma) teşvik ederek, su infiltrasyon (yerçekiminin etkisiyle suyun toprağın içine nüfuz etmesi) oranlarını artırarak ve yüzey sızdırmazlığını ve kabuklanmayı azaltarak topraklara (özellikle zayıf yapılı sodik veya ağır killi topraklar) fayda sağlar (Miller, 1987; Norton ve Dontsova, 1998). Toprak yüzeyine uygulanan jips, sızan suyun elektrolit konsantrasyonunu artırır, elektrik çift tabakasını sıkıştırır ve çoğu toprakta Mg ve Na üzerinde seçiciliğe sahip olduğu değişim kompleksine Ca sağlar (Dontsova ve Norton, 2002). Jips ayrıca orta derecede çözünürlüğü ve pH ayarlaması yerine kompleksleşme yoluyla toksik Al^{3+} iyonlarını uzaklaştırması nedeniyle toprak altı asitliği ile ilişkili sorunların iyileştirilmesine yardımcı olabilir (Hammel vd., 1985; Sumner, 1993; Toma vd., 1999).

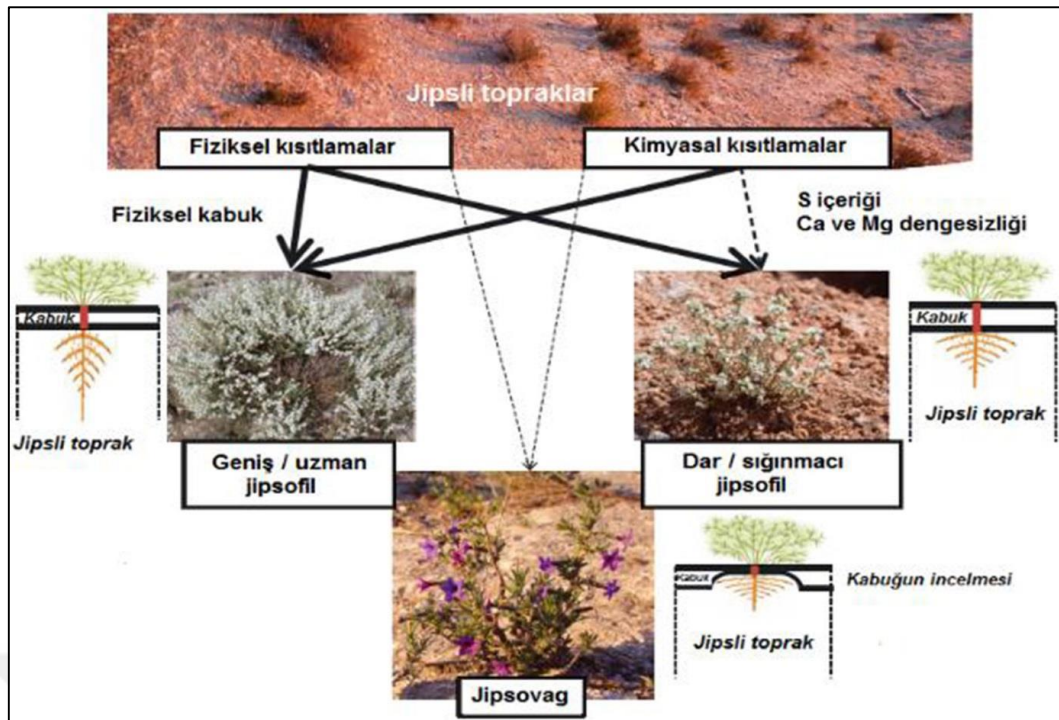
Jipsin etkisinin belirgin olduğu yerlerde, hayatta kalabilecek bitki türlerinin sayısını kısıtlayan stresli bir edafik ortam bulunur ve bu alanlarda biyolojik üretkenlik ciddi şekilde sınırlanabilir (Mota vd., 2016; Pérez-García vd., 2017). Jipsli alanların bir diğer özelliği de yalıtılmış karakterleridir. Bu nedenle, jipsli sahaların özel edafik koşullara sahip ekolojik adalar olduğu öne sürülmüştür (Merlo vd., 1998; Pérez-García vd., 2003; Romão ve Escudero, 2005; Mota vd., 2009; Mota vd., 2013; Martínez-Hernández, 2013). Yukarıda bahsedilen iki özelliğin (stresli ortam ve izole karakter) bir sonucu olarak, jipsli topraklar genellikle bitki endemizminin merkezleridir. Jipsofil taksonların varlığını belirleyen faktörlerin neler olduğunu ortaya çıkarmak önemli bir soru olmaya devam etmektedir. Verilen cevaplar iki ana gruba ayrılabilir: Toprağın kimyasal ve besinsel özelliklerini vurgulayan “kimyasal hipotez” ve “fiziksel hipotez” (Merlo vd., 1998). İkincisi, üzerinde liken ve alg örtüsünün büyüdüğü jipsin yeniden kristalleşmesinden kaynaklanan yüzeysel bir kabuğun varlığı ve toprakların su rejimi gibi fiziksel faktörlere odaklanmaktadır (Merlo vd., 1998; Moore vd., 2014, Escudero vd., 2015). Bazı araştırmacılara göre jipsofil flora, belirli bir toprak türünde rekabetçi bir şekilde yaşamaya adapte olmuş ve bunların dışında, yani daha yaygın ve geniş dağılımlı substratlarda rekabetçi yeteneklerden yoksun ‘uzman türlerden’ oluşmaktadır (Meyer, 1986). Bunun tam tersi bir model olan ‘sığınmacı’ modelinde ise jipsofitler, jipsli topraklara özel adaptasyonları olmayan ancak üzerlerindeki sert kısıtlamalardan kurtulabilen strese toleranslı türler olarak kabul edilir. Bu türler daha yaygın olan diğer topraklardan uzaklaştırılmış ve türler arası rekabetin daha az olduğu jips alanlara sığınmıştır (Gankin ve Major, 1964). Son zamanlarda bu sorunu ele almak için “dar jipsofil”/“geniş jipsofil” modeli şeklinde iki model ileri sürülmüştür (Escudero vd.,

2015; Bolukbasi vd., 2016). Bu modele göre, en yaygın dağılım gösteren jipsofitler Ca, S, N, Mg, P ve Na biriktirebilen ‘uzmanlar’ olurken, en stenokorik (dar aralıklı) jipsofitler jipsli topraklarda rekabetten kaçan strese dayanıklı türler olarak tanımlanmaktadır (Perez-Garcia vd., 2018).

Jipsli topraklara bitki adaptasyonu ile ilgili “kimyasal hipotez”, yüksek S ve Mg içeriği, makro besin yetersizliği veya yüksek su filtrasyonu gibi özelliklerin jipsofilliğin nedeni olduğunu kabul eder (Duvigneaud ve Denaeyer-De Smet, 1968; Boukhris ve Lossaint, 1975). Fiziksel hipotez ise, jipsli toprakların esneklikten yoksun ve mekanik dayanıksızlığa sahip olması nedeniyle bitki ömrünü sınırlayan esas faktör olduğunu ileri sürmüştür (Parsons, 1976). Meyer (1986)’ e göre, jipsli toprakların bitki yaşamı için sınırlandırıcı özelliğinin, toprağın kimyasal nitelikleri değil, toprak yüzeyindeki sert kabuk varlığı ve bu kabuğun kalınlığı belirler ve bu durum fiziksel hipotezi destekler. Jipsofil vejetasyonun çoğunlukla fiziksel toprak kabuğunun yaygın olarak görüldüğü kurak ve yarı kurak iklimler ile sınırlı oluşu da bu fiziksel hipotezi desteklemektedir (Şekil 2.5).

Türkiye % 0,50’lik (toplam 395000 hektar) jipsli alana sahiptir. Bu alanlar; Sivas, Erzincan, Kayseri, Malatya (Darende, Gürün) Ankara (Ayaş, Beypazarı, Polatlı, Acıkır), Eskişehir (Sivrihisar), Afyon (Emirdağ), Çankırı-Çorum arasında yaygındır. Bu alanlar dışında jipsli topraklar lokal olarak Denizli, Çanakkale Ezine ve Trakya’da yayılım göstermektedir (Çakır-Dindar ve Duman, 2020).

Çoğu jips içeren toprak organik maddece fakirdir. Toprakta jips içeriği arttıkça katyon değişim kapasitesi azalmaktadır. Katyon değişim kapasitesi genellikle toprağın organik madde içeriğine ve toprak tekstürüne bağlıdır. Ca, Mg, K gibi makro besin elementleri arasındaki ilişkide Ca konsantrasyonu yüksek olduğunda Mg ve K alınımları engellenmektedir, ayrıca bitki dokularında Ca:Mg oranı artmaktadır. Jipsli topraklarda madde alınımlarının düzensizliğine bağlı olarak ve bazı bitki besleyici elementlerinin sınırlayıcı etkisi nedeni ile kendine özgü bir bitki örtüsüne sahiptir (Özdeniz vd., 2017).

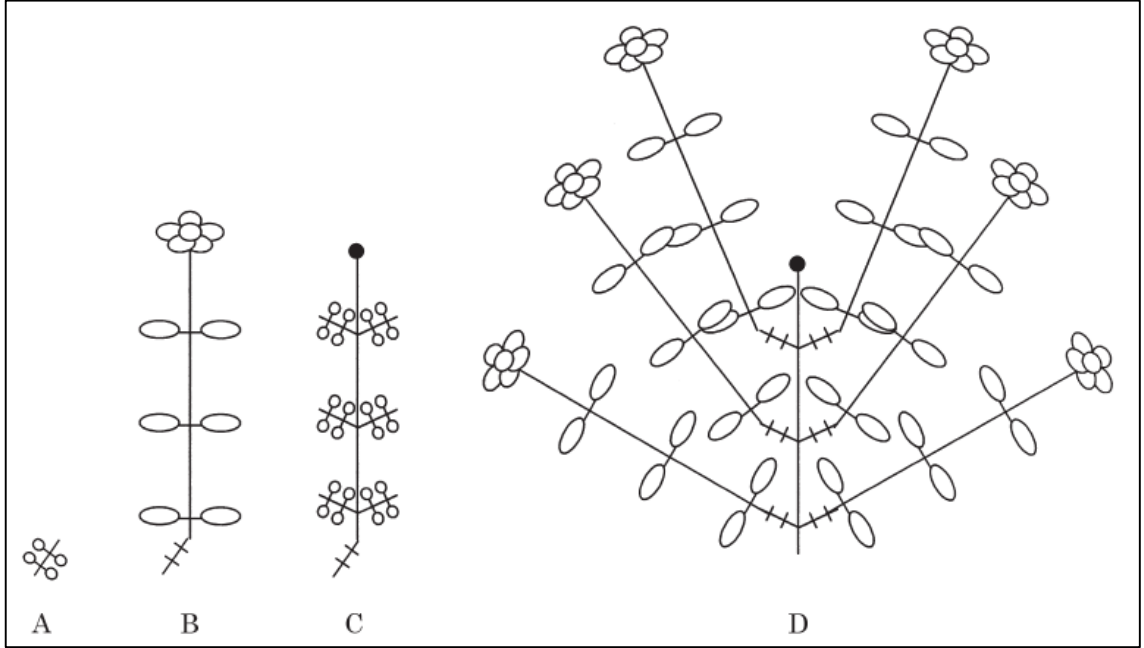


Jipse toleranslı türler sayıca çoktur ve yetiştirme ortamı (anakaya) farklılığından etkilenmeyerek jips içermeyen diğer topraklarda da yetişebilirler. Jipsofil bitkiler otsu ya da bodur çalı formundadır (Parsons, 1976). Jipsofil vejetasyonun çoğu kamefit ve otsu olup, genellikle nadir ve tehdit altındaki endemiklerdir (Özdeniz vd., 2016).

Yapılan araştırmalarda jipsli topraklarda yüksek su süzme kapasitesi nedeniyle besin ve suyun düşük miktarda tutulduğunu, bu durumun da kurak mevsimde bitkilerde su açığını artılabileceğini ileri sürmüşlerdir (Guerrero-Campo vd., 1999; Herrero ve Porta, 2000). Bunun aksine bazı araştırmacılar, yaz aylarında çevresindeki diğer toprak tiplerine göre, jipsli topraklarda daha fazla su bulunduğunu tespit etmişlerdir; bu sonuç da birçok jipsofilin geciken çiçeklenme fenolojisini açıklamaktadır (Meyer ve Garcıa-Moya, 1989; Aragon vd., 2009).

Jips, toprakta fidelerin çıkışını ve tohum gelişimini engelleyerek sert bir yüzey kabuklanmasına neden olabilir (Maestre vd., 2013). Bridges ve Burnham (1980) geniş yayıllı bitkilerin jipsli topraklara kökleriyle nüfuz etmede zorluk çektiklerini bulmuşlardır. Çünkü jipsli toprakların en belirgin fiziksel özelliklerinden biri de toprak yüzeyindeki sert kabuk varlığıdır.

Jipsofil bitkiler kuraklığa karşı adaptasyon özellikleri sergiler. Örneğin birçok jipsofil çalımı tür küçük, sert kserofitik yapraklara sahiptir ve yıl boyunca fotosentetik biyokütlesi salınımlar sergiler. Jipsofil bitkiler kurak yaz mevsimine göre yağışların bol olduğu ilkbaharda daha büyük ve üretken yapraklara sahiptir. Bu özel yaprak yapısı mevsimsel dimorfizm olarak isimlendirilir (Şekil 2.6.) ve iki farklı bitki türü gibi fizyolojik ve morfolojik görünümüne sahip olarak mevsimsel bir adaptasyon gösterir (Palacio vd., 2006; Palacio vd., 2007).



Şekil 2.6. Kurak Akdeniz ikliminde mevsimsel sürgün ve yaprak dimorfizminin gelişim şeması.

A. Kış mevsiminde indirgenmiş ve dökülmüş yapraklar taşıyan sürgün, B. ilkbaharda sürgünün aktif uç tomurcuğundan yeniden gelişen geniş yapraklı ve uzun internodlu genç sürgünler, bu uzama ilbahar sonunda duraksar ve uç tomurcuk çiçek durumuna döner, C. ilkbahar sonunda dökülmüş veya indirgenmiş yaprak dönüşümü gerçekleşir ve böylece yaz kuraklığına adapte olan gövde görünüşü ortaya çıkar, D. Uygun yağışlı mevsimde (takip eden sonbahar veya bir sonraki yılın ilkbaharı) tekrar uç tomurcuklarından yeni dolikoblastlar halinde gelişimi (Aronne ve De Micco, 2001; Çaycı vd., 2018).

Bugüne kadar Erzincan Jipslerinde bitki çeşitliliğine ilişkin yapılmış en kapsamlı çalışmada (Çakır-dindar ve Duman, 2020), en çok takson içeren familyaların Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Apiaceae, Boraginaceae, Poaceae, Rosaceae, Ranunculaceae olduğu belirlenmiştir.

Erzincan jips, serpantin ve kireçtaşında yetişen 25 bitki taksonu (Jips: yetişen *Ebenus macrophylla* Jaub and Spach., *Gypsophila lepidioides* Boiss., *Linum flavum* L., *Onobrychis nitida* Boiss., *Paracaryum stenolophum* Boiss., *Psephellus recepii* Wagenitz & Kandemir, *Tanacetum heterotomum* (Bornm.) Grierson, *Verbascum alyssifolium* Boiss.; Kireçtaşı; *Alkanna megacarpa* DC., *Alyssum sibiricum* Willd., *Anthemis* sp., *Astragalus* sp., *Chrysophthalmum montanum* (DC.) Boiss., *Ebenus laguroides* Boiss., *Genista aucheri* Boiss., *Pelargonium endlicherianum* Fenzl., *Stachys sparsipilosa* R. Bhattacharjee & Hub-Mor.) Serpantin: *Artedia squamata* L., *Consolida olopetala* (Boiss.) Hayek, *Convolvulus pseudoscammonia* C. Koch., *Erysimum pulchellum* Willd., *Fumana aciphylla* Boiss., *Gladiolus halophilus* Boiss. & Heldr., *Hypericum thymbrifolium* Boiss & Noé, *Salvia indica* L. bazı ağır metal içeriği bakımından (Ba, Cd, Co, Cr, Pb) Osma vd., (2023) tarafından incelenmiştir. İnceleme sonunda, metal içeriğinin bitki organlarında önemli farklar olduğu tespit edilmiştir. Fakat bulguların bitkiler üzerindeki etkilerine yönelik bir çalışma yapılmamıştır.

Osma ve Kandemir (2016) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise Erzincan Jips, serpantin ve kireçtaşına özgü 7 tür 17 element açısından analiz edilmiştir. Serpantinli alanlarda Mg/Ca oranı diğer alanlarda, Ca/Mg daha yüksek bulunmuştur. Bulgulara göre, serpantinli alanlarda toprakta Mg, Ni, Co, Fe ve Cr elementlerinin yüksek miktarda olmasına karşın, Ni, K ve Cr elementlerinin olması gereken değerden fazla olduğu görülmüştür. Jips içeren alanlarda Ca, Fe ve S elementlerinin toprak ve bitkilerde yüksek oranda olduğu, K ve Ca konsantrasyonlarının bitkilerde daha yüksek bulunduğu, kireçli alanlarda ise bitkilerde ve toprakta Fe'nin yüksek olduğu saptanmıştır. Element konsantrasyonları ile bitki fonksiyonel karakterleri arasında herhangi bir ilişki üzerinde durulmamıştır.

Serpantin topraklar, en az %70 ferromagnezyen veya mafik minerallerden oluşan magmatik veya metamorfik kayalar olan ultramafik kayaların aşınmasıyla oluşur (Kruckeberg, 2002). Bu topraklar, ferromagnezyen silikattan oluşan ultramafik kayalar silsilesinin ürünüdür. Daha çok antigorit, krisotil ve lizardit gibi mineral gruplarını içermektedir. Yaygın ultramafik kayalar peridotit ve bunların yerkabuğundan hidratasyonu sonucu oluşan serpantinit içeren sekonder alterasyon kökenli oluşumlardır. Dünyanın hemen her yerindeki serpantin kayalar yerkürenin üst mantosundan köken almaktadır (Özdeniz vd., 2017).

Dünya yüzeyinin %1'nden daha az bölümünü kaplayan serpantin kayalar, dünya genelinde yamalar halinde yayılım gösterir (Özdeniz vd., 2017). Serpantin kayaların Türkiye'nin de birçok

yerinde yamalı bir dağılış gösterdiği anlaşılmaktadır. Kütahya ve Balıkesir çevrelerinde, Antalya ve Muğla civarında, Hatay ve Adana civarında Amanos Dağları'nda, Doğu Toroslarda Mersin'in kuzeyi ve kuzeydoğusunda, Niğde ve Adana arasında Aladağ masifi içinde, Adana'dan-Erzincan'a kadar yüzlerce kilometrelik hat boyunca uzanır. Ayrıca Ankara ve Çanakkale çevrelerinde de lokal olarak rastlanmaktadır. Serpantinitlerin yayıldığı alanlar Türkiye'de endemizm bakımından oldukça önem taşımaktadır. Ayrıca serpantinitler maden cevheri bakımından da zengindir (Hoşgören, 2000; Özdeniz vd., 2017). Serpantin oluşumunun edafik faktörleri fiziksel, kimyasal ve biyotik bileşenleri içerecek şekilde çok yönlüdür (Brooks, 1987; Brady vd., 2005). Bu alanlar dünyada eşsiz endemik floraların yayılış gösterdiği habitatlar olarak da bilinir (Hidalgo-Triana vd., 2018).

Serpantin anakayadan gelişen topraklar zor ayrıştıkları için sığ ve taşlı topraklar oluşturmaktadır. Serpantin topraklar önemli miktarda Mg içerir ve bu durum aslında bitkilerin yetişmesi, gelişmesi açısından uygun değildir. Ni, Co, Cr gibi ağır metaller bakımından zengin olan serpantin topraklar yüksek oranda Mg ve Fe içerirken, Ca, K, P gibi bazı ana besinler açısından fakirdir (Avcı, 2005).

Whittaker (1954) serpantin topraklar için üç belirgin özellik belirlemiştir: 1- Zayıf bitki verimliliği, 2- Yüksek endemizm oranları ve 3- Komşu alanlardan farklı bitki örtüsü tipleri. Bu özelliklere dayanarak Whittaker serpantini bitkiler açısından sorununu üç grupta toplamıştır: edafik, bitki türü düzeyinde tepki (autecology) ve bitki topluluğu düzeyinde etki (sinekology). Serpantinde edafik faktör çok yönlüdür ve bu faktörler kimyasal, fiziksel ve biyotik bileşenleri içerir. Bitki yaşamı üzerindeki en etkili faktörün kimyasal olduğu iddia edilmektedir (Kruckeberg, 1985). Serpantin toprakları, çevredeki alanlara göre önemli ölçüde daha düşük konsantrasyonlarda Ca ile düşük kalsiyum-magnezyum oranları ile karakterize edilir. Ayrıca çoğu bitki için toksik olan demir, nikel, krom ve kobalt gibi ağır metallerin yüksek seviyelerini sıklıkla içerir. Serpantin toprakları genellikle azot, potasyum ve fosfor gibi temel bitki besin maddelerinde eksiktir (Walker, 1954; Brady vd., 2015).

Serpantin topraklarının fiziksel koşulları da birçok bitki için elverişsizdir. Serpantin çıkıntıları genellikle dik ve nispeten kayalıktır. Bu da onları erozyona karşı özellikle savunmasız hale getirir ve bu durum sığ topraklarla sonuçlanır. Serpantin topraklardaki silt ve kil içerikleri genellikle minimumdur. Bu faktörler bir araya geldiğinde, çok az nem ve düşük besin seviyeleri olan bir ortam ortaya çıkar (Kruckeberg, 2002; Walker, 1954). Bu nedenle, bu alanlarda

yaşayan bitkiler genellikle kuraklığa ve serpantin kimyasal özelliklerine de dayanmalıdır (Brady vd., 2015).

Biyolojik olarak, serpantin alanlar sıklıkla çevredeki bölgelere kıyasla fakir bir floraya ev sahipliği yapar. Seyrek bitki örtüsü ayrıca erozyonu teşvik eder ve yüksek toprak sıcaklıklarını destekler (Kruckeberg, 2002). Bu faktörlerin her biri bitki yaşamı için ek bir stres oluşturur (Brady vd., 2015).

Serpantin alanları, genellikle çok sayıda endemik türün varlığıyla tanımlanır (Jenny, 1980). Serpantin topraklardaki endemizm bakımından zengin bitki çeşitliliği dünyanın pek çok yerinde botanikçilerin ilgisini çekmiştir (Rajakaruna ve Baker, 2004). Yapılan çalışmalar, serpantin toleranslı türlerin serpantin olmayan ortamlarda rekabet edememeleri nedeniyle serpantin topraklarıyla sınırlı olduğunu göstermiştir (Kruckeberg, 1950, 1954). Bu, serpantin toleransına doğru evrimsel süreçlerde, genetik uyumu da beraberinde getirmiştir. Bu nedenle, serpantinlere dayanıklı türler genellikle serpantin bölgelerine özgüdür (Brady vd., 2015).

Serpantin topraklarına adapte olmuş bitki türleri genellikle serpantin alanlarına adapte olmamış yakın akraba türlerden biraz farklı morfolojilere sahiptir. Serpantine dayanıklı türlerin karakteristik birkaç morfolojik özelliği vardır. Birincisi, genellikle yaprak boyutunun küçülmesi ve sertleşmesi, yaprak pozisyonunun güneşe az çok paralel olması ve internodların kısalması şeklinde olmaktadır. İkincisi, serpantine dayanıklı bitkilerin boyu, serpantin olmayan topraklardaki benzerlerine göre önemli ölçüde küçülmüştür. Son olarak, serpantin alanlarında ve dışında büyüyen türlerin kök sistemleri genellikle serpantin topraklarında komşu topraklara göre daha fazla gelişmiştir (Pichi-Sermolli, 1948; Rune, 1953; Brady vd., 2015). Serpantin topraklarda yetişen bitkiler genellikle morfolojik ve fizyolojik olarak bu aşırı edafik ortamın fiziksel ve kimyasal özellikleriyle başa çıkmaya adapte olmuşlardır. Sıklıkla cüce ve kseromorfiktirler. Güçlü sklerenkimatik gelişim gösterirler ve genişlemiş kök sistemlerine sahiptirler (Kruckeberg, 1984). Bu gözlemler, bitkilerin belki de bu habitatlarda yaygın olan hem su stresi hem de besin stresiyle başa çıkmak için iyi donanımlı olduklarını göstermektedir. Serpantin topraklarda yetişen bitkilerin önemli bir özelliği, başta Ni olmak üzere toksik seviyelerdeki ağır metalleri tolere etme ve hatta hiperakümüle etme kapasiteleridir (Reeves, 2003). Bu ortamlarda bulunan bitkiler, yüksek metal konsantrasyonlarını tolere etmek için hem dış hem de iç mekanizmalara sahiptir. Metal iyonlarının aşırı alımından kaçınarak, boşaltım

mekanizmalarını ve depolama aygıtları geliştirerek, metale toleranslı bitkiler çoğu bitki için toksik olan topraklarda hayatta kalabilmektedir (Rajakaruna ve Baker, 2004).

Düşük besin durumu, kation dengesizlikleri ve yüksek metal konsantrasyonlarının yanı sıra yüksek sıcaklık etkileri, nem stresi, toprak dengesizliği ve bunların sonucunda ortaya çıkan biyotik koşullar, serpantin habitatlarında bitki büyümesini ve hayatta kalmasını sınırlamaktadır (Tadros, 1957; Proctor ve Woodell, 1975; Arianoutsou vd., 1993).

Serpantinli topraklar düşük Ca/Mg oranı ile karakterize edilmektedir. Bu alanlarda Ca konsantrasyonu, civardaki diğer alanlara kıyasla çok düşüktür. Serpantinli topraklar aynı zamanda Fe, Ni, Cr, Co gibi birçok bitkiye toksik etki yaratan ve kimi zaman bitki büyümesini sınırlandıran ağır metalleri yüksek miktarda içermektedir. Ayrıca serpantinli topraklar bitkiler için elzem olan N, P, K gibi temel bitki besin maddeleri açısından fakirdir. Bu durum bitkiler açısından olumsuzluk yaratmaktadır (Özdeniz vd., 2017).

Kireçtaşı, bütün sedimanter kayaçların %10 kadarını oluşturur. En yaygın kimyasal sedimanter kayaçtır. Başlıca kalsit (CaCO_3) minerallerinden ibarettir ve hem inorganik hem de biyokimyasal yolla olabilir. Kökenleri farklı olsa da bütün kireçtaşlarının bileşimi birbirine benzer. Bunlar içinde en yaygın bulunanı biyokimyasal yolla denizlerde çökelmiş olanıdır (Ocakoglu, 2014). Türkiye’de karstik şekiller; kalkerin yaygın olduğu Orta ve Batı Toroslarda, bilhassa Teke yarımadası, Göller Yöresi ve Taşeli Platosu’nda, İç Anadolu’nun güneyinde, Güneydoğu Anadolu ve Türkiye’nin diğer bölgelerinde de yerel olarak görülmektedir.

Kireçli topraklar; bitki büyümesiyle ilgili toprak özellikleri, toprak-su ilişkileri, toprak kabuğu ve besin bulunabilirliğini belirgin şekilde etkileyecek miktarda kalsiyum karbonat içeren topraklar olarak tanımlanır (Taalab vd., 2019). Kireçli topraklar, dünya yüzeyinin %30’undan fazlasını kaplar ve CaCO_3 içerikleri birkaç yüzde ile %95 arasında değişir. Kireçli topraklar, nispeten düşük sızıntı nedeniyle kurak ve yarı kurak bölgelerde doğal olarak oluşur (Sakin, 2024).

Çoğunlukla CaCO_3 içeren topraklarda yetişen bitkiler “Kalsikol” (Calsicol) bitkiler, bu tip topraklarda yetişmeyen ve daha geniş toprak asiditesine uyum sağlamış bitkiler ise “Kalsifuge” (Calcifuge) türler olarak bilinir. Kireçli topraklarda Fe ve P yeterince çözünmediği için kalsifuge bitkiler bu ortamlarda bulunamaz (Zohlen ve Tyler, 2000).

Kireçtaşı substratlar üzerindeki topraklar incedir, sadece 10 ila 20 cm derinliğindedir ve besin maddeleri (humus) bakımından fakirdir. Büyük ölçüde kalsiyum karbonattan (CaCO_3), bazen de magnezyum karbonattan oluşurlar. Bunlar daha yüksek oranda çözünebilir tuzlar ve nütürlükleri ve hatta alkaliniteler ($\text{pH} = 8,5$ 'e kadar) ile karakterize edilirler. Kuvvetli bazik topraklarda ($\text{pH} 8$ ve üzeri), kalsiyum karbonat organik partiküllerin etrafında çökeler, mikro organizmaların aktivitesini engeller, humus oluşumunu ve mineralizasyonunu engeller, azot, demir ve fosforun kullanılabilirliğini azaltır (Barth, 2020).

Sert kireçtaşı ana kayası toprak organizmaları tarafından üretilen asitlere karşı o kadar dirençlidir ki, toprak daha az veya çok az kalsiyum içerir ve asidofilik türlerin orada yerleşmesine izin verir. (Barth, 2020). Kireçtaşı güneş ışığını güçlü bir şekilde yansıtır. Gelen güneş radyasyonunun yansıyan kısmı kireçtaşının yapısına bağlıdır. Beyaz kireçtaşı gelen radyasyonu neredeyse tamamen yansıtır. Bu tür topraklarda bitki hem gelen hem de yansıyan radyasyona maruz kalır, öyle ki yaz aylarında toprak seviyesinden yaklaşık 15 cm yükseklikte sıcaklık 50 ila 60°C'ye ulaşabilir (Barth, 2020). Bu nedenle kalkerli substratlar üzerindeki bitkiler kuraklık, sıcaklık ve besin fakirliği ile başa çıkmak zorundadır. Bu faktörler bitki gelişimini azaltır ve biyokütle üretimini sınırlar. Çoğunlukla tek yıllık bitkiler, geofitler veya çalılardan oluşan çeşitli bir bitki örtüsünü teşvik ederler (Barth, 2020).

Dünya nüfusunun %25'inin karbonat kayaçların kapladığı alanlarda yaşadığı tahmin edilmektedir (Zokaides, 1997). Türkiye'nin asıl karstik alanlarını kireçtaşı arazileri oluşturmakta ve karstik sahalar Türkiye'nin yaklaşık 1/4'ünü kaplamaktadır (Atalay, 1998). Karstik alanlar önemli yer altı su kaynaklarda barındıran alanlardır. Özellikle kurak geçen zamanlarda karstik alanlarda depolanan suların önemi daha da artmaktadır. Karstik alanlardaki yeraltı sularından beslenen kaynakların kurak dönemlerde dahi su bulunmaktadır. Karstik sahalarda topraklaşma sadece yüzeyde değil, aynı zamanda bu çatlak sistemlerinde meydana gelmektedir. Dolayısıyla karstik alanlarda yüzeyde toprak sığ ve taşlı topraklar olduğu halde çatlak sistemi içerisinde ise bitkilerin yetişmesine imkân veren, yeterli su ve besin maddesi depolayabilen topraklar bulunmaktadır (Vermez vd., 2018).

Kireçtaşı ekosistemleri dünya genelinde hassas durumdadır (Ren, 2005). Kireçtaşı ekosistemlerinin temel özellikleri arasında altta yatan kireçtaşından son derece yavaş toprak oluşumu, zayıf su tutma ve yüksek frekanslı kuraklık mikro iklimleri bulunmaktadır. Bu

özelliklerin hepsi bitki fidelerinin büyümesi üzerinde sınırlayıcı faktörlerdir (Liu vd., 2010). Kireçtaşı bölgelerinde, bitkiler genellikle yağışlı mevsimlerde bile sık sık kuraklık olaylarından muzdariptir. Bunun nedeni, yüksek buharlaşma oranlarıyla birlikte sıg ve oldukça gözenekli kireçtaşı topraklarıdır. Çalışmalar, mevcut toprak suyunun, toprağın tarla kapasitesini aşan şiddetli yağışları takip eden 7-14 gün boyunca bitki terleme ihtiyaçları için yeterli olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, ağaç türleri savunmasız olabilir ve kireçtaşı bölgelerinin kurak ortamlarında hayatta kalmaları tehdit altında olabilir (Rong vd., 2012). Bu nedenle kireçtaşı ekosistemindeki birçok bitki taksonunun endemik olması şaşırtıcı değildir (Wu vd., 2018).

Son zamanlarda yapılan çalışmalar, kireçtaşı bölgelerinde hayatta kalan bitki türlerinin fizyolojik, morfolojik ve yapısal özelliklerine odaklanarak kuraklık stresine karşı uyum mekanizmalarını araştırmaktadır. Kireçtaşı bölgelerindeki kuraklığa dayanıklı damarlı bitkiler genellikle uyum sağlamak için aşağıdaki ekolojik mekanizmalara dayanır: (1) yüksek su kullanım verimliliği; (2) yüksek fizyolojik ve biyokimyasal performans (örn. antioksidan enzimler ve ozmotik ayarlamalar); (3) yüksek fotosentetik performans (örneğin, maksimum net fotosentetik verimlilik ve etkili termal dağılım); ve (4) yaprak anatomik yapısında değişim (Wu vd., 2018).

Kalsiyum açısından zengin (genellikle kireçli) topraklar, hızlı nitrifikasyon oranları (bitki tarafından alınabilen N'nin baskın formu NO_3) ve Fe, Mn, Zn, Cu ve B'nin düşük çözünürlüğü ve bitkinin K alımını bozabilen veya P duyarlılığını (Hayes vd., 2019) artırabilen yüksek Ca^+ konsantrasyonu ile karakterize edilir (Cross ve Lambers, 2021). Fosfatın çözündürülmesi ve kullanılabilir hale getirilmesindeki yetersizlik, kireçtaşı topraklarından kireçtaşı vasküler bitkilerinin dışlanmasında önemli bir faktör olarak gösterilmiştir. Hem toplam inorganik hem de organik fosfor, kireçtaşı ve silikat üst topraklarında benzer miktarlarda bulunabilir, ancak kireçtaşı topraklarındaki değiştirilebilir fosfat genellikle $< 0.01 \text{ } \mu\text{mol g}^{-1}$ iken, çoğu silikat toprağındaki $0.10\text{-}1.0 \text{ } \mu\text{mol g}^{-1}$ 'dir. Kireçli topraklardaki doğal inorganik fosfor, çoğunlukla çözünmeyen apatit benzeri kalsiyum fosfat olarak bulunur. Bazı düşük moleküllü organik asitler, özellikle oksalik asit, önemli miktarda kalsiyum fosfatı çözündürebilir. Son zamanlarda, kalsifüj ve kalsikol davranışında rol oynayan mekanizmalar olarak oldukça farklı organik asit eksüdasyon desenleri ve oranlarına dair kanıtlar çok sayıda bitki ile gösterilmiştir (Tyler, 1996).

Kireçli topraklarda, çözünebilir ve değiştirilebilir Fe konsantrasyonları, yeterli bitki büyümesi için gerekenden çok daha düşüktür ve bitkiler diğer Fe formlarını da kullanılabilir hale getirmek

için çeşitli mekanizmalar geliştirmiştir. Topraktaki Fe'nin çoğu ferrik formdadır ancak Poaceae hariç dikotiledonlar ve monokotiller Fe^{+2} alır ve bu nedenle alımdan önce Fe^{+3} 'ü indirgemek zorundadır. Bitkide Fe, Fe^{+3} 'e oksitlenir ve esas olarak sitrat veya malat olarak taşınır ve bitkideki Fe'nin çoğu Fe^{+3} formundadır (Zohlen ve Tyler, 2000).

Kireçli toprakların florası, Akdeniz iklimine özgü baz açısından zengin, kuru topraklarda evrimleşmelerinin bir sonucu olarak kabul edilir (Chytrý vd., 2010). Buna karşılık, jips topraklarının florası, bitkilerin yüksek Ca ve S mevcudiyetini tolere etme yeteneğiyle ilişkili görünmektedir (Mota vd., 2016). Kalsikol türlerinin özel adaptasyonları genellikle endemizmle ilişkilidir. Kalsiyum alımını ve sürgüne taşınmasını kısıtlayan veya belirli sürgün dokularında Ca biriktiren kalsikol florasının oranı şu anda bilinmemektedir. Ancak, doku besinsel Ca gereksiniminin ve Ca toksisitesi üreten minimal Ca konsantrasyonunun kalsikol türlerinde genellikle kalsifuge türlerinden daha fazla olduğu ve jips substratlarında büyüyen bitkilerin genellikle $CaSO_4$ 'ü biyomineralize ettiği gözlemlenmiştir (Lux vd., 2021).

Kireçli toprakların bitki yetiştirmek için uygun olup olmadığı, topraktaki kireç miktarına ve bitki türüne bağlıdır. Bazı bitkiler kireçli topraklarda iyi büyürken, bazıları için bu toprak tipi uygun değildir. Örneğin patates, soğan ve bazı sebzeler kireçli topraklarda iyi yetişebilirken, bu toprak tipi çiçekler için uygun olmayabilir. Kireçli toprakların bitki yetiştirmek için uygun olup olmadığını anlamak için, toprakta bulunan kireç miktarını ölçmek ve bitki türlerinin kireçli topraklarda yetiştirme koşullarını araştırmak gerekir. Bu bilgilere dayanarak, topraktaki kireç miktarı düzenlenebilir ve bitkiler iyi büyüebilir. Kireçli toprakların bitki yetiştirmek için uygun olmadığı durumlarda, topraktaki kireç miktarını azaltmak için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bunlara, toprağı azot ve fosfor gibi besin maddeleriyle beslemek, toprağı kompost veya organik maddeyle zenginleştirmek ve toprağın pH'sını düzenlemek için toprak düzenleyicileri kullanmak dahildir. Yaban mersini ve açelya gibi asidik toprakları tercih eden bitkiler kireçli topraklarda iyi yetişmezken, zeytin, fıstık ve incir gibi yüksek pH ve yüksek alkaliniteye toleranslı bitkiler bu topraklara oldukça uygundur. Birçok bitki pH seviyesi 7.0'ın altında olan asidik toprakları tercih eder (Sakin, 2024).

3. YÖNTEM

3.1. Arazi Çalışması

Arazi çalışmasına 2021-2023 yılları arasında Mayıs-Temmuz aylarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sırasında anakayalara ait alanların ve bitkilerin fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 3.1.-3.4.). Saha çalışmalarında her üç anakaya için 3'er farklı sahada gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.1). Bazen bu sahaların dışında ilgili anakayayı temsil edeceği düşünülen bitki taksonuna rastlandığında da veri toplanmıştır. Çalışmalarda bu alanlara özelleşmiş ve başka toprak çeşitlerinde yaşamayan yaygın türler çalışmaya dahil edilmiştir.

Tablo 3.1. Arazi çalışmasının yapıldığı lokaliteler

Lokalite	Anakaya	Koordinat (UTM)	Rakım (m)
Erzincan-Sakaltutan Geçidi arası	Serpantin	37 S 527481 D, 4410811 K	1483
Kemaliye, Salihli Köyü çevresi (Şekil 3.1)	Serpantin	37 S 454721 D, 4355664 K	1531
Kemah, Eriç ve Yücebelen köyleri çevresi	Serpantin	37 S 490450 D, 4373878 K	1331
Kemah, Yahşılar Köy güzergahı (Şekil 3.2)	Jips	37 S 484905 D, 4380393 K	1317
Kemah, Şahintepe Köyü çevresi	Jips	37 S 479329 D, 4374759 K	1181
İliç, Hasanova ve Boyalık köyleri çevresi (Şekil 3.3)	Jips	37 S 466825 D, 4379657 K	1149
Kemah, Acemoğlu Kanyonu çevresi	Kireçtaşı	37 S 514270 D, 4384686 K	1108
Kemaliye, Kanyon çevresi (Şekil 3.4)	Kireçtaşı	37 S 455921 D, 4344809 K	1000
İliç, Bağıştaş Köyü çevresi	Kireçtaşı	37 S 453384 D, 4364323 K	1156

İlde her üç anakaya daha farklı rakımlarda da bulunabilmektedir. Yüksekliğin, özellikle de iklimsel parametrelerin neden olabilecek bitki özelliklerindeki farklılıkları minimize etmek için her üç anakayada çalışma sahalarının rakımlarının benzer seviyelerde olmasına özellikle dikkat edilmiştir.



Şekil 3.1. Serpantin alanlardan bir görünüm (Kemaliye, Salihli Köyü çevresi).



Şekil 3.2. Jipsli alanlardan bir görünüm (Kemah, Yahşılar Köy yolu)



Şekil 3.3. Jipsli alanlardan bir görünüm (İliç, Hasanova Köyü çevresi)



Şekil 3.4. Kireçtaşı alanlardan bir görünüm (Kemaliye çevresi).

Arazi çalışması sırasında her tür için veri toplama aracı olarak hazırlanan formlara (Tablo 3.2.) veriler kaydedildi. Formların hazırlanmasında, Perez-Harguindeguy vd., (2013) ile Tavşanoğlu ve Pausas (2018) tarafından önerilen bitki karakterlerinden çalışma alanında uygulanma imkânı

olanlardan yararlanıldı. Ortalama bitki boyu, ta çapı, gövde sayısı, bir gövdedeki iek sayısı, yaprak en-boy oranları en az 15 birey üzerinde ölçülerek not alındı. Daha sonra bu ölçümler kategorik verilere dönüştürüldü. Meyve ve tohum yüzeyine ilişkin gözle görülebilen yapılar (kanat, tüy, buruşukluk vb.) kaydedildi. Alanda otsu bitkilerin dışında aa ve çalıların varlığı ve bitki örtüşü gözlem formuna işlendi. Arazi çalışmasında türlerin tamamı tanınıyor olmasına karşın, teşhis amaçlı iekli ve meyveli örneklerden herbaryum materyali alındı. Ayrıca yaş-kuru yaprak ağırlığı, özel yaprak alanı büyüklüğü ve gövde hacimlerini hesaplamak üzere 15 bireyden alınan örnekler plastik torbalara yerleştirildi. Kireçtaşı ve bazı serpantin alanlarda anakayanın fiziksel zorluğundan dolayı köklerin tamamına ulaşmak mümkün olmadığından mineral analizleri için sağlıklı bireylerin sürgün kısımları toplandı. Çalışmaya konu edilen türlerin birbirine yakın ve homojen toprak özelliği gösteren sahalardan toprak analizi için yüzeyin 15 cm lik kısım uzaklaştırılarak 15-25 cm derinliğinde aralarında en az 5 m olacak şekilde 7 farklı yerden toprak rneği alınarak birbirine karıştırılarak plastik poşetlerde laboratuvara getirildi. Kireçtaşı anakayadan toprak örnekleri almada sorunlarla karşılaşılmıştır. Bitkinin kökü ile temas eden derinlikten ufalanmış ve muhtemelen taşınım ile çatlaklara dolmuş materyaller örnekler toplanabilmiştir.

Tablo 3.2. Arazi Veri Toplama Formu

Tarih											
Lokalite											
Tr											
Bitki boyu (cm) (15 birey)	1: 11:	2: 12:	3: 13:	4: 14:	5: 15:	6:	7:	8:	9:	10:	
Bitki ta izdüşümü (cm) (15 birey)	1: 11:	2: 12:	3: 13:	4: 14:	5: 15:	6:	7:	8:	9:	10:	
Yaşam süresi	() biryıllık		() ikiyıllık		() okyıllık						
Bitki görünüşü	() otsu		() tabanı odunsulaşmış otsu		() alı						
Kümelilik	() tek tek		() demetsi		() kmemsi		() yaştıksı				
Toprak altı yapı	() kazık		() saçak		() Diğer						
Ortalama gövde sayısı	() 1-2		() 3-5		() 6-10		() 11-20		() 21 den fazla		
Dallanma blėesi	() dallanma yok		() altlardan		() ortadan		() şten		() her blėeden		
Gövde duruşu	() yatık		() yükselici		() tırmanıcı		() dik				
Tabanda yaprak veya tüy kalıntısının varlığı	() yok		() var								
Dikenlilik	() dikensiz		() dikenli								
Gövde tüylülüğü	() tüysüz		() tyszce		() belirgin tüylü						
Yaprak tüylülüğü	() tüysüz		() sadece ř yüzü tüylü		() sadece alt yüzü tüylü		() her iki yüzde belirgin tüylü				
Bitkide salgı tüylerin varlığı (labda stereo mikroskop altında)	() salgı tüylü		() salgı tüysüz								

Tablo 3.2. (Devamı)

Yaprak kenarı	() düz	() düzenli dişli	() düzensiz dişli	() dalgalı
Yaprak ayası	() bütün	() hafif parçalı	() parçalı	() yaprakçıklara bölünmüş
Yaprak en x boy oranı (15 bireyde gövde yaprağı)	() eni boyuna eşit	() boyu eninin 2 katına kadar	() boyu eninin 2-4 katı	() boyu eninin 5 katından fazla
Yaprak hakim rengi	() yeşil	() gri		
Yaprak dizilişi	() almalı	() karşılıklı		
Yaprak dağılımı	() yapraksız	() tabanda yoğun	() gövdede yoğun	() eşit dağılımlı
Yaprak sapı	() sapsız veya çok kısa saplı	() belirgin saplı		
Bir gövdedeki ortalama çiçek sayısı (15 birey)	1: 11:	2: 12:	3: 13:	4: 14: 5: 15: 6: 7: 8: 9: 10:
Çiçek simetrisi	() zigomorf	() bilateral	() aktinomorf	
Çiçek rengi	yeşil	beyaz	sarı	kırmızı-pembe mavi-mor
Sepal	() yok	() bitişik	() serbest	
Petal	() yok	() bitişik	() serbest	
Ovaryum durumu	() üst durumlu	() alt durumlu	() orta durumlu	
Meyve tipi	Türkiye Florasından alınmıştır			
Meyve boyu (mm)	Türkiye Florasından alınmıştır			
Meyve eni (mm)	Türkiye Florasından alınmıştır			
Tohum yüzeyinde tüylülük	() tüysüz	() tüylü	gözlem ve türkiye florasından alınmıştır	
Tohum yüzeyinde buruşukluk	() düz	() buruşuk	gözlem ve türkiye florasından alınmıştır	
Tohumda kanatlılık	() kanatsız	() kanatlı	gözlem ve türkiye florasından alınmıştır	
Bitki örtüsü veya diğer gözlemler				
Analiz İçin Materyal				
Özel yaprak alanı için örnek (farklı bireylerden 15 yaprak)	() alındı	() alınmadı		
Yaprak kuru madde ağırlığı için örnek (farklı bireylerden 15 yaprak)	() alındı	() alınmadı		
Gövde yoğunluğu için örnek (farklı bireylerden 15 gövde kesiti)	() alındı	() alınmadı		
Elementer bitki analizi için örnek	() alındı	() alınmadı		
Toprak	() alındı	() alınmadı		
Herbaryum örneği	() alındı	() alınmadı		

Toprak örnekleri, çalışma alanlarından (jips, serpantim ve kireçtaşı) bölgeyi temsil etmesi için 8-10 farklı noktadan alındı. Alanlardan alınan örnekler toprak yüzeyinde bulunan döküntü tabakası temizlendikten sonra en az 10 cm'lik tabandan çapa kullanılarak 500 g olacak şekilde etiketlenerek (anakaya, örneklerin alındığı yer, tarih) poşetlere alındı ve tüm bilgiler arazi defterine not edildi (Osma vd., 2023).

3.2. Laboratuvar Çalışması

Araziden alınan bitki örnekleri bitki içeriği, hacmi, ağırlığı vs. kayba uğramaması için aynı gün tasnif edildi (Şekil 3.5). Yapılacak deney prosedürlerine göre kapalı poşetlere konularak vakumlandı ve -18 °C derin dondurucularda muhafaza edildi. Ayrıca elementer analiz (ICP-MS) gibi hava kurusuna ihtiyaç duyulan deneyler için bitki örnekleri laboratuvarında serildi ve belirli periyotlarla bitkiler alt üst edilerek kurutulma işlemi gerçekleştirildi.



Şekil 3.5. A. Çalışma alanından getirilen bitki örnekleri. B. Fonksiyonel karakter analizi için hasat edilen bitki örnekleri

3.2.1. Genel Fonksiyonel Karakterler

Ölçülen ve belirlenen tüm karakterler, Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki Akdeniz bölgelerindeki bitki fonksiyonel tiplerini belirlemeye yönelik çalışmada olduğu gibi (Elmas ve Kutbay, 2015) kategorik karakterlere dönüştürüldü. Bu karakterler, açıklamaları ve kategorik değerleri Tablo 3.3'de verildi.

Bitkilerde salgı tüylerinin valığı stereo mikroskop altında incelenerek kayıt altına alındı. Meyve tipleri ve ovaryum karakterleri için arazi gözlemleri yanında Türkiye Florasından (Davis, 1965-1985; Davis vd., 1988) yararlanıldı.

Tablo 3.3. Genel Fonksiyonel karakterler, açıklamaları ve katagorik değerleri

Karakter No	Karakter					
1.	Ortalama bitki boyu	10 cm den kısa:1	11-20 cm: 2	21-30 cm:3	31-50 cm:4	50 cm'den uzun:5
2.	Yaşam süresi	bir yıllık: 1	iki yıllık: 2	çok yıllık: 3		
3.	Bitki görünüşü	otsu:1	tabanı odunsulaşmış otsu:2	çalı:3		
4.	Kümelilik	tek tek:1	demetsi:2	kümemsi:3	yastıksı:4	
5.	Bitki boyu x taç izdüşümü	Eşit veya az:1	boyu izdüşümünün 2 katına kadar:2	boyu izdüşümünün 2 katından fazla: 3		
6.	Toprak altı yapı	kazık:1	saçak:2	tuber:3		
7.	Ortalama gövde sayısı	1-2:1	3-5:2	6-10:3	11-20:4	21 den fazla:5
8.	Dallanma bölgesi					
9.	Gövde duruşu	yatık:1	yükselici:2	tırmanıcı:3	dik:4	
10.	Tabanda yaprak veya tüy kalıntısının varlığı	yok:1	var:2			
11.	Dikenlilik	dikensiz:1	dikenli:2			
12.	Gövde tüylülüğü	tüysüz:1	tüysüzce:2	belirgin tüylü:3		
13.	Yaprak tüylülüğü	tüysüz:1	sadece üst yüzü tüylü:2	sadece alt yüzü tüylü:3	her iki yüzde belirgin tüylü:4	
14.	Bitkide salgı tüylerin varlığı	salgı tüylü:1	salgı tüysüz:2			
15.	Yaprak kenarı	düz:1	düzenli dişli:2	düzensiz dişli:3	dalgalı:4	
16.	Yaprak ayası	bütün:1	hafif parçalı:2	belirgin parçalı: 3	yaprakçıklara bölünmüş:4	
17.	Yaprak boy x en oranı	eni boyuna eşit:1	boyu eninin 2 katına kadar:2	boyu eninin 2-4 katı:3	boyu eninin 5 katından fazla:4	
18.	Yaprak hakim rengi	yeşil:1	gri:2			
19.	Yaprak dizilişi	almaşlı:1	karşılıklı:2			
20.	Yaprak dağılımı	yapraksız:1	tabanda yoğun:2	gövdede yoğun:3	eşit dağılımlı:4	
21.	Yaprak sapı	sapsız veya çok kısa saplı:1	belirgin saplı:2			
22.	Bir gövdedeki ortalama çiçek sayısı	10 dan az:1	11-20:2	21-30:3	31-50:4	50 den fazla:5
23.	Çiçek simetrisi	zigomorf :1	bileteral:2	aktinomorf:3		
24.	Çiçek rengi	yeşil:1	beyaz:2	sarı:3	kırmızı-pembe:4	mavi-mor:5
25.	Sepal	yok:1	bitişik:2	serbest:3		
26.	Petal	yok:1	bitişik:2	serbest:3		

Tablo 3.3. (Devamı)

27.	Ovaryum durumu	üst durumlu:1	alt durumlu:2	orta durumlu:3
28.	Meyve tipi	etli meyve:1	açılan kuru meyve:2	açılmayan kuru meyve:3
29.	Meyve boy x en oranı	Boyu enine eşit veya daha az:1	Boyu eninin 2 katına kadar:2	Boyu eninin 2 katından fazla:3
30.	Tohum yüzeyinde tüylülük	Tüysüz:1	Tüylü:2	
31.	Tohum yüzeyinde buruşukluk	Düz:1	Buruşuk:2	
32.	Tohumda kanatlılık	Kanatsız:1	Kanatlı:2	

Genel morfolojiye yansıyan fonksiyonel karakterler için istatistiksel analizlere 31 serpantin, 29 jips ve 27 kireçtaşı türü olmak üzere 87 tür dâhil edildi. Belirlenen özellikler ve kategorik değerleri excel tablosuna kayıt edildi. Daha sonra veriler Kategorik Diskriminant Analizi ile (Categorical Discriminant Analysis) incelendi. Analiz sonunda anlamlı çıkan fonksiyonel karakterlerin anakayaya göre yüzdeleri hesaplandı.

3.2.2. Gövde ve Yaprak Kuru Madde İçeriği

Araziden laboratuvara getirilen bitki örnekleri gövde kuru madde içeriği ve özel gövde hacminin belirlenmesi amacıyla hasat işlemi yapıldı. Özel gövde hacim ve gövde kuru madde içerik ölçümü için bitki örnekleri vakumlu poşetlere konularak daha sonra deney yapılması amacıyla -18 °C derin dondurucuya konularak muhafaza edildi.

Araziden laboratuvara getirilen bitki örnekleri yaprak kuru madde içeriğinin belirlenmesi amacıyla hasat işlemi yapıldı. Yaprak kuru madde içerik ölçümü için bitki örnekleri vakumlu poşetlere konularak daha sonra deney yapılması amacıyla -18 °C derin dondurucuya konularak muhafaza edildi.

Yaprak kuru madde içeriği için hasat edilen örnekler deforme olmaması için teker teker derin dondurucudan çıkarıldı ve deney prosedüründeki ölçümler yapıldı. Hasat edilen örneklerin (Şekil 3.6.) yaş ağırlık ölçümü SHİMADZU ATX224 model hassas terazide yapıldı ve deney defterine kayıt edildi. Yaş yaprak örnekleri 60 °C'de 72 saat etüvde kurumaya bırakıldı. Etüvden çıkarılan örneklerin kuru ağırlık ölçümü SHİMADZU ATX224 model hassas terazide yapıldı ve deney defterine kayıt edildi (Cornelissen vd., 2003).



Şekil 3.6. Yaprak kuru madde içeriği ölçümü için bitki örneklerinin tartılması

3.2.3. Özel Gövde Yoğunluk Tayini

Özel gövde hacmi ve gövde kuru madde içeriği için hasat edilen gövde örnekleri deforme olmaması için teker teker derin dondurucudan çıkarıldı ve deney prosedüründeki ölçümler yapıldı. İlk önce gövde örneklerinin yaş hacim ve yaş ağırlık ölçümleri yapıldı. Yaş hacim ölçümlerini yapmak için silindir hacmi ($V = \pi * r^2 * h$) kullanıldı. Hacim hesaplamaları için bitki gövde yarıçapı (r) kumpas yardımı ile ölçüldü (Şekil 3.7.). Ayrıca örneklerinin hacim hesaplaması için bitki gövdeleri 10 cm uzunluğunda kesilerek deney defterine not edildi. Gövde örnekleri 60 °C’de 72 saat etüvde kurumaya bırakıldı. Etüvden alınan örneklerin hacim hesabı için bitki gövde yarıçapı (r) kumpas yardımı ile ölçüldü ve deney defterine not edildi (Cornelissen vd., 2003).

Gövde kuru madde içeriği için hasat edilen gövde örnekleri (Şekil 3.8.) yaş ağırlık ölçümü SHIMADZU ATX224 model hassas terazide yapıldı ve deney defterine kayıt edildi. Yaş gövde

örnekleri 60 °C’de 72 saat etüvde kurumaya bırakıldı. Etüvden çıkarılan örneklerin kuru ağırlık ölçümü SHİMADZU ATX224 model hassas terazide yapıldı ve deney defterine kayıt edildi (Cornelissen vd., 2003).



Şekil 3.7. Özel gövde hacim ölçümü için bitki gövde yarıçaplarının kumpas ile ölçülmesi



Şekil 3.8. Gövde kuru madde içeriği ölçümü için bitki örneklerinin tartılması

3.2.4. Bitki Sürgününde Besin Elementi (ICP-MS) Tayini ve Analizi

Bitki bünyesinde elementer analiz için anakayanın yaygın ve popülasyonu iyi düzeyde olan türleri kullanıldı. Bu kapsamda jipsten 15 kireçtaşıdan, 17 ve serpantinden 23 adet tür analize dâhil edildi. Bitki örnekleri elementer analiz (ICP-MS) için laboratuvarında temiz kurutma kâğıtlarının üzerine serildi ve örneklerin tamamen kuruması sağlandı. Kuruyan örneklerin toprak üstü kısımları (gövde, dal, yaprak, çiçek ayırt edilmeden) blenderda öğütülerek toz haline getirildi (Şekil 3.9.). Toz haline getirilen bitki örnekleri 1,5 mm elek ile elendi. Elenen örnekler kilitli poşetlere eşit miktarlarda konularak analize hazır hale getirildi (Şekil 3.10.) (Osma ve Kandemir, 2016; Yavuzer ve Osma, 2018).



Şekil 3.9. Kurutulan örneklerin blenderda öğütülerek toz haline getirilmesi.



Şekil 3.10. Örneklerin kilitli poşetlere konularak analize hazır hale getirilmesi.

Hazırlanan bitki numunelerinin analizi EBYU Temel Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezine yaptırıldı. Laboratuvar ortamında hazırlanan bitki örnekleri 0,5 g olacak şekilde tartıldı ve mikrodalga kaplarına yerleştirildi. Bitki numunelerine %65'lik 6 mL HNO_3 ile %30'luk 2 mL H_2O_2 eklendi. Sonrasında örnekler, manyetik karıştırıcı ile 10 dakika süresince homojenize edildi. Kaplar, mikrodalgaya koyularak 2000°C 'de ve 45 bar basınçta 15 dakika boyunca asitli ortamda çözdürüldü. Yakılan numuneler balon jojeye alınarak 50 mL'ye

tamamlandı ve numunelerden teflon filtre ile 10 mL çekildi. Son olarak, metal miktarının belirlenmesi için örnekler falkon tüplere yerleştirildi ve ICP-MS’de metal konsantrasyonu analiz edildi (Osma ve Kandemir, 2016; Yavuzer ve Osma, 2018).

3.2.5. Toprak Besin Elementi (ICP-MS) Tayini ve Analizi

Toprak örnekleri elementer analiz (ICP-MS) için laboratuvarında temiz kurutma kâğıtlarının üzerine serildi ve örneklerin tamamen kuruması sağlandı. Kuruyan örnekleri taşlardan ayırmak için elekten elendi. Elenen örnekler havanda öğütülerek toz haline getirildi. Toz haline getirilen toprak örnekleri 1,5 mm elek ile elendi. Elenen örnekler kilitli poşetlere eşit miktarlarda konularak analize hazır hale getirildi (Şekil 3.11.) (Osma ve Kandemir, 2016; Yavuzer ve Osma, 2018).



Şekil 3.11. Toprak örneklerinin kilitli poşetlere konularak analize hazır hale getirilmesi

Hazırlanan toprak numunelerinin analizi EBYU Temel Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezine yaptırıldı. Laboratuvar ortamında hazırlanan toprak örnekleri 0,5 g olacak şekilde tartıldı ve mikrodalga kaplarına yerleştirildi. Toprak numunelerine %65’lik 3 mL HNO_3 , %37’lik 9 mL HCl eklendi. Sonrasında örnekler, manyetik karıştırıcı ile 10 dakika süresince homojenize edildi. Kaplar, mikrodalgaya koyularak 2000°C ’de ve 45 bar basınçta 15 dakika boyunca asitli ortamda çözündürüldü. Yakılan numuneler balon jöjeye alınarak 50 mL’ye tamamlandı ve numunelerden teflon filtre ile 10 mL çekildi. Son olarak, metal

miktarının belirlenmesi için örnekler falkon tüplere yerleştirildi ve ICP-MS'de metal konsantrasyonu analiz edildi (Osma ve Kandemir, 2016; Yavuzer ve Osma, 2018).



4. BULGULAR

4.1. Bitki Fonksiyonel Karakterleri

Çalışmada yer alan türler, fonksiyonel karakterleri ve karakter kategorileri Tablo 4.1’de verilmiştir. Bitki taksonlarına ait Türkçe bilimsel isimler “Bizim Bitkiler” web sayfasından alınmıştır. Takson otörleri için “Plants of the World Online” sitesine bakınız.

Tablo 4.1 . Jips taksonlarının fonksiyonel özellikleri ve karakter kategorileri

Özellik	Lokalite	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Tür / Türkçe Bitki Adları																																		
<i>Achillea sintenisii</i> (Kuruçayperçemi)	İliç-Boyalık	2	3	2	3	1	1	5	4	4	1	1	3	5	1	2	1	2	3	2	3	1	1	5	4	4	1	1	3	5	1	2	1	
<i>Aethionema erzincanum</i>	Kemah- Yahşılar yolu	1	3	3	3	1	1	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Allium macrochaetum</i>	Kemah- Yahşılar yolu	5	3	1	1	3	3	1	1	4	1	1	1	1	2	1	1	5	3	1	1	3	3	1	1	4	1	1	1	1	2	1	1	
<i>Alyssum propinquum</i> (Tifil kuduzotu)	Kemah- Yahşılar yolu	1	3	2	3	1	1	4	4	2	1	1	3	5	2	1	1	1	3	2	3	1	1	4	4	2	1	1	3	5	2	1	1	
<i>Astragalus zaraensis</i> (Zara geveni)	İliç-Boyalık	2	3	2	3	1	1	3	1	1	2	1	3	5	1	1	4	2	3	2	3	1	1	3	1	1	2	1	3	5	1	1	4	
<i>Bupleurum papillosum</i> (Tüylü şeytanayağı)	Kemah- Yahşılar yolu	2	1	1	1	3	1	1	4	4	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	3	1	1	4	4	1	1	1	1	2	1	1	
<i>Chrysothesium stelleroides</i> (Anagüvelek)	Kemah- Yahşılar yolu	4	1	1	1	3	1	2	4	4	1	1	1	1	2	1	1	4	1	1	1	3	1	2	4	4	1	1	1	1	2	1	1	
<i>Chesneya rytidosperma</i> (Çesneya)	İliç-Boyalık	2	3	2	3	1	1	2	4	1	1	1	3	2	2	1	4	2	3	2	3	1	1	2	4	1	1	1	3	2	2	1	4	
<i>Ebenus macrophylla</i> (Ulugeven)	Kemah- Yahşılar yolu	3	3	1	3	1	1	4	3	4	2	1	3	5	2	1	4	3	3	1	3	1	1	4	3	4	2	1	3	5	2	1	4	
<i>Glaucium cappadocicum</i> (Boynuzlu gelincik)	Kemah- Yahşılar yolu	4	3	1	1	3	1	1	4	4	2	1	1	5	2	3	1	4	3	1	1	3	1	1	4	4	2	1	1	5	2	3	1	
<i>Gypsophila eriocalyx</i> (Bozkır çöveni)	Kemah- Yahşılar yolu	3	3	2	3	1	1	5	4	2	1	1	2	1	1	1	1	3	3	2	3	1	1	5	4	2	1	1	2	1	1	1	1	
<i>Gypsophila heteropoda</i> (Karşani)	Kemah- Yahşılar yolu	2	1	1	1	3	1	1	4	2	1	1	3	2	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	4	2	1	1	3	2	1	1	1	
<i>Gypsophila lepidioides</i> (İpek çöveni)	Kemah- Yahşılar yolu	3	3	2	3	1	1	5	4	2	1	1	3	5	2	1	1	3	3	2	3	1	1	5	4	2	1	1	3	5	2	1	1	
<i>Hedysarum pestalozzae</i> (Horozbaşı)	İliç- Leventpınar	2	3	2	3	1	1	4	4	2	1	1	3	5	2	1	4	2	3	2	3	1	1	4	4	2	1	1	3	5	2	1	4	

Tablo 4.1. (Devamı)

<i>Jurinea ancyrensis</i> (Eğrigöbek)	Kemah- Yahşılar yolu	3	3	2	3	1	1	4	4	1	2	1	3	4	1	1	1	3	3	2	3	1	1	4	4	1	2	1	3	4	1	1	1
<i>Minuartia anatolica</i> var. <i>scleranthoides</i>	Kemah- Yahşılar yolu	1	3	1	4	1	1	5	4	2	1	1	3	1	2	1	1	1	3	1	4	1	1	5	4	2	1	1	3	1	2	1	1
<i>Onobrychis nitida</i> (Fırat korungası)	Kemah- Yahşılar yolu	5	3	1	1	2	1	3	4	4	2	1	1	1	2	1	1	5	3	1	1	2	1	3	4	4	2	1	1	1	2	1	1
<i>Onosma beyazoglui</i> (Kıralemziği)	Kemah- Yahşılar yolu	2	3	2	2	2	1	3	4	4	1	1	3	5	2	1	1	2	3	2	2	2	1	3	4	4	1	1	3	5	2	1	1
<i>Onosma sintenisii</i> (Özge emcek)	Kemah- Yahşılar yolu	4	3	1	3	1	1	4	4	4	2	1	3	5	2	1	1	4	3	1	3	1	1	4	4	4	2	1	3	5	2	1	1
<i>Plantago euphratica</i> (Toklubası)	Kemah- Yahşılar yolu	3	3	1	2	1	1	4	4	4	2	1	3	5	2	1	1	3	3	1	2	1	1	4	4	4	2	1	3	5	2	1	1
<i>Prangos meliocarpoides</i> var. <i>melocarpoides</i>	İliç-Hasanova	3	3	1	1	2	1	1	4	4	1	1	3	5	1	2	4	3	3	1	1	2	1	1	4	4	1	1	3	5	1	2	4
<i>Psephellus erzincani</i> (İliç tülübaşı)	İliç-Kayacık	3	3	2	3	1	1	3	4	2	2	1	3	5	2	1	1	3	3	2	3	1	1	3	4	2	2	1	3	5	2	1	1
<i>Psephellus recepii</i> (Şah tülübaşı)	Kemah- Yahşılar yolu	4	3	2	3	2	1	5	4	4	2	1	3	5	2	1	1	4	3	2	3	2	1	5	4	4	2	1	3	5	2	1	1
<i>Reseda tomentosa</i> var. <i>glabrata</i>	İliç-Kayacık	5	3	1	1	3	1	1	4	4	2	1	2	1	1	1	3	5	3	1	1	3	1	1	4	4	2	1	2	1	1	1	3
<i>Scabiosa rotata</i> (Top uyuzotu)	Kemah- Yahşılar yolu	4	1	1	1	3	1	1	4	4	1	1	3	5	2	1	1	4	1	1	1	3	1	1	4	4	1	1	3	5	2	1	1
<i>Scorzonera aucherana</i> (Buz tekesakalı)	Kemah- Yahşılar yolu	4	3	2	2	2	1	3	4	2	1	1	1	2	1	1	1	4	3	2	2	2	1	3	4	2	1	1	1	2	1	1	1
<i>Scrophularia lepidota</i> (Pullusıraca)	Kemah- Yahşılar yolu	2	3	2	1	3	1	1	4	4	2	1	3	5	2	1	1	2	3	2	1	3	1	1	4	4	2	1	3	5	2	1	1
<i>Tanacetum alyssifolium</i> (İliçpapatyası)	Kemah- Yahşılar yolu	3	3	3	3	1	1	5	2	2	2	1	3	5	1	1	1	3	3	3	3	1	1	5	2	2	2	1	3	5	1	1	1
<i>Verbascum alyssifolium</i> (Kuduzkuyruk)	Kemah- Yahşılar yolu	4	3	1	2	2	1	3	4	2	1	1	3	5	2	1	1	4	3	1	2	2	1	3	4	2	1	1	3	5	2	1	1

1. Ortalama bitki boyu; 2. Yaşam süresi; 3. Bitki görünüşü; 4. Kümelilik; 5. Bitki boyu x taç izdüşümü; 6. Toprak altı yapı; 7. Ortalama gövde sayısı; 8. Dallanma bölgesi; 9. Gövde duruşu; 10. Tabanda yaprak veya tüy kalıntısının varlığı; 11. Dikenlilik; 12. Gövde tüylülüğü; 13. Yaprak tüylülüğü; 14. Bitkide salgı tüylerin varlığı; 15. Yaprak kenarı; 16. Yaprak ayası; 17. Yaprak boy x en oranı; 18. Yaprak hakim rengi; 19. Yaprak dizilişi; 20. Yaprak dağılımı; 21. Yaprak sapı; 22. Bir gövd., ort. çiçek sayısı; 23. Çiçek simetrisi; 24. Çiçek rengi; 25. Sepal; 26. Petal; 27. Ovaryum durumu; 28. Meyve tipi; 29. Meyve en x boy oranı; 30. Tohum yüzeyinde tüylülük; 31. Tohum yüzeyinde buruşuk; 32. Tohumda kanatlılık.

Tablo 4.2. Kireçtaşı taksonlarının fonksiyonel özellikleri ve karakter kategorileri

Özellik	Lokalite	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Tür / Türkçe Bitki Adları																																	
<i>Draba bruniifolia</i> (Kayadolaması)	İliç- Bağıstaş	1	3	1	4	1	1	4	4	4	2	1	3	2	2	1	1	3	1	1	2	1	2	2	3	3	3	1	2	3	1	2	1
<i>Campanula hedgei</i> (Dost çançiçeği)	Merkez- Çağlayan	2	3	2	3	2	1	2	4	2	2	1	3	5	2	3	1	2	1	1	4	1	2	3	5	3	2	2	2	1	1	2	1
<i>Campanula munzurensis</i> (Munzurçanı)	Kemah- Acemoğlu	2	3	2	3	2	1	4	4	4	1	1	1	2	2	1	1	5	1	1	2	1	1	3	5	3	2	2	2	1	1	2	1
<i>Campanula yildirimlii</i> (Yiğit çingırağı)	İliç- Bağıstaş	4	3	2	2	3	1	3	1	4	2	1	1	1	2	3	1	4	1	1	2	1	3	3	2	3	2	2	2	1	1	2	1
<i>Chrysophthalmum montanum.</i> (Tutça)	Kemaliye- Taşyolu	4	3	2	2	2	1	4	4	4	2	1	3	5	1	1	1	4	1	1	4	2	1	3	3	1	2	2	3	2	1	2	2
<i>Cyclotrichium niveum</i> (Külotu)	Kemaliye mani yolu	4	3	2	3	2	1	5	1	2	2	1	3	5	1	1	1	1	2	2	4	1	5	1	4	2	2	1	3	1	1	1	1
<i>Ebenus laguroides</i> (Morgeven)	İliç- Bağıstaş	4	3	2	3	2	1	4	2	2	1	1	3	5	2	1	4	2	2	2	3	2	3	1	4	3	3	1	3	1	2	1	2
<i>Erodium amanum</i> (Hatay iğneliği)	Refahiye- Dumanlı	1	3	1	3	1	1	2	4	3	2	1	3	5	1	2	3	3	2	1	2	2	1	3	5	3	3	1	2	3	1	1	1
<i>Hesperis pendula</i> (Dingildek)	Kemah- Acemoğlu	3	3	2	2	2	1	3	4	4	2	1	3	5	1	3	1	2	1	1	4	1	3	2	3	3	3	1	2	3	1	2	1
<i>Hypericum peshmenii</i> (Şah kantaronu)	Kemaliye- Buğdaypınar	1	1	2	3	1	1	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	3	1	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	1
<i>Inula aschersoniana</i> (<i>Pentanema aschersonianum</i>) (Kayayolotu)	İliç- Bağıstaş	2	3	1	2	3	1	4	4	4	1	1	3	5	2	2	1	3	2	1	2	2	1	3	3	1	2	2	3	2	1	1	2
<i>Jurinea kemahensis</i>	Kemah-Eriç	3	3	2	2	2	1	2	1	4	2	1	3	5	2	1	1	4	2	1	2	1	1	3	4	1	2	2	3	2	1	1	2
<i>Limoniopsis owerinii</i> (Eğinkuduzotu)	İliç- Bağıstaş	3	3	1	2	3	1	5	5	2	2	1	1	1	2	1	1	3	1	1	2	1	4	3	4	2	2	1	3	1	1	1	1
<i>Micromeria fruticosa</i>	Kemaliye- Taşyolu	4	3	3	2	3	1	3	2	4	1	1	3	5	1	1	1	4	2	1	1	3	1	2	1	2	2	2	1	3	1	1	1
<i>Onosma alborosea</i> (Kaya emceği)	Kemaliye- Taşyolu	2	3	2	3	1	1	4	4	4	2	1	3	5	2	1	1	2	3	2	1	4	1	1	3	4	3	2	1	3	1	1	1
<i>Origanum sp.</i>	Kemaliye- Salihli	3	3	1	3	2	1	5	4	4	1	1	3	1	2	1	1	3	1	1	2	3	1	5	1	2	3	3	1	3	1	1	1

Tablo 4.2. (Devamı)

<i>Phlomis oppositiflora</i> (Has çalba)	İliç- Bağıstaş	5	3	3	2	3	1	4	3	4	1	1	3	5	2	1	1	5	4	2	2	2	1	2	1	3	2	2	1	3	1	2	1
<i>Potentilla speciosa</i> var. <i>speciosa</i>	İliç- Bağıstaş	3	3	4	3	2	1	5	4	2	2	1	3	5	2	2	3	1	2	1	2	2	1	3	3	3	3	1	3	2	1	1	1
<i>Psephellus aucherianus</i> (Çeşit tülübaşı)	İliç- Bağıstaş	4	3	1	2	2	1	5	4	4	1	1	3	5	2	1	2	3	2	1	4	1	1	3	4	1	2	2	2	2	1	1	2
<i>Psephellus psephelloides</i> (Eğin tülübaşı)	Kemaliye- Taşyolu	3	3	2	3	2	1	4	2	2	1	1	1	5	2	3	1	4	2	1	2	1	1	3	4	1	2	2	3	2	1	1	2
<i>Rosularia haussknechtii</i> (Urfakoruğu)	Kemaliye- Taşyolu	1	3	1	1	2	1	1	4	4	2	1	3	5	1	1	1	2	1	1	2	1	1	3	4	3	3	1	2	1	1	2	1
<i>Tanacetum argenteum</i> (Kaya pireotu)	İliç- Bağıstaş	3	3	2	3	2	1	3	4	2	2	1	3	5	1	2	4	3	2	1	2	2	2	3	3	1	2	2	3	2	1	2	2
<i>Teucrium leucophyllum</i> (Bulduncuk)	İliç- Bağıstaş	2	3	2	2	3	1	5	2	2	1	1	3	5	1	2	1	2	2	1	4	1	2	1	4	2	2	1	3	1	1	1	1
<i>Thymus cappadocicus</i> (Taşkekiği)	Köyü Altı	2	3	2	4	1	1	5	2	2	1	1	3	5	2	1	1	4	1	2	3	1	1	1	2	2	2	1	3	1	1	2	1
<i>Thymus haussknechtii</i> (Fıratkekiği)	Kemaliye- Taşyolu	1	3	2	4	1	1	5	2	2	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	3	2	5	1	2	2	2	1	3	1	1	2	1
<i>Verbascum leiocarpum</i> (Gülbüz sığırkuyruğu)	İliç- Bağıstaş	5	3	1	2	3	1	3	4	4	2	1	3	5	2	1	1	3	1	1	2	2	5	3	3	3	3	1	2	2	1	2	1

1. Ortalama bitki boyu; 2. Yaşam süresi; 3. Bitki görünüşü; 4. Kümelilik; 5. Bitki boyu x taç izdüşümü; 6. Toprak altı yapısı; 7. Ortalama gövde sayısı; 8. Dallanma bölgesi; 9. Gövde duruşu; 10. Tabanda yaprak veya tüy kalıntısının varlığı; 11. Dikenlilik; 12. Gövde tüylülüğü; 13. Yaprak tüylülüğü; 14. Bitkide salgı tüylerin varlığı; 15. Yaprak kenarı; 16. Yaprak ayası; 17. Yaprak boy x en oranı; 18. Yaprak hakim rengi; 19. Yaprak dizilişi; 20. Yaprak dağılımı; 21. Yaprak sapı; 22. Bir gövd., ort. çiçek sayısı; 23. Çiçek simetrisi; 24. Çiçek rengi; 25. Sepal; 26. Petal; 27. Ovaryum durumu; 28. Meyve tipi; 29. Meyve en x boy oranı; 30. Tohum yüzeyinde tüylülük; 31. Tohum yüzeyinde buruşuk; 32. Tohumda kanatlılık.

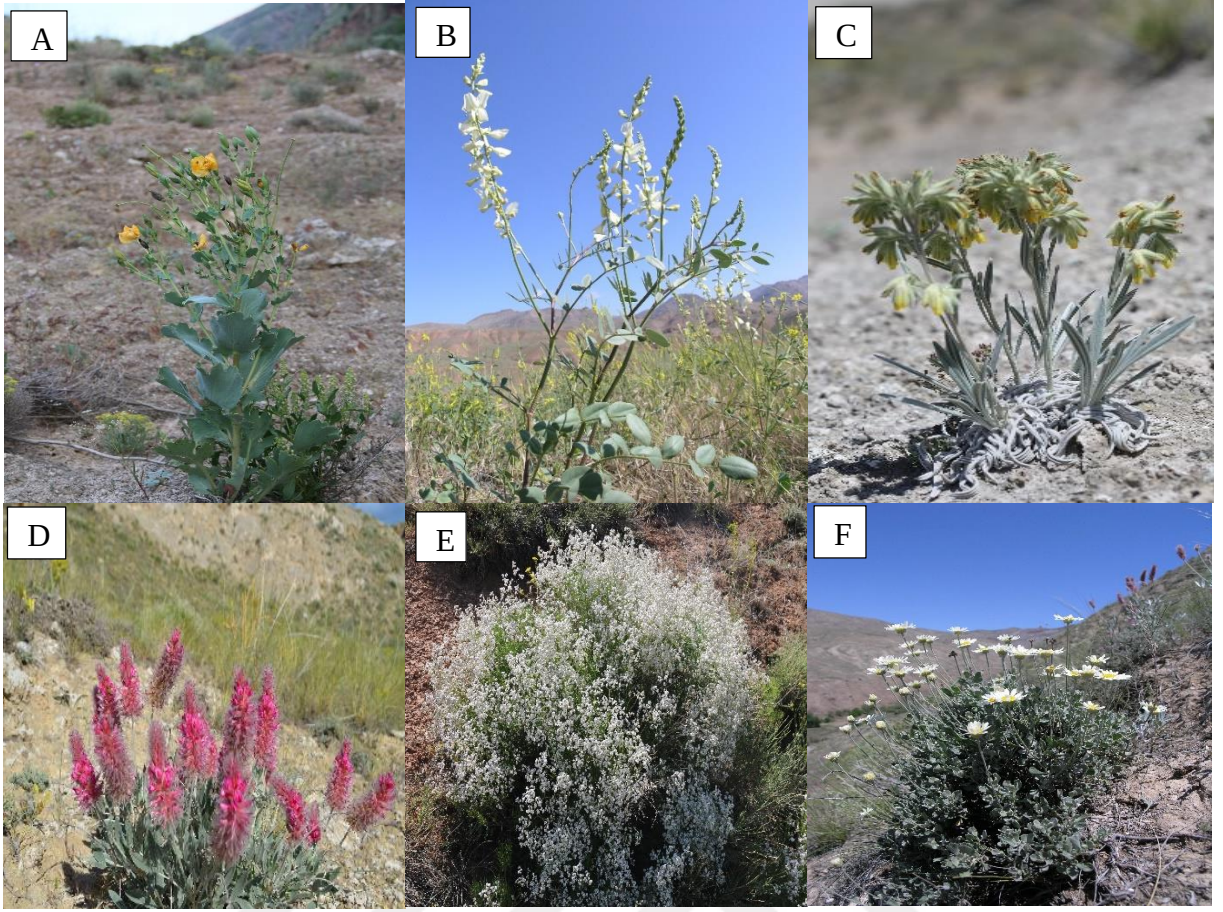
Tablo 4.3. Serpantin taksonlarının fonksiyonel özellikleri ve karakter kategorileri

Özellik	Lokalite	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Tür / Türkçe Bitki Adları																																	
<i>Alyssum sp.</i>	Kemah-Eriç	1	3	1	4	1	1	5	4	2	1	1	3	5	2	1	1	2	2	1	4	1	1	2	3	3	3	1	2	1	1	1	1
<i>Asperula suavis</i> (Pak belumotu)	Kemaliye-Salihli	3	3	2	2	2	1	4	5	4	1	1	1	1	2	1	1	4	1	2	3	1	3	3	2	1	2	2	3	1	1	2	1
<i>Astragalus pennatus</i> (Tarak geveni)	Kemaliye-Salihli	1	3	2	4	1	1	5	2	2	2	2	3	5	2	1	3	2	2	1	4	2	5	1	4	3	3	1	3	1	2	1	2
<i>Atraphaxis grandiflora</i> (Koca devekırnı)	Kemaliye-Salihli	1	3	3	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	3	1	1	4	1	1	3	2	2	2	1	3	1	1	1	2
<i>Bellevia crassa</i> (Başaksümbül)	Refahiye-Sağlık	1	3	1	1	1	3	1	1	4	1	1	1	1	2	1	1	4	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	2	1	1	2	1
<i>Campanula ptarmicifolia</i> (Ters çançiçeği)	Kemaliye-Salihli	3	3	1	2	3	1	2	1	4	2	1	1	1	2	2	1	4	1	1	2	1	2	3	5	2	2	2	2	1	1	2	1
<i>Convolvulus pseudoscammia</i> (Sarı yayılğanı)	Eriç-Yücebelen	4	3	1	2	1	1	5	5	4	1	1	1	1	2	1	1	4	1	1	4	1	2	3	2	3	2	1	2	1	1	2	1
<i>Echinophora chrysantha</i> (Yıldız çördüğü)	Merkez-Sakaltutan yolu	5	3	1	1	3	1	1	5	4	2	1	3	5	2	3	4	3	2	1	2	2	3	3	3	1	3	2	3	2	1	2	2
<i>Eremogone pseudacantholimon</i> (Kırpikumotu)	Kemaliye-Salihli	2	3	2	4	1	1	5	4	4	2	2	1	1	2	1	1	4	1	2	2	1	2	3	2	3	3	1	2	1	1	2	1
<i>Ferulago longistylis</i> (Dişikişniş)	Kemaliye-Salihli	5	3	2	1	3	1	1	5	4	2	1	1	1	2	2	4	3	1	1	2	2	4	3	3	1	3	2	2	2	1	2	2
<i>Hedeysarum yılmaz-ünalii</i>	Kemaliye-Salihli	2	3	2	3	1	1	3	5	2	1	1	3	5	2	1	4	2	2	1	3	2	2	1	5	2	3	1	3	1	2	2	2
<i>Heldreichia rotundifolia</i>	Kemah-Eriç	3	3	1	2	2	1	5	5	4	1	1	1	1	2	1	3	1	1	1	3	2	4	2	2	3	3	1	3	1	1	1	1
<i>Hesperis breviscapa</i> (Yayla akşam yıldızı)	Kemah-Eriç	2	2	1	2	1	1	4	4	4	1	1	3	5	1	3	2	1	1	1	2	2	2	2	4	3	3	1	2	3	1	2	1
<i>Hesperis breviscapa</i> (Yayla akşam yıldızı)	Merkez-Sakaltutan yolu	1	2	1	2	1	1	4	4	4	1	1	3	5	1	3	2	1	1	1	2	2	2	2	4	3	3	1	2	3	1	2	1
<i>Leopoldia erzincanica</i>	Merkez-Sakaltutan yolu	2	3	1	1	3	3	1	1	4	1	1	1	1	2	1	1	4	1	1	2	1	4	3	5	1	2	1	2	1	1	2	1
<i>Onosma discedens</i> (Fırat emceği)	Merkez-Sakaltutan yolu	2	3	1	2	2	1	4	4	4	2	1	3	5	2	1	1	4	2	1	4	1	3	3	2	3	2	1	3	1	1	1	1
<i>Onosma polyantha</i> (Kırkmezik)	Kemaliye-Salihli	4	3	2	2	2	1	1	4	4	2	1	1	5	2	1	1	4	1	1	4	1	2	3	3	3	2	1	3	1	1	1	1
<i>Phryna ortegioides</i> (Pekpeko)	İliç-Doruksaray	2	3	2	3	1	1	4	5	2	1	1	3	5	1	1	1	3	1	2	3	1	3	3	2	3	3	1	2	1	1	2	1
<i>Physioptychis urpurascens</i> (Pembe tüylütüre)	Kemah-Yücebelen	1	3	1	4	2	1	3	5	4	2	1	3	5	2	1	1	4	2	1	2	1	2	2	4	3	3	1	2	1	1	1	2

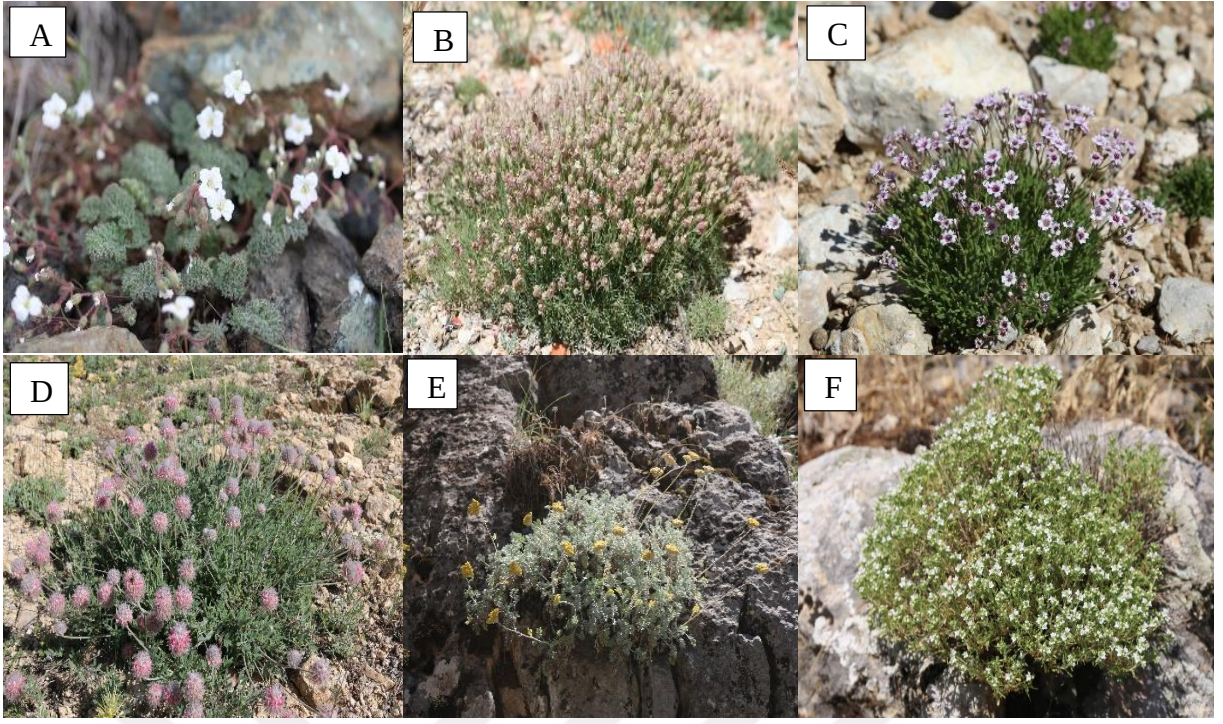
Tablo 4.3. (Devamı)

<i>Psephellus aucherianus</i> (Çeşit tülübaşı)	Kemah-Eriç	4	3	1	2	3	1	5	2	4	1	1	3	5	2	1	2	3	2	1	4	1	1	3	4	1	2	2	2	2	1	1	2
<i>Psephellus sintenisii</i>	Kemaliye-Salihli	3	3	2	3	3	1	3	2	2	1	1	3	5	2	1	1	2	2	1	3	1	2	1	5	1	2	2	3	2	1	1	2
<i>Rhabdosciadium urusakii</i> (İliçhandoğu)	Kemaliye-Salihli	5	3	2	3	3	1	3	4	4	2	1	1	1	1	1	4	3	1	1	2	2	5	3	2	1	3	2	3	3	1	2	2
<i>Reseda armena</i> (Has gerdanlılık)	Kemah-Eriç	2	3	1	2	1	1	3	3	2	1	1	1	1	2	1	1	3	1	1	4	1	2	1	3	3	3	1	2	1	1	1	1
<i>Ricotia aucheri</i> (Bozcavlak)	Merkez-Sakaltutan yolu	2	3	1	2	2	1	3	3	4	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	1	1	2	4	3	3	1	3	1	1	1	1
<i>Scrophularia erzincanica</i> (Sürek sıracıotu)	Merkez-Sakaltutan yolu	3	1	1	2	2	1	3	4	4	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	2	1	4	1	5	3	2	1	2	1	1	2	1
<i>Silene kemahensis</i>	Kemah-Yücebelen	4	3	2	3	3	1	3	4	4	1	1	2	1	1	1	1	4	1	2	2	1	2	3	3	2	3	1	2	3	1	2	1
<i>Silene nerimaniae</i> (Sultan nakılı)	Kemah-Eriç	2	2	1	2	1	1	4	4	2	1	1	3	5	1	1	1	2	1	2	4	1	2	3	2	2	2	1	2	3	1	2	1
<i>Silene ruscifolia</i> (Gizli nakıl)	Kemaliye-Salihli	2	3	1	2	2	1	5	4	2	2	1	3	5	1	1	1	1	1	2	3	1	1	3	2	2	3	1	2	3	1	2	1
<i>Stachys burghsdorffoides</i> (Ekinkarabaşı)	Kemaliye-Salihli	2	1	1	1	3	1	1	2	4	1	1	3	2	1	1	1	3	1	2	3	2	4	1	4	2	2	1	3	1	1	1	1
<i>Verbascum calycosum</i> (Yetim sığırkuyruğu)	Kemaliye-Salihli	3	3	1	2	2	1	3	4	2	2	1	3	5	2	1	1	4	2	1	4	1	3	3	3	3	2	1	2	2	1	2	1

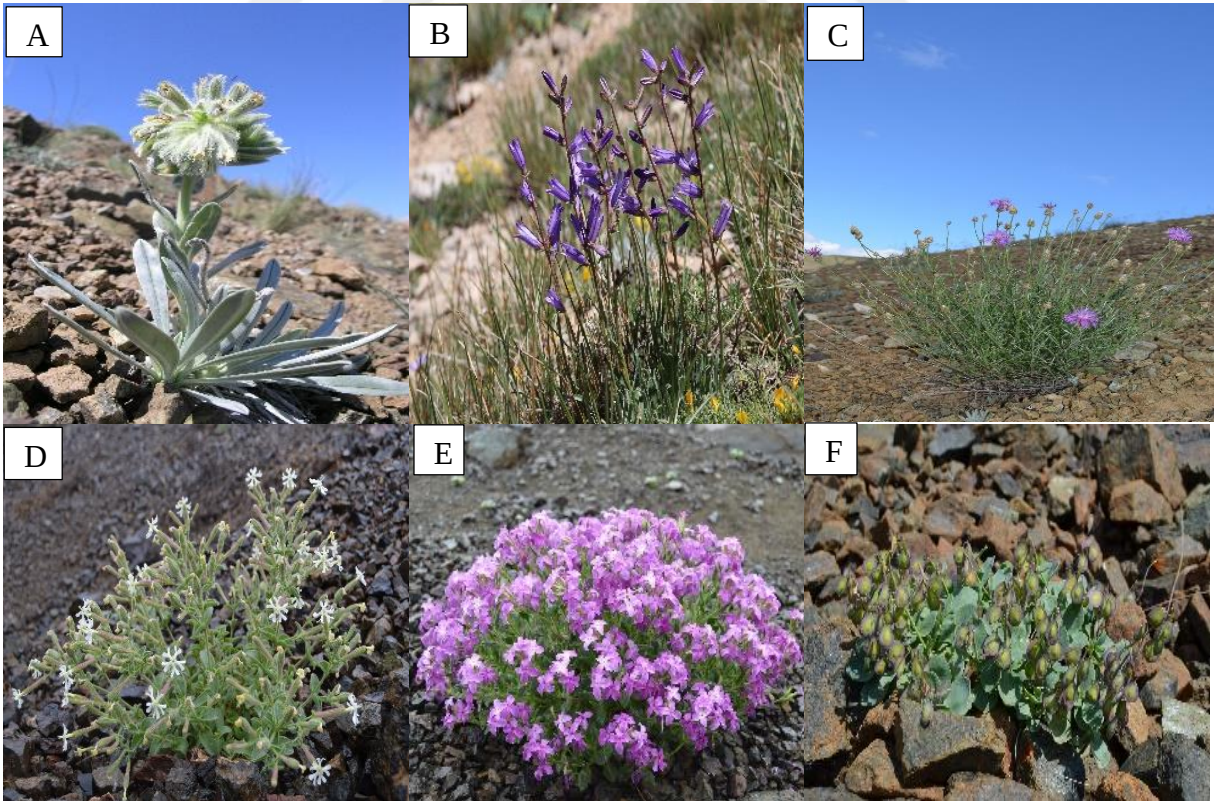
1. Ortalama bitki boyu; 2. Yaşam süresi; 3. Bitki görünüşü; 4. Kümelilik; 5. Bitki boyu x taç izdüşümü; 6. Toprak altı yapısı; 7. Ortalama gövde sayısı; 8. Dallenma bölgesi; 9. Gövde duruşu; 10. Tabanda yaprak veya tüy kalıntısının varlığı; 11. Dikenlilik; 12. Gövde tüylülüğü; 13. Yaprak tüylülüğü; 14. Bitkide salgı tüylerin varlığı; 15. Yaprak kenarı; 16. Yaprak ayası; 17. Yaprak boy x en oranı; 18. Yaprak hakim rengi; 19. Yaprak dizilişi; 20. Yaprak dağılımı; 21. Yaprak sapı; 22. Bir gövd., ort. çiçek sayısı; 23. Çiçek simetrisi; 24. Çiçek rengi; 25. Sepal; 26. Petal; 27. Ovaryum durumu; 28. Meyve tipi; 29. Meyve en x boy oranı; 30. Tohum yüzeyinde tüylülük; 31. Tohum yüzeyinde buruşuk; 32. Tohumda kanatlılık.



Şekil 4.1. Jipse özelleşmiş yaygın türler, A. *Glaucium cappadocicum*; B. *Onobrychis nitida*; C. *Onosma beyazoglui*; D. *Ebenus macrophylla*; E. *Gypsophila lepidioides*; F. *Tanacetum alyssifolium*

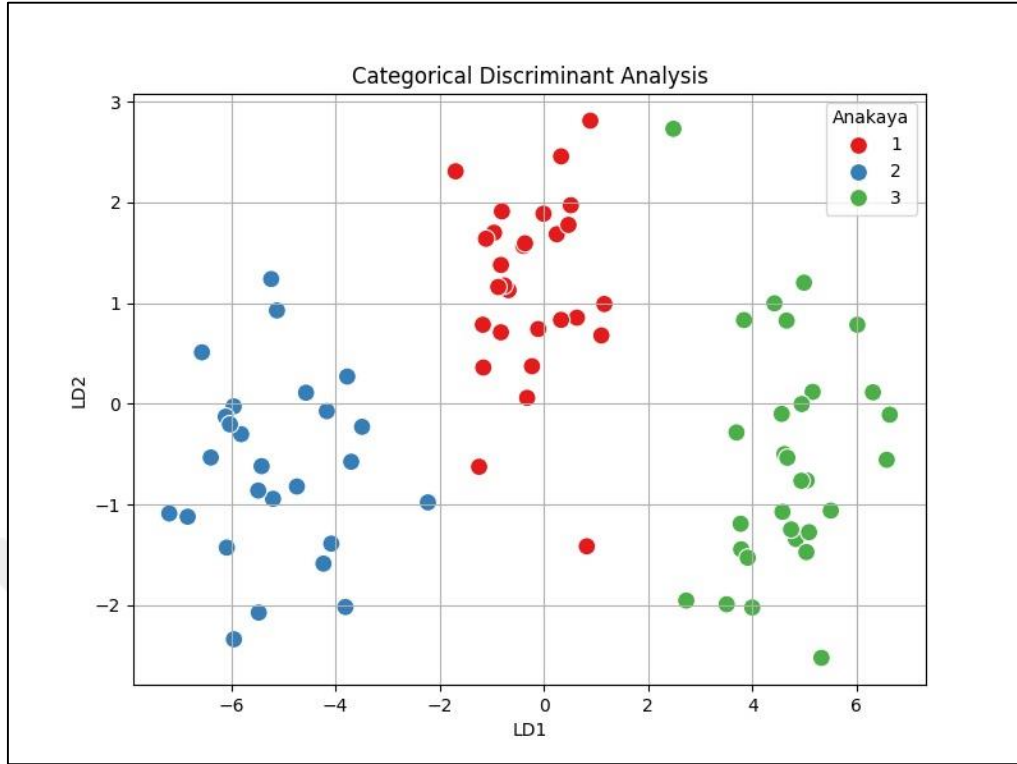


Şekil 4.2. Kireçtaşına özelleşmiş yaygın türler, A. *Erodium amannum*; B. *Silene pungens*; C. *Gypsophila briquetiana*; D. *Ebenus lauroides*; E. *Tanacetum argenteum*; F. *Thymus haussknechtii*



Şekil 4.3. Serpentine özelleşmiş yaygın türler, A. *Onosma discedens*; B. *Campanula ptarmicifolia*; C. *Psephellus aucherianus*; D. *Silene nerimaniae*; E. *Hesperis breviscapa*; F. *Ricotia aucheri*

Fonksiyonel karakterlerin Kategorik Diskriminant Analizi bulgularına bakıldığında türlerin anakaya ya göre gruplandığı görülecektir (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Taksonların kategorik diskriminant analizi (categorical discriminant analysis)’ne göre dağılımları (anakaya: 1-jips; 2-kireçtaşı; 3-serpantin).

Şekil 4.4’e göre LD1’deki Temel Değişkenler’ göre “Yüksek Pozitif Katkı Sağlayan Değişkenler” şu şekildedir.

Ovaryum durumu (1.531847): LD1 üzerinde en yüksek pozitif etkisi olan değişkendir. Bu özellikle ilişkilendirilen topraklar, LD1 tarafından tanımlanan belirli bir gruba ait olma eğilimindedir.

Taç yaprak (1.364244): Güçlü bir diğer pozitif katkı sağlayıcıdır ve bu özelliğin yüksek değerleri, ovaryum durumu ile aynı gruba ilişkilidir.

Yaprak hâkim rengi (0.613190), yüksek değerleri yukarıdaki değişkenlerle aynı gruba uyumludur.

Yaprak boy x en oranı (0.539858), orta düzeyde destekleyen bir diğer pozitif katkı sağlayıcıdır. “Yüksek Negatif Katkı Sağlayan Değişkenler” ise şu şekilde sıralanabilir.

Bitki boyu x taç izdüşümü (-1.610195), en güçlü negatif katkısı sağlayan değişkendir. Bu özelliğin yüksek değerleri, pozitif katkı sağlayan değişkenlerin tanımladığı grubun zıttı bir gruba ilişkilidir.

Kümelilik durumu (-0.900588), güçlü negatif katkı sağlayan bir diğer değişkendir ve farklı bir grubun ayırımında önemli gözükmetedir.

Çiçek simetrisi (-0.781481), özelliği yüksek değerleri farklı bir toprak grubuyla ilişkilidir.

Meyve tipi (-0.744659), LD1'e orta düzeyde negatif katkı sağlayan bir başka değişkendir.

LD1'den Çıkarımlar ise şu şekildedir:

Baskın Pozitif Değişkenler: Ovaryum durumu ve taçyaprak değişkenleri en yüksek pozitif katsayılarla sahiptir. Bu özellikler, belirli bir toprak türünü veya bu toprakta yetişen bitki grubunu tanımlamada kritik olabilir. Ovaryum durumu ve taçyaprak değerlerinin yüksek olması, bu toprak türlerinin belirli çiçek veya üreme yapısına sahip bitkileri desteklediğini gösterebilir.

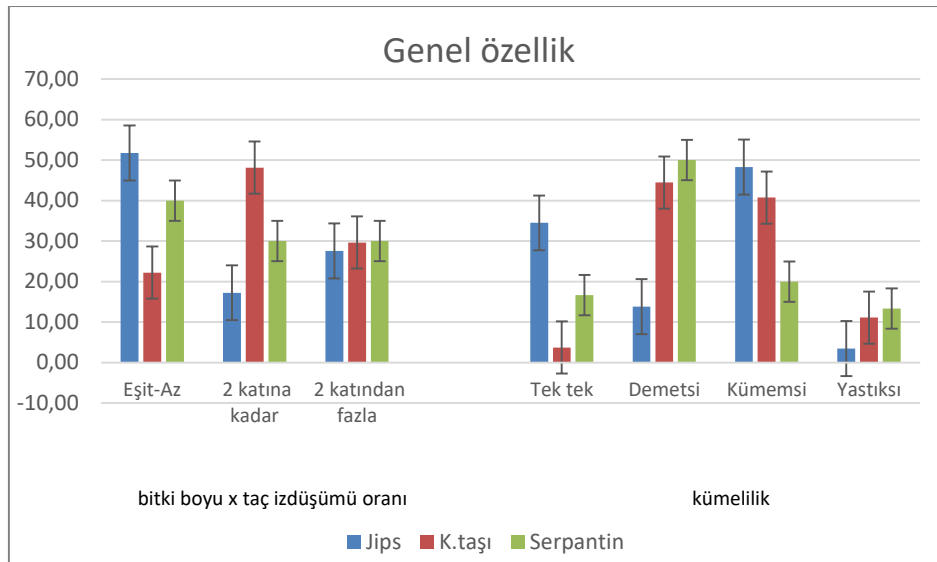
Baskın Negatif Değişkenler:

Bitki boyu x taç izdüşümü değişkeni, en büyük negatif katsayıya sahiptir. Bu, yüksek taç alanına sahip bitkilerin bulunduğu toprak türlerinin, pozitif katkı sağlayıcılarla ilişkilendirilen gruptan farklı bir gruba ait olduğunu gösterir. Geniş taç alanına sahip bitkileri destekleyen topraklar farklı bir kategoriye aittir ve bu grubun özelliklerini yansıtır.

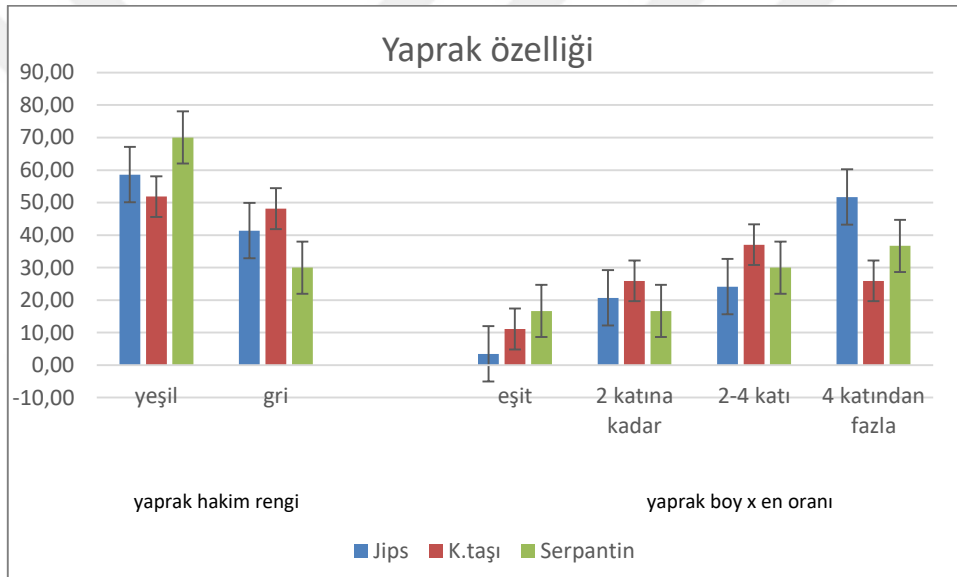
LD1 üzerinde etkili olan Bitki boyu / taç izdüşümü, ovaryum durumu, taç yaprak ve gövde görünüşü üç toprak gurubu arasındaki ayırma en etkili özelliklerdir. Çiçek simetrisi, meyve tipi, yaprak hâkim rengi ve yaprak en boy oranı da bu ayırma etkili olmuştur. Belirtilen karakterler dışında kalanlar, toprak türleri arasında ortak kabul edilebilir.

LD2 de etkili olan faktörler toprak tiplerinden ziyade her bir grup içindeki türleri ayırt etmede etkili olmuştur.

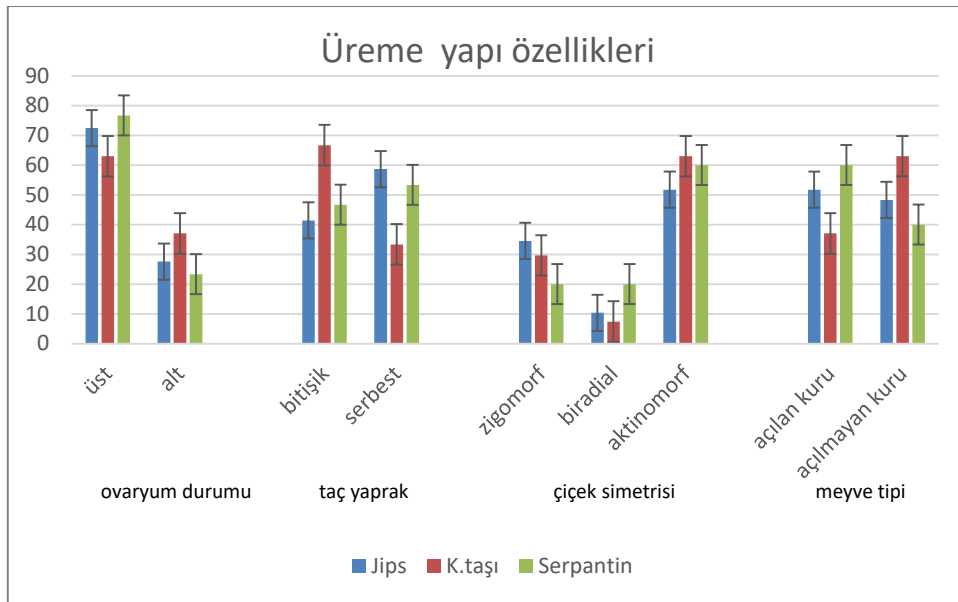
Anakayaya bağlı ayırt edici bitki karakterlerinden genel özellikler Şekil 4.5'de, yapraklara ait özellikler Şekil 4.6'da ve üreme yapılarına ait özellikler Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Ayırt edici genel özellikler (bitki boyu x taç izdüşümü, kümелilik)



Şekil 4.6. Ayırt edici yaprak özellikleri (yaprak hâkim rengi, boy x en oranı)



Şekil 4.7. Üreme yapılarına ait ayırt edici özellikler (ovaryum durumu, taç yaprak serbest-bitişikliliği, meyve tipi)

4.2. Özel Gövde Yoğunluğu

Özel Gövde yoğunluğu ölçümleri bitkilerden alınan gövde örneklerinin kuru ağırlıklarının yaş hacimlerine bölünerek ($\text{Özel Gövde Yoğunluğu} = \frac{\text{Kuru Ağırlık}}{\text{Yaş Hacim}}$) hesaplandı (Cornelissen vd., 2003). Hesaplamalar 15 farklı bireyden yapıldı ve SPSS analizi için ortalamaları alınarak kaydedildi. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.4.'de gösterildi. Özel gövde yoğunluklarının anakaya farklılıklarına göre istatistiksel analizi için PostHoc testi yapıldı ve Tablo 4.5.'de gösterildi.

Tablo 4.4. Anakaya ya göre bitki özel gövde yoğunluğu ortalamaları.

Bitki Adı	Anakaya	Özel gövde yoğunluğu (ortalaması mg/mm ³)
<i>Chrysothesium stelleroides</i>	Jips	4,20
<i>Plantago euphratica</i>	Jips	4,75
<i>Ebenus macrophylla</i>	Jips	5,14
<i>Gypsophila eriocalyx</i>	Jips	8,47
<i>Verbascum alyssifolium</i>	Jips	5,96
<i>Onosma sintenisii</i>	Jips	4,10
<i>Onobrychis nitida</i>	Jips	4,25
<i>Glaucium cappadocicum</i>	Jips	3,10
<i>Scorzonera aucherana</i>	Jips	4,37
<i>Psephellus recepii</i>	Jips	3,71
Jips türlerinin genel ortalaması		4,80
<i>Ebenus laguroides</i>	K.taşı	5,38
<i>Chrysophthalmum montanum</i>	K.taşı	4,24
<i>Tanacetum argenteum</i>	K.taşı	3,56
<i>Potentilla sp.</i>	K.taşı	4,44
<i>Phlomis sp.</i>	K.taşı	4,69
<i>Cyclotrichium niveum</i>	K.taşı	4,73
<i>Campanula yildirimii</i>	K.taşı	4,67
<i>Psephellus aucherianus</i>	K.taşı	4,53
<i>Teucrium leucophyllum</i>	K.taşı	6,81
<i>Verbascum leiocarpum</i>	K.taşı	4,96
<i>Origanum sp.</i>	K.taşı	0,04
Kireçtaşı türlerinin genel ortalaması		4,37
<i>Onosma discedens</i>	Serpantin	2,38
<i>Silene nerimaniae</i>	Serpantin	13,32
<i>Reseda armena</i>	Serpantin	2,62
<i>Verbascum calycosum</i>	Serpantin	3,41
<i>Leopoldia erzincanica</i>	Serpantin	1,52
<i>Scrophularia erzincanica</i>	Serpantin	2,44
<i>Scrophularia erzincanica</i>	Serpantin	2,36
<i>Silene nerimaniae</i>	Serpantin	3,20
<i>Physoptychis haussknechtii</i>	Serpantin	2,85
<i>Hesperis breviscapa</i>	Serpantin	2,29
<i>Leopoldia erzincanica</i>	Serpantin	7,51
<i>Ricotia aucheri</i>	Serpantin	0,03
<i>Campanula ptarmicifolia</i>	Serpantin	0,03
<i>Silene ruscifolia</i>	Serpantin	0,03
Serpantin türlerinin genel ortalaması		3,14

Tablo 4.5. Bitki gövdelerinin özel gövde yoğunluklarının anakaya çeşidine göre PostHoc test analiz sonuçları

	Test İstatistik	Std. Hata	Std. Test istatistik	Sig.	Adj. Sig. ^a
serpantin-jips	11,286	4,243	2,660	,008	,023
serpantin-k.taşı	11,331	4,129	2,745	,006	,018
jips-k.taşı	-,045	4,477	-,010	,992	1,000

4.3. Gövde Kuru Madde İçeriği

Gövde kuru madde içeriği bitkilerden alınan gövde örneklerinin kuru ağırlıklarının (mg) yaş ağırlıklarına (g) bölünerek ($\text{Kuru Madde İçeriği} = \frac{\text{Kuru Ağırlık}}{\text{Yaş Ağırlık}}$) hesaplandı (mg g^{-1}) (Cornelissen vd., 2003). Hesaplamalar 15 farklı bireyden yapıldı ve SPSS analizi için ortalamaları alınarak kaydedildi. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.6.'da gösterildi. Gövde kuru madde içeriklerinin anakaya farklılıklarına göre istatistiksel analizi için PostHoc testi yapıldı ve Tablo 4.7.'de gösterildi.

Tablo 4.6. Anakaya ya göre bitki gövde kuru madde içeriği ortalamaları.

Bitki Adı	Anakaya	Gövde kuru madde içeriği (ortalaması mg g^{-1})
<i>Chrysothesium stelleroides</i>	Jips	411,08
<i>Plantago euphratica</i>	Jips	383,76
<i>Ebenus macrophylla</i>	Jips	473,65
<i>Gypsophila eriocalyx</i>	Jips	531,37
<i>Verbascum alyssifolium</i>	Jips	485,33
<i>Onosma sintenisii</i>	Jips	335,20
<i>Onobrychis nitida</i>	Jips	343,17
<i>Glaucium cappadocicum</i>	Jips	288,59
<i>Scorzonera aucheri</i>	Jips	300,58
<i>Psephellus recepii</i>	Jips	335,79
Jips türlerinin genel ortalaması		388,85
<i>Ebenus laguroides</i>	K.taşı	502,40
<i>Chrysophthalmum montanum</i>	K.taşı	593,34
<i>Tanacetum argenteum</i>	K.taşı	567,31
<i>Potentilla sp.</i>	K.taşı	509,90
<i>Phlomis sp.</i>	K.taşı	654,46
<i>Cyclotrichium niveum</i>	K.taşı	505,40
<i>Campanula yildirimii</i>	K.taşı	358,51
<i>Psephellus aucherianus</i>	K.taşı	619,72
<i>Teucrium leucophyllum</i>	K.taşı	650,36
<i>Verbascum leiocarpum</i>	K.taşı	421,51
<i>Origanum sp.</i>	K.taşı	553,18
Kireçtaşı türlerinin genel ortalaması		539,64
<i>Onosma discedens</i>	Serpantin	212,36
<i>Silene nerimaniae</i>	Serpantin	217,64
<i>Reseda armena</i>	Serpantin	229,39
<i>Verbascum calycosum</i>	Serpantin	293,19
<i>Leopoldia erzincanica</i>	Serpantin	112,06
<i>Scrophularia erzincanica</i>	Serpantin	202,36
<i>Scrophularia erzincanica</i>	Serpantin	191,38
<i>Silene nerimaniae</i>	Serpantin	192,61
<i>Physioptychis haussknechtii</i>	Serpantin	267,43
<i>Hesperis breviscapa</i>	Serpantin	262,74
<i>Leopoldia erzincanica</i>	Serpantin	361,46
<i>Ricotia aucheri</i>	Serpantin	320,25
<i>Campanula ptarmicifolia</i>	Serpantin	300,92
<i>Silene ruscifolia</i>	Serpantin	304,34
<i>Rhabdosciadium urusakii</i>	Serpantin	423,93
Serpantin türlerinin genel ortalaması		259,47

Tablo 4.7. Bitki gövde kuru madde içeriğinin anakaya çeşidine göre PostHoc test analiz sonuçları

	Test İstatistik	Std. Hata	Std. Test istatistik	Sig.	Adj. Sig. ^a
serpantin-jips	10,233	4,301	2,379	,017	,052
serpantin-k.tası	20,261	4,182	4,844	,000	,000
jips-k.tası	-10,027	4,603	-2,178	,029	,088

4.4. Yaprak Kuru Madde İçeriği

Yaprak kuru madde içeriği bitkilerden alınan gövde örneklerinin kuru ağırlıklarının (mg) yaş ağırlıklarına (g) bölünerek ($\text{Kuru Madde İçeriği} = \frac{\text{Kuru Ağırlık}}{\text{Yaş Ağırlık}}$) hesaplandı (mg g⁻¹) (Cornelissen vd., 2003). Hesaplamalar 15 farklı bireyden yapıldı ve SPSS analizi için ortalamaları alınarak kaydedildi. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.8.'de gösterildi. Yaprak kuru madde içeriklerinin anakaya farklılıklarına göre istatistiksel analizi için PostHoc testi yapıldı ve Tablo 4.9.'da gösterildi.

Tablo 4.8. Anakaya ya göre bitki yaprak kuru madde içeriği ortalamaları.

Bitki Adı	Anakaya	Yaprak kuru madde içeriği (ortalaması mg g ⁻¹)
<i>Chrysothesium stelleroides</i>	Jips	432,36
<i>Plantago euphratica</i>	Jips	557,51
<i>Ebenus macrophylla</i>	Jips	584,59
<i>Gypsophila eriocalyx</i>	Jips	239,63
<i>Verbascum alyssifolium</i>	Jips	473,18
<i>Onosma sintenisii</i>	Jips	340,64
<i>Tanacetum alyssifolium</i>	Jips	694,34
<i>Onobrychis nitida</i>	Jips	278,60
<i>Scorzonera aucheri</i>	Jips	374,25
<i>Psephellus recepii</i>	Jips	228,02
Jips türlerinin genel ortalaması		420,31
<i>Ebenus laquroides</i>	K.taşı	657,31
<i>Chrysophthalmum montanum</i>	K.taşı	627,46
<i>Tanacetum argenteum</i>	K.taşı	580,33
<i>Potentilla sp.</i>	K.taşı	647,29
<i>Phlomis sp.</i>	K.taşı	666,77
<i>Cyclotrichium niveum</i>	K.taşı	644,48
<i>Campanula yildirimlii</i>	K.taşı	502,09
<i>Psephellus aucherianus</i>	K.taşı	718,09
<i>Teucrium leucophyllum</i>	K.taşı	572,69
<i>Verbascum leiocarpum</i>	K.taşı	348,53
<i>Origanum sp.</i>	K.taşı	785,43
Kireçtaşı türlerinin genel ortalaması		613,68
<i>Onosma discedens</i>	Serpantin	641,95
<i>Reseda armena</i>	Serpantin	222,03
<i>Verbascum calycosum</i>	Serpantin	373,45
<i>Scrophularia erzincanica</i>	Serpantin	208,41
<i>Silene nerimaniae</i>	Serpantin	289,12
<i>Physioptychis haussknechtii</i>	Serpantin	376,81
<i>Hesperis breviscapa</i>	Serpantin	174,58
<i>Psephellus sintenisii</i>	Serpantin	408,53
<i>Ricotia aucheri</i>	Serpantin	227,12
<i>Campanula ptarmicifolia</i>	Serpantin	302,94
<i>Scorzonera aucherana</i>	Serpantin	797,83
<i>Silene ruscifolia</i>	Serpantin	707,05
<i>Rhabdosciadium urusakii</i>	Serpantin	360,72
<i>Chrysothesium stelleroides</i>	Serpantin	432,36
<i>Plantago euphratica</i>	Serpantin	557,51
Serpantin türlerinin genel ortalaması		405,36

Tablo 4.9. Bitki bitki yaprak kuru madde içeriğinin anakaya çeşidine göre PostHoc test analiz sonuçları

	Test İstatistik	Std. Hata	Std. Test istatistik	Sig.	Adj. Sig. ^a
serpantin-jips	1,692	4,189	,404	,686	1,000
serpantin-k.tasi	11,420	4,080	2,799	,005	,015
jips-k.tasi	-9,727	4,351	-2,236	,025	,076

4.5. Bitki Sürgününde Besin Elementi

Tablo 4.10. Serpantin bitkileri mineral madde miktarları

Element	Mg		Al		K		Ca		Cr	
Bitki										
<i>Heldreichia rotindifolia</i>	5816,44	± 132,91	95,36	± 3,71	15649,51	± 342,18	1691,45	± 81,77	0,26	± 0,02
<i>Hesperis breviscapa</i>	6906,28	± 1212,10	567,16	± 72,30	26882,13	± 4376,86	3496,29	± 275,52	9,64	± 1,70
<i>Convolvulus pseudoscammonia</i>	4941,66	± 293,50	185,83	± 9,47	9204,63	± 171,57	1088,76	± 37,38	4,05	± 0,34
<i>Psephellus aucherianus</i>	3953,55	± 148,84	357,78	± 15,38	10676,36	± 153,09	2303,45	± 86,50	3,11	± 0,17
<i>Scrophularia erzincanica</i>	7619,40	± 110,84	345,40	± 6,97	23050,49	± 269,06	1616,48	± 19,46	4,27	± 0,25
<i>Silene nerimaniae</i>	33151,92	± 7691,71	1316,31	± 309,83	14417,80	± 1380,81	1521,95	± 40,64	67,90	± 16,99
<i>Physoptychis haussknechtii</i>	6789,73	± 1532,06	400,93	± 112,39	13001,29	± 201,87	5077,78	± 384,05	8,79	± 4,32
<i>Thymus sp.</i>	2442,31	± 21,25	352,09	± 8,05	9066,87	± 73,53	2216,36	± 18,90	2,02	± 0,08
<i>Reseda armena</i>	10824,05	± 99,64	216,53	± 2,82	23069,36	± 240,98	1919,92	± 18,98	5,55	± 0,23
<i>Onosma discedens</i>	6467,24	± 294,73	328,79	± 11,79	16574,53	± 187,01	6800,96	± 93,98	13,42	± 1,26
<i>Silene nerimaniae</i>	69687,84	± 3074,60	1032,70	± 42,47	14829,13	± 306,50	1265,32	± 7,33	200,92	± 12,96
<i>Hesperis breviscapa</i>	10733,50	± 278,94	325,10	± 6,51	22536,23	± 133,51	3690,94	± 21,37	16,78	± 1,07
<i>Ricotia aucheri</i>	7118,04	± 201,72	166,21	± 16,03	12506,55	± 69,95	1800,40	± 32,56	2,58	± 0,30
<i>Scrophularia erzincanica</i>	10036,28	± 463,50	349,46	± 7,36	15227,24	± 516,44	1386,06	± 39,46	9,60	± 1,08
<i>Leopoldia erzincanica</i>	12675,59	± 712,93	205,58	± 7,30	12332,29	± 128,12	1547,89	± 22,17	17,88	± 1,35
<i>Alyssum sp.</i>	9666,05	± 2488,44	740,84	± 64,83	10119,46	± 1348,66	4871,94	± 1051,86	14,85	± 4,95
<i>Verbascum calycosum</i>	8774,53	± 86,45	723,85	± 8,91	11773,25	± 72,80	2206,27	± 12,02	12,90	± 0,24
<i>Silene ruscifolia</i>	41527,19	± 595,47	1273,42	± 11,95	18378,30	± 209,06	2814,34	± 26,47	67,93	± 5,12
<i>Psephellus sintenisii</i>	13300,21	± 226,01	1123,33	± 28,73	23673,79	± 462,13	3804,42	± 54,04	9,77	± 0,52
<i>Astragalus pinnatus</i>	14093,51	± 528,81	1619,26	± 61,84	17847,05	± 191,33	2243,16	± 16,17	15,37	± 0,87
<i>Hedysarum yilmaz-unalii</i>	5763,79	± 333,29	585,012	± 209,99	8520,3872	± 920,68	1482,81	± 133,64	3,30	± 0,98
<i>Campanula ptarmicifolia</i>	9848,03	± 206,81	729,73	± 12,50	13392,78	± 123,69	2842,68	± 18,17	9,72	± 0,37
<i>Ferulago longistylis</i>	3584,64	± 77,70	85,60	± 4,22	27519,87	± 481,50	837,30	± 19,88	0,56	± 0,02

Tablo 4.10. (Devamı)

Element Bitki	Fe		Ni		Cu		Zn		Mn	
<i>Heldreichia rotindifolia</i>	86,68	± 3,32	0,96	± 0,11	1,14	± 0,02	9,51	± 0,26	12,20	± 0,47
<i>Hesperis breviscapa</i>	1054,97	± 87,88	38,24	± 8,13	4,02	± 0,87	17,60	± 1,96	59,46	± 7,97
<i>Convolvulus pseudoscammonia</i>	622,86	± 50,16	23,73	± 2,04	2,07	± 0,03	7,32	± 0,28	26,26	± 1,30
<i>Psephellus aucherianus</i>	534,36	± 31,38	26,16	± 1,37	4,78	± 0,11	10,52	± 0,73	27,44	± 1,31
<i>Scrophularia erzincanica</i>	792,13	± 20,27	29,86	± 1,06	4,97	± 0,06	17,47	± 0,75	31,11	± 0,54
<i>Silene nerimaniae</i>	6311,26	± 1559,76	244,78	± 61,35	3,32	± 0,09	18,07	± 1,07	146,26	± 32,35
<i>Physoptychis haussknechtii</i>	940,04	± 359,60	60,63	± 6,45	2,04	± 0,08	11,55	± 0,79	44,85	± 6,82
<i>Thymus sp.</i>	318,80	± 7,97	1,98	± 0,06	6,90	± 0,50	63,47	± 0,70	24,74	± 0,21
<i>Reseda armena</i>	492,62	± 11,35	13,41	± 0,14	3,15	± 0,05	20,94	± 0,15	39,97	± 0,51
<i>Onosma discedens</i>	1232,25	± 71,64	41,39	± 2,91	3,03	± 0,06	9,74	± 0,30	85,44	± 1,31
<i>Silene nerimaniae</i>	13706,29	± 657,67	676,14	± 29,51	4,45	± 0,05	28,26	± 0,45	256,59	± 16,99
<i>Hesperis breviscapa</i>	1661,01	± 65,25	87,28	± 2,95	3,07	± 0,03	15,63	± 0,22	69,63	± 1,75
<i>Ricotia aucheri</i>	306,63	± 22,68	9,79	± 0,77	1,72	± 0,09	26,14	± 0,91	40,50	± 1,38
<i>Scrophularia erzincanica</i>	1605,58	± 77,13	74,20	± 4,30	4,83	± 0,17	28,69	± 0,75	47,23	± 1,55
<i>Leopoldia erzincanica</i>	1908,77	± 128,16	88,62	± 6,48	3,10	± 0,05	21,80	± 0,31	49,35	± 2,28
<i>Alyssum sp.</i>	1697,68	± 486,24	57,72	± 21,83	3,73	± 1,14	30,04	± 9,47	59,96	± 7,93
<i>Verbascum calycosum</i>	1498,23	± 24,19	41,35	± 0,70	4,58	± 0,10	13,88	± 0,39	53,41	± 0,60
<i>Silene ruscifolia</i>	7258,76	± 90,07	324,96	± 4,29	3,25	± 0,03	11,06	± 0,07	149,60	± 1,54
<i>Psephellus sintenisii</i>	1664,66	± 50,88	66,52	± 1,67	10,46	± 0,22	25,72	± 0,86	87,54	± 1,58
<i>Astragalus pinnatus</i>	2496,14	± 128,55	58,59	± 4,92	6,01	± 0,07	28,87	± 0,65	140,92	± 3,11
<i>Hedysarum yılmaz-unalii</i>	616,35	± 198,01	10,99	± 0,24	5,21	± 0,67	22,44	± 2,88	56,79	± 4,55
<i>Campanula ptarmicifolia</i>	1682,57	± 49,90	49,44	± 2,13	4,50	± 0,10	18,44	± 0,22	74,37	± 1,44
<i>Ferulago longistylis</i>	131,97	± 9,24	18,05	± 0,64	5,78	± 0,09	25,62	± 0,54	38,13	± 0,75

Tablo 4.11. Kireçtaşı bitkileri madde miktarları

Element														
Bitki	Mg		Al		K		Ca		Cr					
<i>Gypsophila briquetiana</i>	2695,76	± 83,84	1087,96	± 79,20	7713,01	± 765,91	11329,98	± 1210,24	3,30	± 0,22				
<i>Silene pungens</i>	3547,11	± 80,46	785,13	± 40,48	16095,47	± 139,11	2712,25	± 84,21	2,79	± 0,16				
<i>Cyclotrichium niveum</i>	1325,62	± 15,64	630,43	± 12,22	10848,78	± 75,33	2765,25	± 19,50	2,41	± 0,07				
<i>Origanum munzurense</i>	11359,85	± 7402,48	705,54	± 229,09	9808,59	± 1782,34	2613,22	± 548,44	20,06	± 17,14				
<i>Chrysophthalmum montanum</i>	4015,98	± 232,25	1743,46	± 164,31	22294,56	± 1142,17	8809,76	± 2525,58	4,69	± 0,37				
<i>Thymus haussknechtii</i>	3690,10	± 159,60	1485,52	± 169,45	14062,46	± 144,35	3104,73	± 120,90	5,15	± 0,51				
<i>Campanula yildirimlii</i>	5813,80	± 26,38	1039,39	± 26,81	17039,12	± 198,00	8142,18	± 84,87	3,11	± 0,11				
<i>Tanacetum albipannosum</i>	5871,16	± 557,57	1597,88	± 304,58	13707,59	± 1389,11	4972,14	± 1448,15	7,10	± 1,41				
<i>Erodium amanum</i>	5576,73	± 125,80	4191,06	± 149,49	7252,10	± 110,72	9018,73	± 114,87	15,64	± 0,52				
<i>Ebenus laguroides</i>	3226,99	± 24,68	632,91	± 27,08	5968,06	± 21,53	2612,24	± 14,48	2,06	± 0,15				
<i>Teucrium leucophyllum</i>	3268,94	± 1240,28	782,65	± 67,60	13520,12	± 4291,86	2684,21	± 282,56	4,90	± 1,87				
<i>Tanacetum argenteum</i>	1905,14	± 75,99	778,80	± 21,42	9914,65	± 158,57	2283,65	± 50,61	2,60	± 0,06				
<i>Phlomis sp.</i>	1670,24	± 16,42	127,48	± 3,76	14225,40	± 158,89	2505,29	± 30,47	0,44	± 0,03				
<i>İnula sp.</i>	2725,09	± 12,45	600,69	± 9,47	9827,00	± 60,42	3120,57	± 24,78	2,78	± 0,04				
<i>Psephellus aucherianus</i>	1799,15	± 80,79	237,62	± 17,02	10429,10	± 304,40	3199,24	± 107,65	0,78	± 0,08				
<i>Potentilla anatolica</i>	2463,40	± 17,13	1086,57	± 40,18	8060,00	± 52,49	2366,09	± 25,90	3,70	± 0,19				
<i>Verbascum leiocarpum</i>	2724,86	± 160,54	306,45	± 27,04	13403,02	± 167,43	1791,85	± 74,69	1,50	± 0,11				

Tablo 4.11. (Devamı)

Element Bitki	Fe		Ni		Cu		Zn		Mn	
<i>Gypsophila briquetiana</i>	853,47	± 67,87	6,53	± 0,24	4,07	± 0,84	19,14	± 0,79	66,97	± 6,26
<i>Silene pungens</i>	669,69	± 32,29	2,69	± 0,13	3,41	± 0,09	8,96	± 0,19	38,08	± 1,26
<i>Cyclotrichium niveum</i>	545,44	± 5,33	3,40	± 0,78	3,33	± 0,05	9,41	± 0,27	39,55	± 0,26
<i>Origanum munzurensense</i>	1973,65	± 1466,09	75,32	± 58,65	4,78	± 0,91	38,72	± 10,22	66,53	± 26,90
<i>Chrysophthalmum montanum</i>	1194,62	± 98,39	9,51	± 0,29	13,24	± 1,15	33,22	± 0,82	60,63	± 12,14
<i>Thymus haussknechtii</i>	1362,13	± 145,22	9,93	± 0,81	10,11	± 0,30	29,42	± 1,49	59,01	± 3,99
<i>Campanula yildirimlii</i>	828,43	± 27,27	5,47	± 0,21	3,46	± 0,09	49,93	± 0,47	124,79	± 2,89
<i>Tanacetum albipannosum</i>	1403,36	± 263,35	14,00	± 0,81	8,65	± 1,06	90,98	± 31,77	93,21	± 5,91
<i>Erodium amanum</i>	4504,66	± 162,01	26,84	± 0,97	7,10	± 0,14	20,15	± 0,44	164,36	± 4,69
<i>Ebenus laguroides</i>	502,72	± 19,32	5,89	± 0,07	9,53	± 0,07	21,34	± 0,22	60,79	± 0,93
<i>Teucrium leucophyllum</i>	813,22	± 99,95	14,39	± 8,44	7,03	± 1,00	24,67	± 2,69	35,72	± 8,91
<i>Tanacetum argenteum</i>	672,24	± 20,18	6,11	± 0,11	5,26	± 0,10	18,26	± 0,37	55,16	± 0,94
<i>Phlomis sp.</i>	126,73	± 3,44	1,66	± 0,14	5,28	± 0,05	19,11	± 0,27	16,53	± 0,23
<i>İnula sp.</i>	553,12	± 7,44	4,64	± 0,07	8,49	± 0,05	28,08	± 0,26	30,71	± 0,18
<i>Psephellus aucherianus</i>	195,96	± 13,02	3,67	± 0,32	10,09	± 0,39	6,81	± 0,28	13,86	± 0,58
<i>Potentilla anatolica</i>	910,04	± 30,39	3,49	± 0,14	3,04	± 0,06	17,61	± 0,22	88,24	± 0,90
<i>Verbascum leiocarpum</i>	321,05	± 25,63	2,83	± 0,27	9,80	± 0,27	39,60	± 2,56	29,50	± 2,18

Tablo 4.12. Jips bitkileri madde miktarları

Element	Mg		Al		K		Ca		Cr	
Bitki										
<i>Onosma beyazoglui</i>	4745,60	± 30,57	1313,63	± 27,08	8447,59	± 198,03	21244,98	± 295,30	3,44	± 0,07
<i>Scorzonera aucherana</i>	4637,52	± 98,67	728,41	± 257,97	14269,33	± 501,13	1799,67	± 73,60	5,12	± 1,00
<i>Onobrychis nitida</i>	5151,63	± 185,43	73,52	± 2,70	9216,76	± 125,85	2467,10	± 31,56	3,21	± 0,87
<i>Onosma sintenisii</i>	7014,59	± 350,40	1702,16	± 67,52	16185,00	± 1544,86	9675,80	± 594,16	7,00	± 0,36
<i>Verbascum alyssifolium</i>	5065,52	± 81,12	3302,81	± 78,92	10916,03	± 154,22	4999,02	± 83,06	10,90	± 0,39
<i>Chrysothesium stelleroides</i>	7021,84	± 155,56	599,71	± 43,60	54474,83	± 356,55	8870,62	± 122,63	2,12	± 0,14
<i>Aethionema erzincanum</i>	7578,23	± 96,26	1432,48	± 27,67	13331,04	± 136,29	6915,49	± 99,08	5,31	± 0,11
<i>Psephellus recepii</i>	3444,28	± 132,29	398,39	± 22,17	23092,51	± 408,32	6733,94	± 429,04	1,62	± 0,13
<i>Scrophularia lepidota</i>	24606,56	± 2004,18	2123,09	± 146,93	13313,68	± 462,03	7658,87	± 324,99	39,95	± 3,77
<i>Gypsophila eriocalyx</i>	8276,20	± 56,79	960,56	± 20,04	17746,70	± 271,25	20091,53	± 195,22	4,42	± 0,07
<i>Ebenus macrophylla</i>	4229,99	± 49,40	395,95	± 6,40	14908,05	± 235,94	4034,94	± 38,27	2,38	± 0,08
<i>Tanacetum pectinatum</i>	2643,85	± 45,38	1413,84	± 50,67	11259,41	± 118,09	2195,46	± 31,89	5,30	± 0,11
<i>Gypsophila lepidioides</i>	7646,20	± 176,31	583,20	± 22,89	10909,62	± 1215,80	12309,31	± 1373,93	2,13	± 0,11
<i>Scorzonera aucherana</i>	9510,91	± 251,13	651,94	± 32,74	32406,75	± 1272,53	3304,77	± 102,50	4,11	± 0,27
<i>Tanacetum alyssifolium</i>	4727,51	± 103,96	909,09	± 26,26	12682,52	± 209,11	3382,72	± 75,89	3,63	± 0,10

Tablo 4.12. (Devamı)

Element Bitki	Fe		Ni		Cu		Zn		Mn						
<i>Onosma beyazoglui</i>	966,83	±	17,96	9,13	±	0,22	4,64	±	0,05	14,15	±	0,16	95,46	±	0,54
<i>Scorzonera aucherana</i>	838,60	±	214,90	11,48	±	0,65	7,51	±	0,62	25,18	±	3,78	50,70	±	8,10
<i>Onobrychis nitida</i>	202,46	±	4,43	11,74	±	0,11	8,36	±	0,17	28,58	±	0,61	48,38	±	0,55
<i>Onosma sintenisii</i>	1577,25	±	70,07	18,97	±	1,03	8,12	±	0,61	30,25	±	1,40	90,64	±	5,81
<i>Verbascum alyssifolium</i>	2582,64	±	52,50	23,04	±	0,82	10,76	±	0,19	25,96	±	0,55	79,30	±	1,80
<i>Chrysothesium stelleroides</i>	496,62	±	34,72	8,80	±	0,42	25,33	±	0,52	44,79	±	0,74	90,37	±	3,19
<i>Aethionema erzincanum</i>	1223,39	±	17,62	14,24	±	0,10	3,69	±	0,03	29,94	±	0,55	61,74	±	0,86
<i>Psephellus recepii</i>	322,87	±	17,11	2,66	±	0,12	12,29	±	0,34	22,12	±	0,38	34,79	±	1,74
<i>Scrophularia lepidota</i>	4995,42	±	457,56	146,68	±	15,20	9,67	±	0,12	43,24	±	0,75	139,67	±	9,94
<i>Gypsophila eriocalyx</i>	944,74	±	15,14	14,09	±	0,30	5,30	±	0,03	15,68	±	0,23	125,18	±	1,30
<i>Ebenus macrophylla</i>	483,30	±	7,71	12,36	±	0,45	9,44	±	0,13	36,88	±	0,69	86,00	±	1,90
<i>Tanacetum pectinatum</i>	1301,03	±	33,18	10,81	±	0,27	10,78	±	0,15	33,50	±	0,38	59,13	±	1,11
<i>Gypsophila lepidioides</i>	469,16	±	19,77	11,49	±	0,69	4,53	±	0,50	11,62	±	0,84	85,63	±	3,60
<i>Scorzonera aucherana</i>	748,57	±	25,11	14,94	±	1,06	11,32	±	0,25	25,87	±	0,59	78,69	±	2,81
<i>Tanacetum alyssifolium</i>	874,97	±	23,38	8,03	±	0,19	15,06	±	0,21	22,47	±	0,39	46,64	±	1,07

Tablo 4.13. Serpantin bitkileri madde korelasyonları

	Mg	Al	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Mg	1	,451**	0,018	-0,045	,960**	,872**	,985**	,935**	,981**	-0,048	-0,027
Al	,451**	1	0,072	,212**	,352**	,740**	,512**	,392**	,359**	,483**	,252**
K	0,018	0,072	1	0,073	-0,035	0,082	-0,018	0,066	0,005	,339**	0,017
Ca	-0,045	,212**	0,073	1	-0,065	0,099	-0,015	0,114	-0,042	0,047	-,191*
Cr	,960**	,352**	-0,035	-0,065	1	,824**	,971**	,927**	,984**	-0,082	0,02
Mn	,872**	,740**	0,082	0,099	,824**	1	,896**	,810**	,825**	,164*	0,094
Fe	,985**	,512**	-0,018	-0,015	,971**	,896**	1	,940**	,981**	-0,022	0,02
Co	,935**	,392**	0,066	0,114	,927**	,810**	,940**	1	,953**	-0,084	-0,096
Ni	,981**	,359**	0,005	-0,042	,984**	,825**	,981**	,953**	1	-0,071	-0,022
Cu	-0,048	,483**	,339**	0,047	-0,082	,164*	-0,022	-0,084	-0,071	1	,548**
Zn	-0,027	,252**	0,017	-,191*	0,02	0,094	0,02	-0,096	-0,022	,548**	1

Tablo 4.14. Kireçtaşı bitkileri madde korelasyonları

	Mg	Al	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Mg	1	,248**	0,117	,177*	,848**	,473**	,550**	,859**	,914**	-0,114	0,058
Al	,248**	1	-0,04	,418**	,555**	,795**	,910**	,378**	,271**	0,14	,252**
K	0,117	-0,04	1	-0,137	0,024	-,161*	-0,081	0,11	0,038	,392**	,282**
Ca	,177*	,418**	-0,137	1	0,115	,562**	,288**	0,113	0,04	-,321**	-0,057
Cr	,848**	,555**	0,024	0,115	1	,560**	,827**	,907**	,934**	0,016	,161*
Mn	,473**	,795**	-,161*	,562**	,560**	1	,777**	,469**	,360**	-,247**	,202**
Fe	,550**	,910**	-0,081	,288**	,827**	,777**	1	,674**	,616**	0,07	,163*
Co	,859**	,378**	0,11	0,113	,907**	,469**	,674**	1	,947**	-0,078	0,076
Ni	,914**	,271**	0,038	0,04	,934**	,360**	,616**	,947**	1	-0,032	0,029
Cu	-0,114	0,14	,392**	-,321**	0,016	-,247**	0,07	-0,078	-0,032	1	,297**
Zn	0,058	,252**	,282**	-0,057	,161*	,202**	,163*	0,076	0,029	,297**	1

Tablo 4.15. Jips bitkileri madde korelasyonları

	Mg	Al	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Mg	1	,324**	0,044	,140*	,899**	,707**	,814**	,916**	,943**	-0,029	,331**
Al	,324**	1	-236**	0,093	,555**	,442**	,760**	,554**	,438**	-0,058	,224**
K	0,044	-236**	1	-0,038	-,154*	0,094	-191**	-,153*	-0,118	,787**	,419**
Ca	,140*	0,093	-0,038	1	-0,009	,572**	0,027	0,031	0,02	-,307**	-416**
Cr	,899**	,555**	-,154*	-0,009	1	,616**	,956**	,991**	,980**	-0,027	,425**
Mn	,707**	,442**	0,094	,572**	,616**	1	,637**	,639**	,637**	-0,052	,247**
Fe	,814**	,760**	-191**	0,027	,956**	,637**	1	,959**	,913**	-0,036	,409**
Co	,916**	,554**	-,153*	0,031	,991**	,639**	,959**	1	,988**	-0,05	,410**
Ni	,943**	,438**	-0,118	0,02	,980**	,637**	,913**	,988**	1	-0,031	,403**
Cu	-0,029	-0,058	,787**	-307**	-0,027	-0,052	-0,036	-0,05	-0,031	1	,569**
Zn	,331**	,224**	,419**	-416**	,425**	,247**	,409**	,410**	,403**	,569**	1

4.6. Toprak Besin Elementi

Tablo 4.16. Anakayaya göre toprak ortalama madde miktarları

Element Anakaya / Lokalite		Mg				Al				K				Ca				Cr			
Jips	Yahşılar 1. Lokalite	6118,40	±	148,39	12285,14	±	397,60	2184,87	±	52,00	14891,07	±	329,91	40,47	±	1,02					
	Yahşiler 2. Lokalite	3065,13	±	98,58	3221,04	±	70,93	285,70	±	8,62	19485,58	±	362,77	13,52	±	0,29					
	Yahşiler 3. Lokalite	574,95	±	23,90	514,11	±	18,29	22,76	±	6,70	23675,23	±	471,09	3,87	±	0,41					
	Ortalama	4591,77	±	123,49	7753,09	±	234,27	1235,29	±	30,31	17188,33	±	346,34	27,00	±	0,66					
Kireçtaşı	Ergan Dağı	10370,73	±	114,06	26434,53	±	334,16	3038,10	±	47,70	13546,87	±	363,63	86,17	±	1,17					
	Kemaliye Mani yolu	10798,58	±	273,58	40105,66	±	1304,72	7960,61	±	283,03	7837,03	±	253,04	89,40	±	2,56					
	Kemaliye Kanyon	11608,90	±	660,91	32229,21	±	1602,75	9470,08	±	465,33	16103,53	±	734,30	86,24	±	4,89					
	Dumanlı Dağı	13659,75	±	437,31	29600,35	±	944,65	3125,79	±	159,94	2408,13	±	112,89	122,08	±	3,74					
	Kemaliye-İliç yolu	3527,06	±	446,83	7754,78	±	665,93	824,49	±	69,46	27341,04	±	1416,56	35,25	±	3,48					
	Bağıtaş	15191,16	±	807,83	53089,07	±	2892,88	9384,07	±	537,95	3289,04	±	153,96	148,77	±	8,22					
	Ortalama	10859,36	±	456,75	31535,60	±	1290,85	5633,86	±	260,57	11754,27	±	505,73	94,65	±	4,01					
Serpantin	Eriç Köyü 1. Lokalite	141644,45	±	1514,77	3781,99	±	86,98	274,81	±	15,55	138,55	±	4,62	330,68	±	4,35					
	Eriç Köyü 2. Lokalite	128862,70	±	1985,46	3357,72	±	129,54	207,95	±	14,97	121,22	±	7,20	325,48	±	13,05					
	Yücebelen Köyü	124015,44	±	1963,71	6709,15	±	66,54	905,55	±	14,39	172,75	±	3,40	196,12	±	6,45					
	Sakaltutan Geçidi	126653,76	±	4676,24	1939,74	±	75,80	31,00	±	5,35	257,80	±	28,14	258,61	±	12,65					
	Yücebelen Maden Yolu	169981,30	±	1881,52	3162,40	±	126,10	265,82	±	18,97	1196,38	±	66,87	233,65	±	3,96					
	Salihli Köyü	133509,86	±	2839,07	9184,01	±	343,62	1016,92	±	33,46	308,59	±	10,39	376,72	±	9,16					
	Ortalama	137444,59	±	2476,80	4689,17	±	138,10	450,34	±	17,12	365,88	±	20,10	286,88	±	8,27					

Tablo 4.16. Devamı

Element													
Anakaya / Lokalite		Fe			Ni			Cu			Zn		
Jips	Yahşılar 1. Lokalite	12597,21	±	342,17	91,65	±	2,53	12,79	±	0,38	24,66	±	0,66
	Yahşiler 2. Lokalite	3622,55	±	79,89	33,43	±	0,71	3,61	±	0,08	7,29	±	0,47
	Yahşiler 3. Lokalite	455,32	±	15,07	12,53	±	1,93	1,65	±	0,19	2,25	±	1,02
	Ortalama	8109,88	±	211,03	62,54	±	1,62	8,20	±	0,23	15,98	±	0,57
Kireçtaşı	Ergan Dağı	25269,56	±	389,26	162,64	±	9,17	19,51	±	0,24	161,93	±	4,91
	Kemaliye Mani yolu	33007,25	±	781,48	140,35	±	3,87	30,18	±	0,80	153,48	±	3,77
	Kemaliye Kanyon	24221,45	±	1282,40	143,21	±	8,07	25,39	±	1,40	68,86	±	4,09
	Dumanlı Dağı	35182,01	±	908,56	244,53	±	6,51	34,42	±	0,90	77,89	±	2,41
	Kemaliye-İliç yolu	6654,81	±	480,34	76,21	±	7,27	9,75	±	0,63	50,06	±	3,24
	Bağıtaş	46919,73	±	2436,43	267,92	±	11,97	57,24	±	2,98	185,30	±	8,89
	Ortalama	28542,47	±	1046,41	172,48	±	7,81	29,42	±	1,16	116,25	±	4,55
Serpantin	Eriç Köyü 1. Lokalite	33038,21	±	699,10	1294,21	±	17,71	5,92	±	0,10	22,35	±	0,70
	Eriç Köyü 2. Lokalite	31570,07	±	538,62	1191,79	±	20,40	5,89	±	0,44	21,64	±	0,93
	Yücebelen Köyü	32677,65	±	532,68	1399,12	±	26,00	8,44	±	0,16	24,91	±	0,69
	Sakaltutan Geçidi	32061,44	±	1246,19	1436,07	±	53,06	5,36	±	0,21	16,48	±	0,68
	Yücebelen Maden Yolu	40878,84	±	401,94	1973,05	±	15,76	5,05	±	0,27	26,64	±	1,58
	Salihli Köyü	45163,31	±	956,46	1638,43	±	34,91	11,73	±	0,25	37,66	±	1,03
	Ortalama	35898,25	±	729,17	1488,78	±	27,97	7,07	±	0,24	24,95	±	0,94

Tablo 4.17. Serpantin alanların madde korelasyonları

	Mg	Al	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Mg	1	-0,126	-0,161	,734**	0,094	,473**	,599**	,849**	,807**	-0,133	,237*
Al	-0,126	1	,970**	-0,171	,341**	,610**	,582**	0,192	0,158	,942**	,792**
K	-0,161	,970**	1	-0,137	0,139	,465**	,485**	0,16	0,151	,887**	,721**
Ca	,734**	-0,171	-0,137	1	-,268*	,220*	,457**	,847**	,803**	-,238*	0,157
Cr	0,094	,341**	0,139	-,268*	1	,718**	,441**	0,067	-0,065	,456**	,453**
Mn	,473**	,610**	,465**	,220*	,718**	1	,858**	,625**	,473**	,650**	,779**
Fe	,599**	,582**	,485**	,457**	,441**	,858**	1	,799**	,789**	,602**	,816**
Co	,849**	0,192	0,16	,847**	0,067	,625**	,799**	1	,935**	0,162	,507**
Ni	,807**	0,158	0,151	,803**	-0,065	,473**	,789**	,935**	1	0,147	,455**
Cu	-0,133	,942**	,887**	-,238*	,456**	,650**	,602**	0,162	0,147	1	,751**
Zn	,237*	,792**	,721**	0,157	,453**	,779**	,816**	,507**	,455**	,751**	1

Tablo 4.18. Kireçtaşı alanların madde korelasyonları

	Mg	Al	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Mg	1	,879**	,675**	-709**	,956**	,821**	,937**	,923**	,904**	,866**	,580**
Al	,879**	1	,851**	-680**	,885**	,784**	,946**	,918**	,754**	,923**	,758**
K	,675**	,851**	1	-380**	,601**	,402**	,668**	,594**	,418**	,689**	,473**
Ca	-709**	-680**	-380**	1	-738**	-862**	-815**	-798**	-706**	-710**	-478**
Cr	,956**	,885**	,601**	-738**	1	,885**	,964**	,969**	,957**	,940**	,625**
Mn	,821**	,784**	,402**	-862**	,885**	1	,925**	,922**	,869**	,855**	,600**
Fe	,937**	,946**	,668**	-815**	,964**	,925**	1	,989**	,896**	,950**	,722**
Co	,923**	,918**	,594**	-798**	,969**	,922**	,989**	1	,921**	,944**	,756**
Ni	,904**	,754**	,418**	-706**	,957**	,869**	,896**	,921**	1	,877**	,530**
Cu	,866**	,923**	,689**	-710**	,940**	,855**	,950**	,944**	,877**	1	,640**
Zn	,580**	,758**	,473**	-478**	,625**	,600**	,722**	,756**	,530**	,640**	1

Tablo 4.19. Jips alanların madde korelasyonları

	Mg	Al	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Mg	1	,969**	,938**	-,877**	,976**	,975**	,977**	,980**	,972**	,953**	,938**
Al	,969**	1	,992**	-,862**	,997**	,997**	,998**	,994**	,990**	,993**	,963**
K	,938**	,992**	1	-,844**	,988**	,989**	,989**	,983**	,980**	,993**	,963**
Ca	-,877**	-,862**	-,844**	1	-,873**	-,867**	-,870**	-,868**	-,825**	-,823**	-,832**
Cr	,976**	,997**	,988**	-,873**	1	,997**	,998**	,996**	,989**	,993**	,975**
Mn	,975**	,997**	,989**	-,867**	,997**	1	,998**	,998**	,992**	,993**	,967**
Fe	,977**	,998**	,989**	-,870**	,998**	,998**	1	,998**	,992**	,992**	,966**
Co	,980**	,994**	,983**	-,868**	,996**	,998**	,998**	1	,990**	,989**	,965**
Ni	,972**	,990**	,980**	-,825**	,989**	,992**	,992**	,990**	1	,990**	,960**
Cu	,953**	,993**	,993**	-,823**	,993**	,993**	,992**	,989**	,990**	1	,976**
Zn	,938**	,963**	,963**	-,832**	,975**	,967**	,966**	,965**	,960**	,976**	1

Ortalama değerler dikkate alındığında bitki element içeriği Tablo 4.20.'de anakayaya göre toprak element içeriği Tablo 4.21.'de, özetlenmiştir.

Tablo 4.20. Ortalama değerler dikkate alındığında bitki bünyesinde element içeriği

	Mg	Al	K	Ca	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Mn
Serpantin	13389,29	571,13	15581,69	2581,79	21,78	2111,97	88,16	3,98	20,29	69,38
K.taşı	3796,45	1035,22	12840,35	4298,64	4,83	1014,20	12,45	6,63	27,14	61,90
Jips	7086,69	1105,92	17543,99	7712,28	6,71	1201,86	21,23	9,79	27,35	78,15

mavi: en yüksek; kahverengi: en az

Tablo 4.21. Ortalama değerler dikkate alındığında anakayaya göre toprak element içeriği

	Mg	Al	K	Ca	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Mn
Serpantin	137444,59	4689,17	450,34	365,88	286,88	35898,25	1488,78	7,06	24,95	693,42
K.taşı	10859,36	31535,60	5633,86	11754,27	94,65	28542,47	172,48	29,41	116,25	670,34
Jips	4591,76	7753,09	1235,28	17188,33	26,99	8109,88	62,54	8,20	15,97	194,62

mavi: en yüksek; kahverengi: en az

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma sahasında serpantin türlerinin çiçeklenme zamanı jips ve kireçtaşı türlerine göre daha erkendir. Serpantinde mayıs ayından haziran ortalarına kadar çiçeklenme yoğun iken, kireçtaşı ve jips türlerinde çiçeklenme haziran ortasından başlayarak temmuz ortalarına kadar devam eder. Örnek olarak, serpantine özgü *Verbascum calycosum* mayıs ayında çiçek açarken en yakın akrabası *V. alyssifolium* temmuz'da çiçeklenir. Erzincan'ın 1929-2023 yıllarını ihtiva eden iklimsel verilere bakıldığında (Tablo 1.1); ortalama sıcaklığın mayıs ayında 15,5 °C iken, haziran'da 19,9 °C ve temmuzda 23,8 °C olduğu görülmektedir. Güneşlenme süresi de sıcaklıkla orantılı değişim gösterir. Mayıs ayında ortalama yağışlı gün sayısı 13,99 ve yağış miktarı 53,4 mm iken, bu değerler temmuz ayında sırasıyla 3,3 gün ve 12,2 mm'ye düşmektedir. Dolayısı ile zorunlu kireçtaşı ve zorunlu jips türlerinin kuraklığa daha iyi uyum sağlamış olabileceği söylenebilir. Literatüre göre de (Brady vd., 2015) serpantin türleri jips ve kireçtaşı türlerine göre erkencidir. Serpantine özelleşmiş türlerde ağır metallere bağlı olarak kökte mitoz aktivitesinin azalması sebebiyle kökler daha kısa kalır (Maleci vd., 1997). Serpantine özelleşmiş türlerin erkenci olması, toprak su koşullarına bir uyumun sonucu olmalıdır. Serpantin su açısından geçirimsiz ve serpantine özelleşmiş bitkilerde köklerin kısa olması nedeniyle, bu alanlarda vejetasyonun toprak suyunun optimum olduğu aylarda maksimum seviyede olması bu uyumun bir sonucu olmalıdır. Yapılan araştırmalarda jipsli topraklarda yüksek su süzme kapasitesi nedeniyle besin ve suyun düşük miktarda tutulduğunu, bu durumun da kurak mevsimde bitkilerde su açığını artırabileceğini ileri sürmüşlerdir (Guerrero-Campo vd., 1999; Herrero ve Porta, 2000). Bunun aksine bazı araştırmacılar, yaz aylarında çevresindeki diğer toprak tiplerine göre, jipsli topraklarda daha fazla su bulunduğunu tespit etmişlerdir; bu sonuç da birçok jipsofilin geciken çiçeklenme fenolojisini açıklamaktadır (Meyer ve García-Moya, 1989; Aragon vd., 2009).

Erzincan'da her üç anakayanın bitki örtüsüne bakıldığında; jips ve serpantinde yaygın bitki örtüsü tabanı odunsu çok yıllık otlardan oluşmaktadır. Jipslerde yaygın olan *Gypsophila eriocalyx* ve *G. lepidioides* ile lokal dağılım gösteren *Tanacetum alyssifolium* ve *Aethionema erzincanum* bodur çalı türleridir. Serpantinde *Berberis* türleri en yaygın çalılar olarak bilinmektedir. Çatlaksız olan kireçtaşında hemen hemen hiçbir bitki türü bulunmamaktadır. Kireçtaşı türleri kaya çatlaklarına uyum sağlamıştır. Kireçtaşının fiziksel olarak bitki yaşamına uygun olmaması ve besin maddelerince fakirliği (Barth, 2020) bitki yaşamını desteklememektedir. Bitkilerde toprak-su ilişkileri, toprak kabuğu ve besin bulunabilirliğini

belirgin şekilde etkileyecek miktarda kalsiyum karbonat ihtiva etmesi de bitki yaşamını zorlaştıran diğer koşullar arasında sayılabilir (Taallab vd., 2019). Bunların yanında kireçtaşıdaki çatlak sistemi bitkilerin yetişmesine imkân veren, yeterli su ve besin maddesi depolayabilen toprakları bulundurmaktadır (Vermez vd., 2018). Bu yüzden çalışılan sahalarda derin çatlakların olduğu alanlarda *Quercus* L., *Rosa* L., *Acer* L., *Celtis* L., *Juniperus* L., *Cerasus* Mill., türlerinin oluşturduğu ağaç ve çalı topluluklarına da rastlanabilmektedir.

Arazi bulgularına göre toprağın tamamen kristalleşerek beyzalaştığı alanlar ve erozyona açık yamaçlar bir kenara bırakıldığında jipsli alanlardaki bitki örtüsü yer yer %80'i bulabilmektedir (Şekil 5.1.). Jipsin tamamen beyaz tekstürde olduğu (Şekil 5.2.) ve dik erozyona açık (Şekil 5.3.) ortamlarda ise örtüş çok düşük, bazen de hiç bitkilenme görülmemektedir. Erozyona açık alanlarda toprak yüzeyi literatürlerde olduğu gibi (Maester vd., 2013) fide çıkışını ve tohumların gelişmesini engelleyici kuru bir kabuk katmanı olduğu görülmüştür. Serpantin alanlarında örtüş % 25'i geçmemektedir (Şekil 5.4.). Ender olarak toprağın fiziksel özelliklerine bağlı %50'yi bulabilmektedir. Çoğu zaman örtüş oranı % 5-10 civarındadır. Kireçtaşı alanlarda bitki tutunmasına izin veren kaya çatlağının durumuna göre örtüş değişmektedir (Şekil 5.5. – 5.6.). Jipsli alanların fiziksel koşulları bitki gelişimi açısından serpantin ve kireçtaşı alanlarına göre daha iyi sayılabilir. Ayrıca jipse özelleşmiş türlerde müsilaçlı kabukların tohumun kayıp uzaklaşmasını etkilediğinden toprağa tutunarak daha iyi toprak tohum bankası oluşturduğu, yeni çiçlenen tohumların ana bitki çevresinde kümelendiği tespit edilmiştir. Bu koşullar da jipsli alanlarda vejetasyonu örtüşünün daha iyi olmasını sağlamaktadır. Ayrıca su ve besleyici elementler bakımından zengin olan alanlarda vejetasyon örtüşünün daha iyi olduğu da belirtilmektedir (Meyer, 1986; Escudero vd., 2015). Araştırma alanında tamamen kristalleşerek beyazlaşmış jipslerde bitki yetişmemektedir. Bu alanlarda bitki gelişiminde etkili olan Mg ve K çok düşük çıkmış ve Ca diğer jipsli alanlara göre çok yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.1. Jipste eğimsiz veya eğimi düşük alanlarda vejetasyon örtüşü



Şekil 5.2. Jipsli alanda vejetasyon örtüşü. Önde Ca açısından daha düşük, arkada daha yüksek topraklardan görünüm



Şekil 5.3. Jipste su erozyonuna açık eğimli yamaçlarda vejetasyon örtüşü



Şekil 5.4. Serpantin de bitki örtüşü



Şekil 5.5. Kireçtaşında orman-çalı örtüşü



Şekil 5.6. Kireçtaşında otsu ve bodur çalı örtüşü

Taksonların özelliklerinin “Kategorik Diskriminant Analizi” sonuçları dikkate alındığında anakayaya göre; genel özelliklerden bitki boyu x taç izdüşümü ve kümелilik, yaprak özelliklerinden yaprak hâkim rengi ve yaprak boy x en oranı, üremeyle ilgili yapılardan ovaryum durumu, taç yaprak durumu, çiçek simetrisi ve meyve tipinin önemli olduğu belirlenmiştir.

Bitki boyu x taç izdüşümü oranına göre; jipse özelleşmiş türlerin % 52’sinde bitki boyu ile taç izdüşümü birbirine eşit veya izdüşümü daha geniştir. Kireçtaşına özelleşmiş bitkilerde ise bitkilerin büyük çoğunluğunda (yaklaşık % 50) bitki boyu taç izdüşümünün iki katına kadardır. Genel olarak serpantine özelleşmiş türlerde oran her ikisinin arasındadır (Şekil 4.5). Serpantin türleri genel olarak daha kısadır. Serpantin yüksek oranda ağır toksik metaller içerir ve organik madde bakımından daha fakirdir. Dolayısı ile büyümenin sınırlandırıldığı koşullarda bitki kısa ve çok sayıda gövde ile üreme başarısını artırmaya çalışmaktadır. Kalifornia serpantinleriyle ilgili yapılan bir çalışmada (Hidalgo-Triana vd., 2017) serpantin topraklarının bitkilerde yaprakları küçülttüğü, tüylenmeyi ve cüceliğin arttığı belirtilmektedir. Ayrıca yaz kuraklığına karşı yaprak dökümü sözkonusudur. İstatistiksel analizlerde serpantin türlerinin boyca kısa olması bu görüşü desteklemektedir. Kireçtaşı organik madde bakımından daha zengin (Kandemir, 2015; Sözen, 2015) ve çatlaklı yapının daha fazla suyu depolayabilmesi nedeniyle bitki beslenmesini daha iyi desteklediği söylenebilir. Jips bitkilerinin çoğu serpantine özelleşmiş türlerden daha uzun olsa da, çok sayıda yükselici gövdeleri nedeniyle geniş taçlara sahiptir. Kümemsî görünümdeki bitkilerin çoğunluğunun jipse özelleşmiş olması (Şekil 4.5) bu durumu desteklemektedir.

Yaprak hâkim rengin yeşil olma durumu serpantin türlerinde baskınken, kireçtaşı ve jips türlerinde tüylerden dolayı gri olma eğilimindedir (Şekil 4.6). Güneşin yüzeye çarptıktan sonra radyasyonun geriye yansımaları “albedo” olarak bilinir. Albedo ekosistemde ısı, nem akışlarını ve azot döğüsünü etkiler (Lara vd., 2017). Yansıyan radyasyon bitkide ekstra strese neden olur. Örneğin kireçtaşı habitatlarda albedo etkisiyle toprak yüzeyinin 15 cm üstünde sıcaklık 50-60 °C olabilir (Barth, 2020). Bu nedenle kalkerli substratlar üzerindeki bitkiler kuraklık, sıcaklık ve besin fakirliği ile başa çıkmak zorundadır. Bu faktörler bitki gelişimini azaltır ve biyokütle üretimini sınırlar (Bothe, 2015). Albedo stresine karşı bitkiler yansıtıcı örtü tüylerine sahip olur (Doughty, 2011). Serpantin alanlara göre jipsin ve kireçtaşının güneş radyasyonunu yansıtma oranı daha yüksektir. Çalışmada jips ve kireçtaşı türlerindeki tüylenmenin daha yoğun olmasının nedenlerinden birisi de albedo etkisini azaltmak olmalıdır. Bunun yanında tüy

yoğunluğu, jips ve kireçtaşı türlerinin sıcaklığın daha fazla olduğu aylarda çiçeklenmesi nedeniyle kuraklığa uyumunda bir sonucu olabilir. Tüy bitki otçulluğu ile de ilişkilidir. Fakat her üç anakayaya özelleşmiş türlerde dikenliliğin olmaması bitki otçulluğu ihtimalini kısmen düşürmektedir. Yaprak boy x en oranı dikkate alındığında jips türlerinin çoğunluğu (yaklaşık % 51) dar ve uzun olma eğilimindedir. Birbirine yakın akraba olan serpentine özgül *Verbascum calycosum*'un yapraklarının jipsdeki akrabası *V. alyssifolium*'a göre daha kısa ve geniş olması da bu durumu desteklemektedir. Jips türlerinde yaprakların daha dar ve uzun olma eğiliminin nerden kaynaklandığı belirlenememiştir.

Tüm anakayadaki baskın ovaryum durumu üst durumlu ovaryum tipidir. Serpentine özelleşmiş türlerde bu oran daha yüksektir. Alt durumlu ovaryumlar en çok kireçtaşına özelleşmiş türlerde görülmektedir (Şekil 4.7). Kuş ve Coleoptera türlerinin polinasyonda rol oynadığı bitkilerin çoğunda ovaryumun altdurumlu olduğu belirtilmiştir (Grant, 1950). Altdurumlu ovaryuma paralellik gösterecek şekilde kireçtaşı türlerinin petallerinin bitişik olma eğilimi daha yüksektir (Şekil 4.7). Her üç anakayaya özelleşmiş türlerde çiçek simetrisi büyük oranda aktinomorftur. Polinatöre özellikle de arılara özelleşmenin göstergesi olan zigomorf çiçekler jips ve kireçtaşında daha yaygındır. Çiçek özellikleri polinatörlerin farklılığının bir işareti olarak değerlendirilebilir.

Meyve tipleri fonksiyonel bitki tiplerine göre farklılık gösterir. Kuru meyveler kuraklığa uyum sağlamış ve genellikle süksesyonun öncü türlerinin meyve tipidir (Ramírez vd., 2021). Araştırmada ulaşılan bulgular irdelendiğinde (Şekil 4.7) kireçtaşı türlerinde meyvelerin “açılmayan kuru meyve” tipinde olma eğilimi daha baskındır. Serpantin ve jips türleri “açılan kuru meyve tipine” daha yatkın olsalar da jips türlerinde de açılmayan kuru meyve tipi de yaygındır. Jips türlerinde müsülajlı meyve tipi yaygındır. Müsülajlı açılan kuru meyveler meyve-tohum taşıyıcısına yapışarak daha uzun mesafelere dağılabilir. Açılmayan kuru meyveler dağılmak için daha çok hayvanlara ihtiyaç duyar. Açılan meyveler gibi tohumları dağıtmadığından, düzensiz yağışların olduğu alanlarda uygun mevsimi bekleyerek bitkinin çoğalma şansını artırır (Mühlhausen vd., 2008). Kireçtaşı yüzeyleri meyve ve tohumların tutunması için uygun değildir. Meyvelerin kaya çatlaklarına uygun bir şekilde taşınması için başta karıncalar gibi, kireçtaşını yuvalanma amaçlı kullanan hayvan türlerine ihtiyaç vardır. Kireçtaşı türlerinin meyvelerinin çoğunlukla açılmayan kuru meyve tipinde olması bu koşullara uyumun bir sonucu olabilir.

Akdeniz serpantinik alırlarının fonksiyonel karakterleri üzerine yapılan bir çalışmada (Hidalgo-Triana vd., 2023), farklı serpantin alanlarındaki bitkilerin farklı olabildiği ancak hepsinde bitki boyunda kısalık, kuraklık stresini azaltacak yönde yapraklarda amfistomatiklik, iki ila dört katmandan oluşan çok katmanlı bir palizat dokusunun varlığı, kuraklık sırasında stoma iletkenliğinin azalması ve verimli bir kök sisteminin gelişmiş olduğu belirlenmiştir. Gelecekte, Erzincan’da her üç anakayaya özelleşmiş türlerin anatomik açıdan incelenmesi de anakayanın hangi fonksiyonel karakterleri seçtiği konusunda yol gösterici olabilir.

Araştırma bulguları, serpantine özelleşmiş türlerin daha kseromorfik yapıda ve fonksiyonel karakterler açısından kireçtaşı türleri ile jips türlerinin birbirlerine daha yakın olduğunu göstermektedir. Serpantin anakayanın sığ, suya karşı geçirimsiz, organik madde, P ve N bakımından daha fakir ve yüksek oranda ağır metalleri barındırmış olmasının etkisi büyüktür. Gelecekte her üç anakayaya özelleşmiş türlerin kseromorfik yapılarını belirlemede kök ve gövde anatomisine ait çalışmalar yararlı olabilir.

Araştırma bulgularına göre serpantin türlerinin ortalama su içeriğinin jips ve kireçtaşı türlerine göre daha düşük olduğu grlmştir. Serpantin toprakların, sığ, organik madde miktarının düşük ve su tutucu yüzeyinin zayıf olması nedeniyle su miktarı düşüktür (Kawai vd., 2019). Diğer taraftan, Ni, Co ve Cr ağır metaller köklere zarar vererek su ve besinsel minerallerin alımını azaltır. Bu koşullar altında büyüyen bitkilerde prolin ve çözünür karbonhidrat gibi ozmoprotektanların yüksek konsantrasyonlarının olması gerekmektedir. Serpantine özgü türlerle yapılan çalışmalarda prolin miktarı düşük olsa da çözünür karbonhidrat miktarı genellikle daha yüksektir (zbey vd., 2017). Bu nedenle, serpantine özgü türlerin bu özelliği (su stresine maruz diğer ortamlardaki bitki köklerinde de ozmoprotektanlar bulunabilmektedir) bünyelerine yeterli suyu almada etkili olabilir. Arazi çalışmasında gözlendiği ve literatürlerin de belirttiği gibi (Brady vd., 2015) serpantin türlerinin Jips ve kireçtaşı türlerine göre erkenci olması nedeniyle, topraktaki su miktarı geri kalan sezonlara göre yüksek olabilmektedir. Serpantin kök büyümesini azaltması da dikkate alındığında; serpantine özelleşmiş türlerin toprak su içeriğinin daha iyi seviyede olduğu dönemlerde ortaya çıkması kuraklığa karşı bir uyum olmalıdır. Kurak dönemde jips türlerinin kuraklık stresi ile baş etmesinde değişik mekanizmalar olabilmektedir. Derin kök sistemi olan türlerde alt katmanlara sız mış sulardan yararlanılır. Kökleri sığ olan jips türlerinde ise” jipste kristalleşmiş sulardan yararlanılır (de la Puente vd., 2022). Yaz aylarında ksilem zsuyunun bileşimi topraktaki serbest sudan daha çok, kristalleşmiş suya benzer. Bu bitkilerde kökler tarafından alınan suyun yaklaşık % 70’i

kristalleşmiş sudur (Palacio, vd., 2014). Kireçtaşına özelleşmiş türler çatlaklara sızmış suyu kullanabildiğinden bünyelerindeki su oranının serpantin türlerine göre fazla olması beklenen bir durumdur. Bitkilerde kökler aracılığıyla su alımının ve su akışının tahmin etmek, terlemeyi ve dolayısıyla sürgün (özellikle yaprak) ile atmosfer arasında su değişim oranını hesap etmek ve farklı topraklarda su ve suda mineral taşınım süreçlerini anlayabilmek için kök sistemi ile sürgün sisteminin mimarisi önemli olduğu da belirtilmektedir (Janott vd., 2011). Her üç anakayada da bitki yaşamını anlamada, gelecekte kök ve sürgün mimarisinin karşılaştırılması çalışılması oldukça yararlı olacaktır.

Bir bitkinin mimarisi, her bir parçasının doğasına ve göreceli düzenlemesi olarak tanımlanır. Bitki mimarisi herhangi bir zamanda, içsel büyüme süreçleri ile çevre tarafından oluşturulan etki arasındaki dengenin de ifadesidir. Bitki mimarisini anlamak bitkinin içsel süreçleri tanımlamak ve dış etkenlerin etkilerini belirlemek açısından son derece önemlidir. Son zamanda ortaya çıkmalarına rağmen, mimariye ilişkin kavramlar ve analiz yöntemleri bitki yaşamını incelemek için güçlü bir veri sağlamaktadır. Kesin morfolojik gözlemler ve uygun nicel analiz yöntemleriyle tamamlanan bu alandaki son araştırmalar, bitki yapısı ve gelişimine ilişkin anlayışımızı büyük ölçüde artırmıştır. Toprak özellikleri, ışık ve yağış miktarı bitki mimarisinde etkili olan unsurların başında gelmektedir (Barthélémy ve Caraglio, 2007). Özellikle kireçtaşı ve serpentine anakayanın olumsuz fiziksel koşulları nedeniyle komünite düzeyinde kök mimarisinin sürgün mimarisiyle karşılaştırılması oldukça güçtür. Bu nedenle, alanları temsil eden türlerin ayrı ayrı çalışılması daha makul görünmektedir

Morfolojiye dayalı istatistiksel analizlerde anlamlı sonuç çıkmasa da özellikle bazı jipsli türlerde (*Jurinea ancyrensis*, *Onosma beyazoglui*, *Onosma sintenisi*) ve serpentine özelleşmiş birkaç türde (ör. *Jurinea kemahensis*) tabanda toprak yüzeyi seviyesinde yoğun bir yün tabakası bulunmaktadır. Serpentine özgü *Onosma* türlerinde de durum benzerdir. Başta bazı *Apiaceae* türlerinde olduğu gibi (*Ferulago longystylis*-serpantin, *Rhabdosciadium urusakii*-serpantin, *Prangos meliocarpoides*-Jips) bazı jips ve kireçtaşı türlerinde eski yaprak kalıntılarına ait bir kök boğazı (fibrous collar) bulunmaktadır. Bu yapıların fizyolojik etkilerine ait çalışmalara literatürde rastlanmamıştır. And dağlarında yapılan bir çalışmada, ölü yaprakların yalıtımının, dev rozet bitkisi olan *Espetitia timotensis* deki su dengesi üzerindeki etkisi, arazi ve laboratuvar koşullarında incelenmiştir. Gövdeyi çevreleyen ölü yaprak tabakasının çıkarılması, günlük gövde sıcaklığı değişiminin desenini değiştirmiş ve su dengesi üzerinde geçici ve kalıcı etkilere neden olmuştur. Düşük kış sıcaklıklarında sıvı su akış direncinin artmış, gövde sıcaklığında

düşme gözlenmiş, kök ksileminde emboliler ortaya çıkmış ve öz dokusunda donma hasarları meydana gelmiştir (Goldstein ve Meinzer, 1983). Bu nedenle tüy veya yaprak kalıntılarının serpantin, jips ve kireçtaşındaki fizyolojik etkilerinin çalışılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Konuya ilişkin literatürde hemen hemen hiç çalışmaya rastlanmamış olması, oldukça dikkat çekicidir.

Fonksiyonel karakterlere bağlı laboratuvar çalışması sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Özel gövde yoğunluğu bakımından jips ve kireçtaşına özelleşmiş türlerin oranları birbirine benzerdir. Serpantine özelleşmiş olanlarda ise daha fazladır. Gövde kuru madde içeriği en fazla olan serpantine uyum sağlamış türlerdir. Onu kireçtaşına özelleşmiş türler takip etmektedir. Zorunlu jips türlerinde oran en düşüktür. Yaprak kuru madde içeriği en fazla kireçtaşına özelleşmiş türlerdedir. Bunu sırasıyla serpantin ve jipse özelleşmiş türler takip eder.

Bitki gövdelerinin özel gövde yoğunluklarının anakaya çeşidine göre anlamlı (istatistiksel) olarak farklıdır ($H(2, n = 35) = 10.233, p = .006$). Bu farkın hangi anakaya arasında olduğu belirlemek için yapılan PostHoc testi sonuçları ve Tablo 4.5’de gösterilmiştir. Serpantindeki bitki özel gövde hacimleri jips bitkilerinden anlamlı olarak fazladır ($p = .008 < .05$). Benzer şekilde serpantindeki bitki özel gövde hacimleri kireçtaşı bitkilerinden anlamlı olarak fazladır ($p = .006 < .05$). Jipste bitki özel gövde hacimleri kireçtaşı bitkilerinden anlamlı olarak farklı değildir ($p = .992 > .05$). Gövde yoğunluğu, bitkinin büyüme hızı (düşük özel gövde yoğunluğunda yüksek hız) ile patojenlere, otçullara veya abiyotik faktörlerin fiziksel hasarına karşı gövde savunması (yüksek özel gövde yoğunluğunda yüksek savunma) arasındaki dengede merkezi bir rol oynamaktadır (Cornelissen vd., 2003). Çalışma alanında vejetasyon örtüsü en az olan ana kaya serpantindir. Bu nedenle bitkiler açık rüzgârın etkisi altındadır. Ayrıca serpantin suya karşı geçirimsiz olması da dikkate alındığında bu alana özelleşmiş bitkilerin suyu alma ve koruma problemi olduğundan kseromorflüğün göstergesi olarak serpantine özelleşmiş türlerde özel gövde yoğunluğunun fazla olması beklenen bir durumdur.

Bitki gövdelerinin kuru madde içeriği anakaya çeşidine göre anlamlı (istatistiksel) olarak farklıdır ($H(2, n = 36) = 23.649, p = .001$). Bu farkın hangi anakaya arasında olduğu belirlemek için yapılan PostHoc testi sonuçları ve Tablo 4.7.’de gösterilmiştir. Serpantindeki bitki gövde kuru madde içeriği jips bitkilerinden anlamlı olarak fazladır ($p = .017 < .05$). Benzer şekilde serpantindeki bitki gövde kuru madde içeriği kireçtaşı bitkilerinden anlamlı olarak fazladır

($p=.001 <.05$). Kireçtaşındaki bitki gövde kuru madde içeriği jips bitkilerinden anlamlı olarak fazladır ($p=.029 <.05$).

Bitki yapraklarının kuru madde içeriği anakaya çeşidine göre anlamlı (istatistiksel) olarak farklıdır ($H(2, n = 34) = 8,728, p = .013$). Bu farkın hangi anakaya arasında olduğu belirlemek için yapılan PostHoc testi sonuçları ve Tablo 4.9.'da gösterilmiştir. Serpantinindeki bitki yaprak kuru madde içeriği jips bitkilerinden anlamlı olarak farklı değildir ($p=.686 >.05$). Benzer şekilde serpantinindeki bitki yaprak kuru madde içeriği kireçtaşı bitkilerinden anlamlı olarak fazladır ($p=.005 <.05$). Kireçtaşındaki bitki yaprak kuru madde içeriği jips bitkilerinden anlamlı olarak fazladır ($p=.025 <.05$).

Yaprak ve gövde kuru madde içeriği, dokuların ortalama yoğunluğuyla ilgilidir. Potansiyel nispi büyüme oranı ile negatif ve yaprak ömrü ile pozitif korelasyon gösterdiği bilinmektedir. Yüksek kuru madde içeriğine sahip bitkiler nispeten sert olma ve bu nedenle düşük bitkilere göre fiziksel tehlikelere (örneğin otçul, rüzgâr, dolu) karşı daha dayanıklı oldukları varsayılır. Yaprak su ilişkilerinin ve yanıcılığın bazı yönleri de kuru madde içeriğine bağlıdır. Düşük kuru madde içeriğine sahip türler, üretken ve genellikle yüksek oranda bozulmuş ortamlarla ilişkilendirilme eğilimindedir (Cornelissen vd., 2003). Dolayısı ile serpantin türlerinin kuru madde içeriğinin gövde özel yoğunluğu gibi kseromorflukla ilişkisi olduğu söylenebilir.

Su yetersizliğine bağlı olarak Erzincan'da toprağın genellikle kuru olduğu, bu nedenle bitki örtüsünün step formasyonlarından oluştuğu belirtilerek uzun yıllara dayanan iklim analizlerine göre (MannKendall ve Sen Analizi), sıcaklık değerlerinde artış, yağış değerlerinde azalış eğilimi görüldüğü belirtilmektedir (Polat ve Altınbilek, 2021). Küresel iklim değişikliğinin, bitki örtüsü ve bitkilerin fonksiyonel karakterleri üzerinde önemli değişmelere neden olabileceğine yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Ni, 2003; Gillison vd., 2019; Heilmeyer, 2019; Anderegg vd., 2019; Guo vd., 2022).

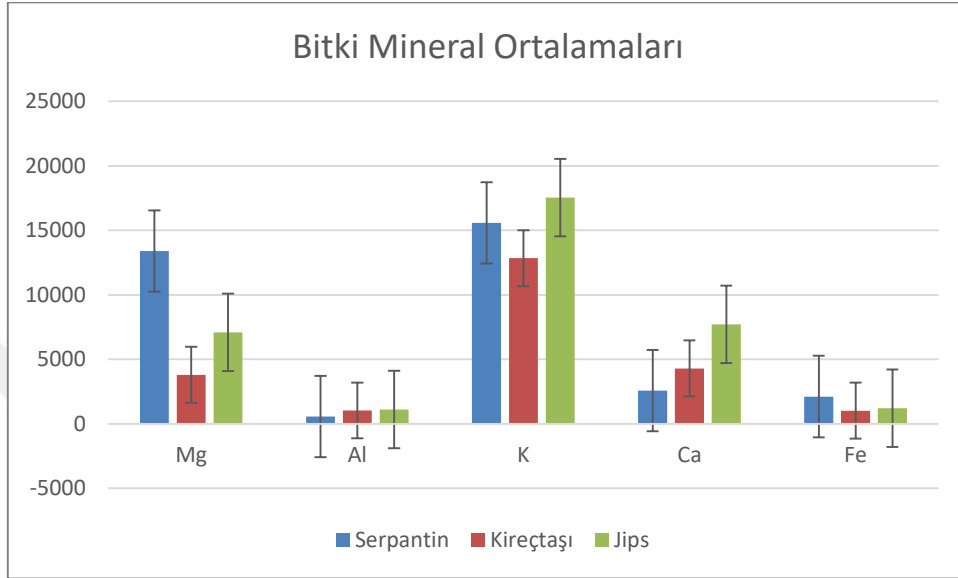
Araştırma bulgularına göre makro düzeyde her ana kaya türünde de genel morfolojik fonksiyonel karakterlerde (bitki duruşu, dallanma mimarisi, kısa boyluluk, yaprak özellikleri vb.) benzerlik görülmektedir. Bu benzerliklerin nedeni; her üç anakaya tipinde de toprakta besleyici mineral eksikliği, anakayanın neden olduğu fiziksel zorluklar ve her üç alanda da iklimsel parametrelerin benzer olmasıdır. Başka bir ifade ile kurak iklim bitki morfolojisinde önemli benzerliklere neden olmuştur. Sıcak ve kurak mevsim koşulları ve artan küresel iklim

değişikliğinin neden olduğu sıcaklık artışları bitkilerde en çok suyun alınımı, taşınımı ve korunmasıyla ilgili fizyolojik özellikleri etkilemektedir (Anderegg vd., 2019). Dolayısı ile gelecek çalışmalarda, her üç anakaya özgü bitki türlerinin su alımı, taşınması ve korunmasıyla ilgili süreçlerinin de incelenmesi gerekli görülmektedir. Bitkilerde kök ve mimarisi, kök hücrelerinde çözünmüş maddelerin neden olduğu su potansiyeli, köklerde mikorizal oluşum bitkideki su bilançosunu önemli oranda etkilemektedir (Barthélémy ve Caraglio, 2007; Özbey vd., 2017; Janott vd., 2011). Özellikle kireçtaşı çatlaklarına uyum sağlamış, kısmen de serpantin anakayaya özgü bitkilerde fiziksel koşullar nedeniyle kökün tamamına ulaşmak mümkün olamamıştır. Bu nedenle bu özellikler çalışmaya dâhil edilmemiştir. Gelecekte, belirtilen zorlukların üstesinden gelecek yöntemlerle her üç anakayada da bitki özelleşmesinde köklerin fonksiyonel karakterleri üzerinde daha detaylı çalışmaların yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Dallanma mimarisi, özel yaprak alanı, yaprak kalınlığı, yaprak damarlanması ve yoğunluğu, yaprak tekstürü, yaprakta kalma süresi, ksilem iletkenliği, karbondioksit respirasyonu, bitkilerin otçullukta tercih edilme durumları, kabuk kalınlığı tohum kütleleri ve dağılma biçimleri gibi başka bitki fonksiyonel karakterleri de bulunmaktadır (Perez-Harguindeguy ve ark., 2013). Bu karakterleri birçok bitkide belirlemenin güçlüğü ve çalışmanın kapsamı açısından daha fazla bitki fonksiyonel karakterini çalışmaya dâhil etmek mümkün olmamıştır. Araştırmaya, Akdeniz Havzası bitkileri için önerilen fonksiyonel karakterler ile (Tavşanoğlu ve Pausas, 2018), Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki Akdeniz enklavlarının bitki fonksiyonel tipleri üzerine belirlenen 24 fonksiyonel karakterden (Elmas ve Kutbay, 2015) yararlanarak belirlenen karakterler dâhil edilmiştir. Bu nedenle gelecekte özellikle Perez-Harguindeguy vd., (2013)'nın çalışması dikkate alınarak her üç anakayaya uyum sağlamış bitkilerin fonksiyonel karakterleri detaylı incelenmelidir. Çalışmalara, bu üç anakayaya uyum sağlamamış bitki türlerinin de dâhil edilmesi her üç anakayanın hangi bitki karakterlerini seçtiğinin anlaşılması açısından yararlı olacaktır.

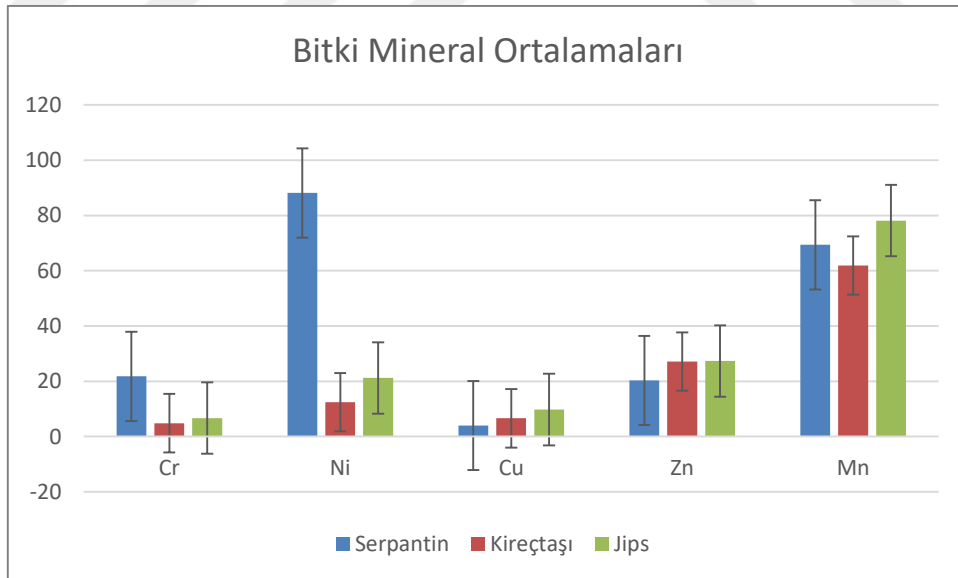
Literatürler incelendiğinde, her üç anakaya bakımından serpantin ve jipse özgü bitkilerin morfolojileri ve fizyolojileri üzerine yapılan çalışmalar daha fazladır. Kireçtaşı çatlaklarına uyum sağlamış bitkiler üzerine hemen hemen hiç çalışma bulunmamaktadır. Dünya nüfusunun %25'inin karbonat kayaçların kapladığı alanlarda yaşadığı tahmin edilmektedir (Zokaides, 1997). Türkiye'nin asıl karstik alanlarını kireçtaşı arazileri oluşturmakta ve karstik sahalar Türkiye'nin yaklaşık 1/4'ünü kaplamaktadır (Atalay, 1998). Bu alanlar dünyada olduğu gibi Türkiye'de de endemik bitkilerin yoğunlaştığı alanların başında gelmektedir. Dolayısı ile

bu alanlara uyum sağlamış zorunlu kireçtaşı türleri üzerine konuya ilişkin çalışmaların düşüklüğü önemli bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır.

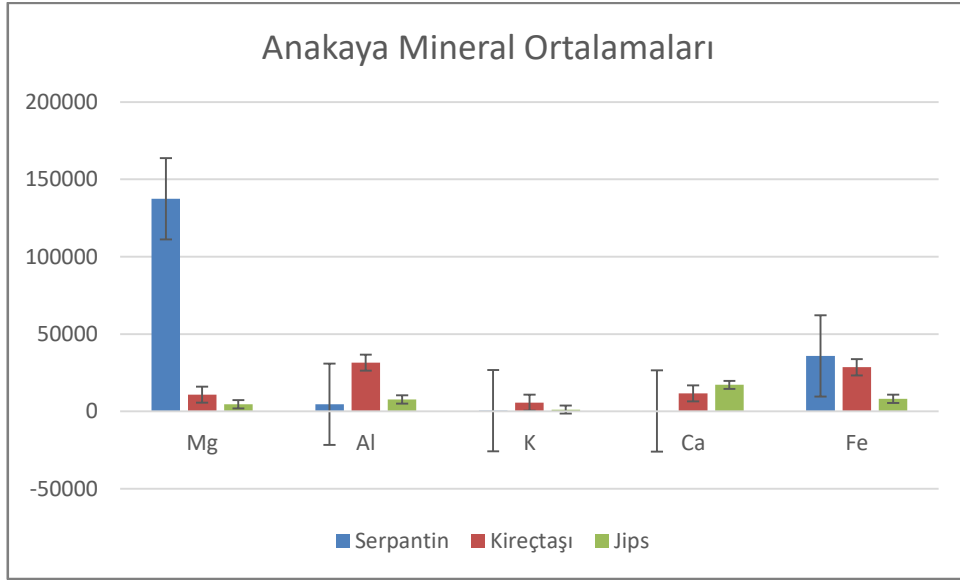
Araştırma bulgularına göre toprak ve bitki bünyesine bağlı ulaşılan sonuçlar Şekik 5.7 - 5.10'da sunulmuştur.



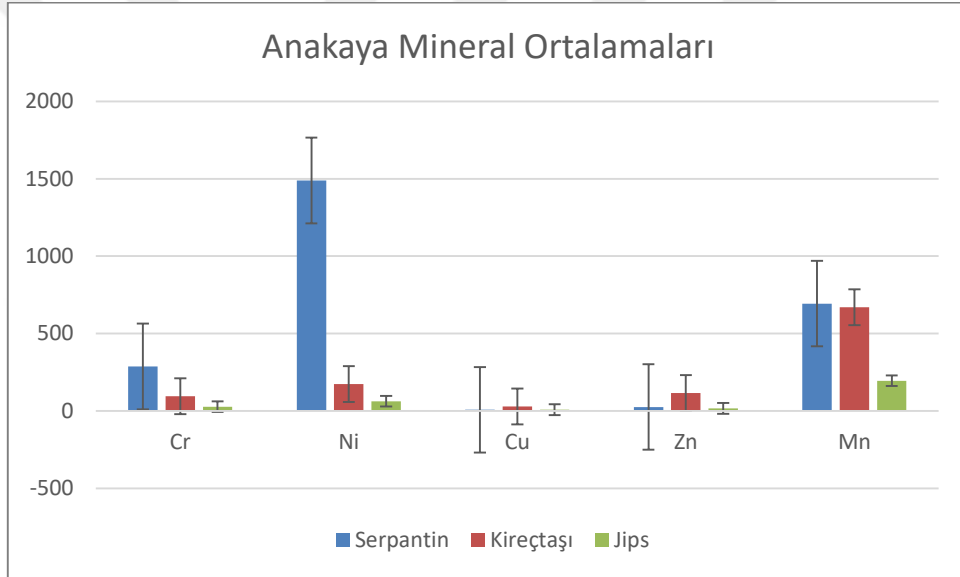
Şekil 5.7. Serpantin, kireçtaşı, jips bitkilerine ait element ortalamaları (Mg, Al, K, Ca ve Fe)



Şekil 5.8. Serpantin, kireçtaşı, jips bitkilerine ait element ortalamaları (Cr, Ni, Cu, Zn ve Mn)



Şekil 5.9. Serpantin, kireçtaşı, jipsli topraklarda element ortalamaları (Mg, Al, K, Ca ve Fe)



Şekil 5.10. Serpantin, kireçtaşı, jipsli topraklarda element ortalamaları (Cr, Ni, Cu, Zn ve Mn)

Bitki sürgünlerinde bulunan elementler arasında pozitif ya da negatif ilişki bulunmaktadır. Serpantin anakaya bitki sürgünlerinde Mg ile Al, Cr, Mn, Fe, Co ve Ni arasında çok güçlü pozitif ilişki vardır. Al ile Mg, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki bulunmaktadır. K ile Cu arasında çok güçlü pozitif ilişki görülmektedir. Ca ile Al arasında çok güçlü pozitif ilişki, Zn arasında güçlü negatif ilişki vardır. Cr ile Mg, Al, Mn, Fe, Co ve Ni arasında çok güçlü pozitif ilişki bulunmaktadır. Mn ile Mg, Al, Cr, Fe, Co ve Ni arasında çok güçlü pozitif ilişki bulunurken Cu arasında güçlü pozitif ilişki görülmektedir. Fe ilw Mg, Al, Cr, Mn, Co ve Ni arasında çok güçlü pozitif ilişki bulunmaktadır. Co ile Mg, Al, Cr, Mn, Fe ve

Ni arasında çok güçlü pozitif ilişki vardır. Ni ile Mg, Al, Cr, Mn, Fe ve Co arasında çok güçlü pozitif ilişki görülmektedir. Cu ile Al, K ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki Mn ile güçlü pozitif ilişki bulunmaktadır. Zn ile Al ve Cu arasında çok güçlü pozitif ilişki Ca ile güçlü negatif ilişki görülmektedir (Tablo 4.13).

Kireçtaşı anakaya bitki sürgünlerinde Mg ile Al, Cr, Mn, Fe, Co ve Ni arasında çok güçlü pozitif Ca arasında güçlü pozitif ilişki vardır. Al ile Mg, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki görülmektedir. K ile Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki ve Mn ile güçlü negatif ilişki bulunmaktadır. Ca ile Al, Mn ve Fe arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca ile güçlü pozitif ilişki ve Cu ile çok güçlü negatif ilişki vardır. Cr ile Mg, Al, Mn, Fe, Co ve Ni arasında çok güçlü pozitif ilişki ve Zn ile güçlü pozitif ilişki görülmektedir. Mn ile Mg, Al, Ca, Cr, Fe, Co, Ni ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Cu ile çok güçlü negatif ve K ile güçlü negatif ilişki bulunmaktadır. Fe ile Mg, Al, Ca, Cr, Mn, Co ve Ni arasında çok güçlü pozitif ilişki ve Zn güçlü pozitif ilişki vardır. Co ile Mg, Al, Cr, Mn, Fe ve Ni arasında çok güçlü pozitif ilişki görülmektedir. Ni ile Mg, Al, Cr, Mn, Fe ve Co arasında çok güçlü pozitif ilişki bulunmaktadır. Cu ile K ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca ve Mn arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Zn ile Al, K, Mn ve Cu arasında çok güçlü pozitif ilişki, Mn ve Fe arasında güçlü pozitif ilişki görülmektedir (Tablo 4.14).

Jips anakaya bitki sürgünlerinde Mg ile Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki ve Ca güçlü pozitif ilişki vardır. Al ile Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki ve Cr ile güçlü negatif ilişki görülmektedir. K ile Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Al ve Fe arasında çok güçlü negatif ilişki, Cr ve Co arasında güçlü negatif ilişki bulunmaktadır. Ca ileMn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Mg ile arasında güçlü pozitif ilişki Cu ve Zn arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Cr ile Mg, Al, Mn, Fe, Co, Ni ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, K arasında güçlü negatif ilişki görülmektedir. Mn ile Mg, Al, Ca, Cr, Fe, Co, Ni ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki bulunmaktadır. Fe ile Mg, Al, Cr, Mn, Co, Ni ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, K arasında çok güçlü negatif ilişki görülmektedir. Co ile Mg, Al, Cr, Mn, Fe, Ni ve Zn K arasında çok güçlü pozitif ilişki, K arasında güçlü negatif ilişki görülmektedir. Ni ile Mg, Al, Cr, Mn, Fe, Co ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki vardır. Cu ile K ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki görülmektedir. Zn ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Cu arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki bulunmaktadır (Tablo 4. 15).

Anakayalara ait elementler arasında pozitif ya da negatif ilişki bulunmaktadır. Serpantin anakayada Mg ile Ca, Mn, Fe, Co ve Ni arasında çok güçlü pozitif ilişki, Zn arasında güçlü pozitif ilişki vardır. Al ile K, Mn, Fe, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki görülmektedir. K ile Al, Mn, Fe, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki bulunmaktadır. Ca ile Mg, Fe, Co, Ni arasında çok güçlü pozitif ilişki, Mn arasında güçlü pozitif ilişki, Cr ve Cu arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Cr ile Al, Mn, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca ile arasında güçlü negatif ilişki görülmektedir. Mn ile Mg, Al, K, Cr, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki bulunmaktadır. Fe ile Mg, Al, K, Ca, Cr, Mn, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki vardır. Co ile Mg, Ca, Mn, Fe, Ni ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki görülmektedir. Ni ile Mg, Ca, Mn, Fe, Co ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki bulunmaktadır. Cu ile Al, K, Cr, Mn, Fe ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında güçlü negatif ilişki vardır. Zn ile Al, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Cu arasında çok güçlü pozitif ilişki, Mg arasında güçlü pozitif ilişki görülmektedir (Tablo 4.17).

Kireçtaşı anakayada Mg ile Al, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Al ile Mg, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki görülmektedir. K ile Mg, Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki bulunmaktadır. Ca ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Cr ile Mg, Al, K, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki görülmektedir. Mn ile Mg, Al, K, Cr, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki bulunmaktadır. Fe ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Co ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki görülmektedir. Ni ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Fe, Co, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki bulunmaktadır. Cu ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Zn ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Cu arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki görülmektedir (Tablo 4. 18).

Jips anakayada Mg ile Al, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Al ile Mg, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki görülmektedir. K ile Mg, Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki

bulunmaktadır. Ca ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Cr ile Mg, Al, K, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki görülmektedir. Mn ile Mg, Al, K, Cr, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki bulunmaktadır. Fe ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Co, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Co ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki görülmektedir. Ni ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Fe, Co, Cu ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki bulunmaktadır. Cu ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Zn arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki vardır. Zn ile Mg, Al, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Cu arasında çok güçlü pozitif ilişki, Ca arasında çok güçlü negatif ilişki görülmektedir (Tablo 4. 19).

Serpentine özelleşmiş bitkilerinde toprağa göre K ve Ca sürgünde daha fazla iken, Mg, Al, Mn, Cr, Cu, Zn ve Fe toprak bünyesinde daha fazladır. Erzincan serpantinlerinde Sözen (2015)'in *Onosma discedens* ve *Verbascum calycosum* ile yaptığı çalışmada bitki gelişiminde önemli bir yere sahip Ca, N ve P açısından toprağa göre sürgünlerdeki oran daha yüksektir. Osma ve Kandemir (2016)'in Erzincan'da kireçtaşına özelleşmiş bir, serpentine özelleşmiş 2 ve jipse özelleşmiş 3 tür ile yaptıkları çalışmada (serpentine özelleşmiş *Silene nerimanae* için) Mg, Fe, Mn, Cd, Pb, Cr, Zn ve Ni toprakta daha fazla iken bitki yapraklarında daha az, K, Ca, P ve Cu yapraklarda daha fazla bulunmuştur. Araştırma sonuçları, Sözen (2016) ve Osma ve Kandemir (2016)'in çalışmasında olduğu gibi Ca ve K elementlerinin bitki bünyesinde topraktan daha fazladır. Osma ve Kandemir'in çalışmasında olduğu gibi Mg, Fe, Mn, Cr, Zn ve Ni toprak bünyesinde daha fazladır. Serpantin toksik nitelikte ağır metal içerir. Bu toksik metalden bitkiler sakınmak için kökleriyle alımı engellemek veya sürgüne taşınımı önleyerek köklerde biriktirilmesi yönünde stratejileri vardır (Bini ve Maleci, 2014). Dolayısı ile sürgünlerde Mg, Fe, Mn, Cr, Zn ve Ni elementlerinin düşüklüğünü bu şekilde açıklamak mümkündür.

Araştırma sonuçlarına göre, kireçtaşı anakayada K bitki bünyesinde toprağa göre daha fazladır. İncelenen diğer elementler bakımından topraktaki oran sürgünlere göre daha yüksektir. Osma ve Kandemir (2016)'in çalışmasında da kireçtaşına yetişen *Psephellus aucherianus* için Ca hariç aynı sonuçlara ulaşılmıştır. Sözen (2015) çalışmasında kireçtaşına özelleşmiş *Teucrium leucophyllum* türünde de bitki bünyesindeki Ca oranı daha yüksektir. Normal koşullarda Ca oranı kireçtaşı anakayada yüksektir. Çalışılan türlerin çoğu sığ kireçtaşı çatlaklarına özelleşmiştir. Bu ortamlarda çözünmüş formda Ca yeterli düzeyde olmayabilir.

Jipse ait bulgular dikkate alındığında, Mg, K, Cu ve Zn toprağa göre bitki sürgünlerinde daha fazladır. Al, Mn, Ca, Cr, Fe ve Ni elementlerinde ise topraktaki miktar daha fazladır. Jipse özelleşmiş bitkiler Mg, S, Ca elementlerini yapraklarında biriktirme eğilimindedir. Buna karşın bazı jipsovaklarda ince kökler bu elementlerin alımını sınırlayabilmektedir (Llinares vd., 2015; Cera vd., 2023). Osma ve Kandemir (2016)'ın jipse özelleşmiş *Verbascum alyssifolium* ve *Tanacetum alyssifolium* türlerinde de topraktaki Ca oranı yapraklardan daha yüksektir. Aynı durum Fe, Mn, Ni, Cr, Ni için de geçerlidir.

Tez çalışmasında N, P ve organik madde miktarı analiz edilmemiştir. Bununla birlikte tez çalışması kapsamında incelenen serpentine özelleşmiş *Verbascum calycosum* ve *Onosma discedens* ile kireçtaşına özelleşmiş *Teucrium leucophyllum* türlerinin yetiştiği toprak ve bitki bünyesinin kimyasal özellikleri Sözen, 2015'in çalışması dikkate alınarak belirlenmiştir. Benzer bir çalışma Erzincan'a özgü ve jipse özelleşmiş *Verbascum alyssifolium* türü için de gerçekleştirilmiştir (Hiloğlu ve Sözen, 2017) (Tablo 5.1). Her iki çalışmanın sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, N ve organik madde bakımından jips ve serpantin toprakların fakir, kireçtaşı topraklarının bitki yaşamı için daha uygun olduğu görülmektedir.

Tablo 5.1. *Onosma discedens*, *Verbascum calycosum*, *Verbascum alyssifolium* ve *Teucrium leucophyllum* türlerinin toprak ve bitki N, P ve organik madde içerikleri (Sözen, 2015; Hiloğlu ve Sözen, 2017).

<i>Onosma discedens</i>		
Lokalite	Kemaliye, Salihli ve Kemah, Eriç	
Anakaya	Serpantin	
Toprak N (ppm)	(300-800) ort.: 500	fakir-orta
Kök N (ppm)	(3900-7600) ort.: 5208,3	
Sürgün N (ppm)	(5700-12300) ort.: 8308,30	
Toprak P (ppm)	(3,08-6,38) ort.: 4,74	
Kök P (ppm)	(50-800) ort.: 242,5	
Sürgün P (ppm)	(200-700) ort.: 333,33	
Toprak organik madde (%)	(0,60-1,64) ort.: 1,11	fakir-orta
<i>Verbascum calycosum</i>		
Lokalite	Kemaliye, Salihli	
Anakaya	Serpantin	
Toprak N (ppm)	(100-800) ort.: 412,5	fakir
Kök N (ppm)	(6500-5400) ort.: 11900	
Sürgün N (ppm)	(8600-5500) ort.: 14100 8624,9	
Toprak P (ppm)	(3-15) ort.: 5,5	
Kök P (ppm)	(300-800) ort.: 575	
Sürgün P (ppm)	(400-1300) ort.: 700	
Toprak organik madde (%)	(0,25-1,54) ort.: 0,830	çok fakir-orta
<i>Verbascum alyssifolium</i>		
Lokalite	Kemah, Yahşılar,	
Anakaya	Jips	
Toprak N (ppm)	(700-1100) ort.:866,67	
Kök N (ppm)	(2800-6600) ort.: 8266,7	
Sürgün N (ppm)	(2400-6200) ort.: 7266,7	
Toprak P (ppm)	(1-6) ort.: 3,00	
Kök P (ppm)	(20-390) ort.:400	
Sürgün P (ppm)	(100-400) ort.:433,33	
Toprak organik madde (%)	(1,37-2,29) ort.: 1,74	düşük
<i>Teucrium leucophyllum</i>		
Lokalite	İliç, Bağıştaş ve Kemaliye, Kanyon	
Anakaya	Kireçtaşı	
Toprak N (ppm)	(1300-2900) ort.: 2437,5	zengin
Kök N (ppm)	(2800-10100) ort.: 12900	
Sürgün N (ppm)	(5300-10300) ort.:15600	
Toprak P (ppm)	(2,39-8,97) ort.: 5,2463	
Kök P (ppm)	(400-700) ort.: 562,50	
Sürgün P (ppm)	(500-1000) ort.:737,50	
Toprak organik madde (%)	(2,61-5,77) ort.: 4,92	zengin

Erzincan'a özgü türlerin yoğunlaştığı jips, serpantin ve kireçtaşı alanlarda toprak tipleri, pH değerleri ve organik madde miktarları analiz edilmiştir (Kandemir, 2015; Sözen 2015). Çalışmada kireçli alanlarda organik madde içeriğinin yüksek diğer alanlarda çok düşük olduğu bulunmuştur. Bunun yanında kaya çatlaklarında yetişmeyen ve kireçtaşına özgü *Verbascum leiocarpum* türünün yetiştirme ortamı toprağında organik madde jips ve serpantin alanlarda olduğu gibi çok azdır. Dolayısı ile kireçtaşının organik madde içeriği, çatlaklı olup olmaması, çatlağın yapısı ve derinliğine bağlı su ve rüzgâr taşınımı gibi nedenler dolayısı değişim gösterebilmektedir. Kandemir'in çalışmasında jipsli topraklarda pH 7.60-7.90, serpantin alanlarda 6.66-7.70 ve kireçtaşında ise 7.32-7.37 aralığında bulunmuştur. Dolayısı ile her üç

alandaki da toprak genel olarak hafif alkalidir. Sözen (2015)'in çalışmasında da benzer pH değerleri bulunmuştur.

Serpantin topraklar Co, Cr, Cu, Fe, Ni gibi iz elementleri içerir. Bu topraklar aynı zamanda makrobeyinler açısından da fakirdir. Ağır metaller, genellikle köklerde biriktirilse de, toprak üstü kısımlarda da biriktirilebildiğine ilişkin veriler bulunmaktadır. Serpantin topraklar, sığ derinlikleri, kaba doku, yüksek taşlılık, düşük besin ve yüksek ağır metal içeriği (Ni, Cr, Cu, Co, Zn) bitki gelişimi açısından sınırlayıcı özellikler taşır. Bu alana uyum sağlayan ve ağır metallerin birikiminde başarılı olan bitkilerde (Hiperakümülatör) genellikle bu metallerin toksik etkileri görülmez (Bini ve Maleci, 2014; Bini vd., 2017). Serpantin bitki büyümesinde önemli olan N, K ve P elementleri açısından fakirdir (Brady vd., 2005). Tablo 5.1. incelendiğinde serpantin topraklarda toksik metallerden Ni toprakta bulunmasına karşın, bitki sürgünlerinde hemen hemen çok az olduğu görülecektir.

Zorunlu jips (jipsofiller) ve fakültatif jips (jipsovaglar) bitkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada (Palacio vd., 2007) bölgesel olarak baskın olan jipsofiller daha fazla S, Ca, Mg, N, P ve kül konsantrasyonları gösterirken, jipsovaglar daha fazla C konsantrasyonları ve C:N oranları gösterdiği bulunmuştur. Bu farklılıkların, baskın olan jipsofillerin ve jipsovagların, jips topraklarının atipik kimyasal bileşimine karşı koymak için farklı fizyolojik adaptasyonlar gösterdiği ileri sürülmüştür. Buna göre, bölgesel olarak baskın olan jipsofiller, jips topraklarında nadir bulunan N ve P gibi besinleri alabilme yeteneğinde olduğunu kanıtlamaktadır. Diğer taraftan jipsli toprakların kuru kabuklarında yaşayan likenler biyolojik döngüye etki ederek jipse uyum sağlamış türlerin topraktan N almasına katkıda bulunabilmektedir (Ortiz vd., 2023). Çalışma alanında özellikle bitkilenmenin düşük olduğu alanlarda liken türleri dikkat çekmektedir (Şekil 5.11. – 5.12.).



Şekil 5.11. Jipsli alanlarda liken popülasyonu



Şekil 5.12. Jipsli alanlarda *Aethionema erzincanum* ve liken toplulukları

Serpantin bitkileri “serpantin sendromu” denen özellikler gösterir. Bitki boyunda kısıklık, gövdenin yere yatık olması, kseromorfik yapraklar ve kökte mitoz aktivitesinin azalmasına bağlı kısa kökler serpantin sendromlarından. Bazı serpantin türlerinde yaprak ayasında incelmeye saptanmıştır. Serpentin bitkileri genellikle topraktan az miktarda toksik element alır ve köklerinde biriktirerek metabolik süreçlere katılımlarını engeller. Bazı serpantin türlerinde yaprakların dar ve sivri, çiçeklerin koyu pembe renkli, gövde özünün odunlaşmış olduğu, bitkinin uzun, glandüler olmayan trikomalara ihtiva ettiği, Fe, Pb ve Zn seviyelerinin serpantin olmayan bitkilere göre daha düşük olduğunu, Mn, Cu ve Cr daha bol olduğu rapor edilmiştir. Bazı serpantin türlerinde serpantinik olmayanlara göre sekonder metabolitlerden seskiterpenlerin büyük ölçüde baskın olduğu gösterilmiştir. Serpentine özgü türlerin mikromorfolojik özellikleri daha az çalışılmıştır (Maleci vd., 1997; Maleci vd., 1999; Llugany vd., 2003; Maleci vd., 2014; Bini ve Maleci, 2014). Serpentine özgü türlerle yapılan çalışmalarda köklerde su stresiyle başatmede etkili olan çözünür karbonhidrat miktarının genellikle yüksek olduğu bildirilmiştir (Özbey vd., 2017). Bu çalışmada bitki köklerinde çözünmüş karbonhidrat miktarına bakılmamıştır. Gelecekte her üç anakayaya özelleşmiş türlerde benzer çalışmalara ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır.

Suyu az geçirirli ve açık alanlardaki topraklardaki türlerin tohumlarının çimlenmesinde hareketli çakılların arasında su ve yerçekimine bağlı olarak mekanik zımparalama çimlenmeyi artırmaktadır (Nicolas vd., 2002). Serpantin alanların bu özelliği dolayısı ile bitkilenmenin düşük olması ve mevcut bitkilerin hareketli topraklarda yoğunlaşması bu tip alanlarda örtüş bolluğun düşük olmasının nedenlerinden birisi olduğu değerlendirilmiştir.

Toprağın kısıtlayıcı kimyasal yapısından dolayı jipslerde uzun boylu çalılar ve ağaçlar bulunmaz. Yapraklar kserofit yapıdadır. İlkbahar ve yaz sürgünlerinin büyümesi farklı olduğundan genellikle yapraklarda dimorfizm görülür. Çalı türlerinde, mevsimsel değişikliklerde ve büyümeye imkân veren beklenmeyen koşullarda büyüme yeteneği nedeniyle çıplak tomurcuk görünme olasılığı yüksektir. Çoğu türlerde derinlerdeki suya ulaşmak için derin kök sistemi bulunur. Sukkulentlik bazı türlerde yaygındır. Bu adaptasyon toksik olan sülfürik asitin etkilerini düşürmeye yönelik olduğu rapor edilmiştir. Tuzlu jips türlerinde yapraklarda tuzu biriktiren kristal yapılar yaygındır. Meyvelerde heteromorfizm durumu ve dormansi yeteneği uygun koşullarda çimlenmeyi garanti eden bir strateji gibi olduğu varsayılmaktadır. Müsilajlı kabukların tohumun kayıp uzaklaşmasını etkilediğinden toprağa

tutunarak uzaklaşmasının önleildiği dolayısı ile toprak tohum bankasının zengin olduğu ve yeni çimlenen tohumların ana bitki çevresinde kümelenildiği görülmektedir. Jipsli alanlarda toprak derinliğini buna bağlı mineral ve su alımını etkileyen jips tepelerinden dolayı bitki yoğunluğunun kısa mesafelerde değişimler gösterdiği ifade edilmektedir. Jipsli topraklarda kimyasal olarak sınırlayıcı faktörler, makro besin yetersizlikleri (N, P ve K), bazı besin elementlerinin fazlalığı (Ca, Mg ve S), iyonik antagonizma (Ca^{2+} / Mg^{2+}), bazı mikro besinlerin eksikliği veya toksisitesidir. (Meyer, 1986; Escudero vd., 2015; Çaycı vd., 2018). Bitki büyümesinde protein, nükleik asit ve diğer hücresel yapılar için N mutlak gerekli bir elementtir (Alvarado vd., 2000). Jipsli topraklar bitkinin yerleşmesi ve büyümesi için stresli hale getiren bir dizi aşırı fiziksel ve kimyasal özelliğe sahiptir. Aşırı kimyasal özellikler, bitkide düşük oranda bulunan azot ve fosfor ile yüksek oranda bulunan kükürt ve kalsiyum içerir ve bunlar bitkilerde güçlü besin dengesizlikleri yaratır. Sadece jipste yetişen bitkiler jips uzmanları olarak kabul edilir ve yapraklarında jipsli toprağın bileşimi ile benzer yüksek kalsiyum, kükürt ve magnezyum birikimi görülür. Yapraklardaki bu birikimin, fizyolojik ve ekolojik rolü henüz yeterince anlaşılmamış ve jipsli topraklarda diğer genel türlere göre ekolojik bir avantaj sağlayıp sağlamadığı bilinmemektedir (Cera vd., 2023).

Kireçtaşı anakayada Fe eksikliği yaygındır. Bitki bünyesindeki fazla Ca çimlenmeyi engelleyebilmektedir. Ca belli konsantrasyonların dışında toksik etkilere neden olabilmektedir (Barth, 2020). Anakaya aynı zamand P açısından da fakirdir. Anakayadaki Al bitki büyümesini sınırlandırmaktadır (Cross ve Lambers, 2021; Gora vd., 2024). Anakayada bitkinin su alımını, yağış miktarı ve çatlakların oluşturduğu sistemin ağısı yapısı ve derinliği önemli etki etmektedir (Deng vd., 2014). Literatüre benzer şekilde araştırma sahasında geniş cep ve derin çatlaklı alanlarda vejetasyonun daha iyi olduğu görülmüştür (Şekil 5.5.).

Işık miktarının yetersiz olduğu ortamlarda bazı kireçtaşı türleri daha fazla ışıktan faydalanmak için yaprak palizat hücrelerinde kalsiyum okzalat kristalleri biriktirebilir. Işık yoğun geldiğinde kristaller palizat hücrelerinin üst kısımlarında bulunur ve büyüklükleri küçülmektedir. Işık yoğunluğu az olduğunda ise hücrelerin alt kısımlarına yerleşen kristaller daha büyüktür. Bazı türlerde bu kristaller ışığın yayılmasını sağlayarak fotosentezde daha etkin kullanımını sağlayabilir. Yine bu kristaller bazı türlerde polen keselerinin daha kolay açılmasına neden olabilmektedir (Barth, 2020). Gelecekte, anakayaya özelleşmiş türlerin kalsiyum kristallerinin yapısı ve dağılımı bakımından incelenmesi gereklidir.

Ağır metaller çevrede hem esansiyel hem de esansiyel olmayan formlarda bulunabilir. Bu metal iyonları doğal ve antropojenik gibi çeşitli kaynaklardan toprak biyotasına girer. Kobalt (Co), bakır (Cu), demir (Fe), manganez (Mn), molibden (Mo), nikel (Ni) ve çinko (Zn) gibi esansiyel ağır metaller bitki büyümesi ve gelişiminde faydalı bir rol oynar. Optimum seviyede bu faydalı elementler bitkinin besin seviyesini ve ayrıca bitkilerin normal büyümesi ve daha iyi verimi için gerekli olan çeşitli mekanizmaları iyileştirir. Karasal bitkileri için optimum aralıklar farklılık gösterebilmektedir. Aşırı miktarları bitkiler için toksik hale gelirken, bitkinin diğer esansiyel olmayan elementleri alma ve biriktirme yeteneğini de değiştirebilir. Toksik etkileri doğrudan veya dolaylı olabilir. Sitoplazmik enzimlerin inhibisyonunu ve hücre yapılarına verilen hasarı daha da kötüleştiren oksidatif stresin oluşmasını doğrudan etkilerine, bitkinin kation değişim bölgelerindeki temel besin maddelerinin aktivitesini değiştirerek çeşitli enzimlerin ve proteinlerin aktivitelerini etkilemesi dolaylı etkilerine örnek olarak verilebilir (Asati vd., 2016). *Lycopersicum esculentum* Mill. ile yapılan çalışmada, ağır metallerle makro elementler arasındaki etkileşimi gösteren çalışmada (Navarro Pedreño vd., 1997), Cd'nin yapraklarda P birikimini artırdığı, Cr'nin köklerde P birikimini azalttığı, Ni'nin köklerde N oranını düşürdüğü, Cd'nin Mn ve Zn konsantrasyonunu azalttığı, Ni ve Mo arasında antagonist bir etki olduğu, Ni'nin N metabolizmasını negatif etkileyerek bitki büyümesini azalttığı belirlenmiştir. Dolayısı ile araştırmada serpantin alanlarda bitki boylarının daha kısa olmasında etkili olan faktörlerden birisinin de Ni olduğu düşünülmektedir.

Yukarıda izah edilmeye çalışıldığı gibi, bitkide bir fizyolojik etkinin ortaya çıkmasında mineraller arasındaki etkileşim son derece önemlidir. Mineral çeşidi ve konsantrasyonuna bağlı olarak sinerjit (birlikte) veya antagonist (zıt) etkileşimlerin sonucunda çok farklı fizyolojik süreçler gelişebilmektedir (Xie vd., 2021). Diğer taraftan bitki besleyici elementlerin eksikliğinin veya oranlarının bitkinin fizyolojisine, dolayısı ile fonksiyonel karakterlerine etkilerini belirlemeye yönelik çalışmalar genel olarak stres koşullarının minimum olduğu kültür bitkilerinde yapılmıştır. Dolayısı ile, elde edilen sonuçların kireçtaşı, serpantin ve jips gibi hem fiziksel hem de kimyasal açıdan stres koşullarının üst düzeyde olduğu ortamlara özelleşmiş bitkilerde besin elementi-bitki fonksiyonel karakteri ilişkisini açıklamada yetersiz kalacağı değerlendirilmiştir. Bu nedenle, her bir anakayaya özelleşmiş türlerde minerallerin etkilerinin kontrollü deneylerle belirlenmesi anakayanın mineral içeriğinin bitki fonksiyonel karakterleri üzerine etkisini daha sağlıklı anlaşılması için gerekli görülmektedir.

Jips, serpantin ve kireçtaşı gibi ekstrem ortamlarda yaşayan bitkilerin ve köklerindeki simbiyotik bakterilerin bu ortamlara direncinden sorumlu genlerin mukayeseli araştırılması da bu ortamların bitki fonksiyonel karakterlerine şekilde etkilemiş olabileceğinin anlaşılması bakımından önemli olacaktır. Serpantinde yaşayabilen *Alyssum murale* türünün köklerindeki gram negatif ve gram pozitif bakterilerde *czc*, *chr*, *ncc* ve *mer* genlerinin bakterilerin serpantinde ağır minerallere dirençten sorumlu olduğu bulunmuştur (Abou-Shanab vd., 2007). Diğer taraftan, genom düzeyinde serpantine bitki adaptasyonun anlaşılması konusunda önemli boşluğun olduğu belirtilerek konuya ilişkin disiplinlerarası çalışmaların yapılması gerektiği vurgulanmaktadır (Konečná vd., 2020). Bu, konuda kireçtaşı ve serpantine özelleşmiş bitkiler içinde önemli boşluk bulunmaktadır.

Bitkiler sekonder metabolitlerin üretimiyle bulunmuş olduğu ortamın stres koşullarına yanıtlar verir (Semmar, 2024). Gelecekte her üç anakayaya özelleşmiş türlerin sekonder metabolitler açısından karşılaştırılması bu alanlarda bitki yaşamı konusunda önemli veriler sağlayabilir.

KAYNAKÇA

- Abou-Shanab, R. A. I., Van Berkum, P. ve Angle, J. S. (2007). Heavy metal resistance and genotypic analysis of metal resistance genes in gram-positive and gram-negative bacteria present in Ni-rich serpentine soil and in the rhizosphere of *Alyssum murale*. *Chemosphere*, 68(2), 360-367.
- Adler, B.P., Fajardo, A., Kleinhesselink, A.R. ve Kraft, N.J.B. (2013). Trait-based tests of coexistence mechanisms, *Ecology Letters*, 16: 1294–1306.
- Ahrens, C. W., Andrew, M. E., Mazanec, R. A., Ruthrof, K. X., Challis, A., Hardy, G. ... ve Rymer, P. D. (2020). Plant functional traits differ in adaptability and are predicted to be differentially affected by climate change. *Ecology and evolution*, 10(1), 232-248.
- Alvarado, J. J., Ruiz, J. M., López-Cantarero, I., Molero, J. ve Romero, L. (2000). Nitrogen metabolism in five plant species characteristic of gypsiferous soils. *Journal of Plant Physiology*, 156(5-6), 612-616.
- Anderegg, W. R., Trugman, A. T., Bowling, D. R., Salvucci, G. ve Tuttle, S. E. (2019). Plant functional traits and climate influence drought intensification and land–atmosphere feedbacks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(28), 14071-14076.
- Aragón CF, Méndez M. ve Escudero A. (2009). Survival costs of reproduction in a short-lived perennial plant, live hard, die young. *Am J Bot*, 96: 904–911.
- Arianoutsou, M., Rundel, P. W. ve Berry, W. L. (1993). Serpentine endemics as biological indicators of soil elemental concentrations. In: *Plants as Biomonitors. Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment* (Ed. B. Markert), VCH, Weinheim, Germany.
- Aronne, G. ve De Micco, V. (2001). Seasonal dimorphism in the Mediterranean *Cistus incanus* L. subsp. *incanus*. *Ann Bot-London*, 87: 789–794.
- Asati, A., Pichhode, M. ve Nikhil, K. (2016). Effect of heavy metals on plants: an overview. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management*, 5(3), 56-66.
- Atalay, İ. (2006). Türkiye Toprak Coğrafyası. *DEÜ Buca Eğitim Fakültesi Coğrafya Eğitimi Anabilim Dalı*, İzmir. 448-452.
- Atkin, O. K., Bloomfield, K. J., Reich, P. B., Tjoelker, M. G., Asner, G. P., Bonal, D. ... ve Zaragoza - Castells, J. (2015). Global variability in leaf respiration in relation to climate, plant functional types and leaf traits. *New Phytologist*, 206(2), 614-636.

- Avcı, M. (2005). "Diversity and endemism in Turkey's vegetation", *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 13: 27-55.
- Barberon, M. ve Geldner, N. (2014). Radial transport of nutrients: the plant root as a polarized epithelium. *Plant physiology*, 166(2), 528-537.
- Barberon, M. (2017). The endodermis as a checkpoint for nutrients. *New Phytologist*, 213(4), 1604-1610.
- Barth, J. G. (2020). Limestone and calcium in plants. *Elemente der Naturwissenschaft*, 112, 29-78.
- Barthélémy, D. ve Caraglio, Y. (2007). Plant architecture: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny. *Annals of Botany*, 99(3), 375-407.
- Bini, C. ve Maleci, L. (2014). The "serpentine syndrome"(H. Jenny, 1980): A proxy for soil remediation, *EQA-International Journal of Environmental Quality*, 15, 1-13.
- Bini, C., Maleci, L. ve Wahsha, M. (2017). Potentially toxic elements in serpentine soils and plants from Tuscany (Central Italy). A proxy for soil remediation. *Catena*, 148, 60-66.
- Bizim Bitkiler: <https://bizimbitkiler.org.tr/list.html>, erişim tarihi: 15.04.2024
- Bolat, İ. ve Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218-228.
- Bolukbasi, A., Kurt, L. ve Palacio, S. (2016). Unravelling the mechanisms for plant survival on gypsum soils: An analysis of the chemical composition of gypsum plants from Turkey. *Plant Biol*, 18(2), 271-279.
- Boukhris, M. ve Lossaint, P. (1975). Aspects ecologiques de la nutrition minerale de plantes gypsicoles di Tunisie. *Rev Ecol Biol Sol*, 12, 329-348.
- Box, E. O. (1996). Plant functional types and climate at the global scale. *Journal of Vegetation Science*, 7(3), 309-320.
- Box, E.O. (1981). Macroclimate and plant forms: an introduction to predictive modelling in phytogeography. Junk, The Hague.
- Box, E.O. (1996). Plant functional types and climate at the global scale. *J. Veg. Sci*, 7: 309-320.
- Brady, K. U., Kruckeberg, A. R. ve Bradshaw Jr, H. D. (2005). Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 36(1), 243-266.
- Bridges EM. ve Burnham CP. (1980). Soils of the state of Bahrain. *J Soil Sci*, 31, 689-707.
- Brooks, R. R. (1987). Serpentine and its vegetation: a multidisciplinary approach. *Ecology, Phytogeography & physiology Ser.*, 1, 1-454.

- Casby-Horton, S., Herrero, J. ve Rolong, N. A. (2015). Gypsum soils—Their morphology, classification, function, and landscapes. *Advances in agronomy*, 130, 231-290.
- Cera, A., Montserrat-Martí, G. ve Palacio, S. (2023). Nutritional strategy underlying plant specialization to gypsum soils. *AoB Plants*, 15(4), plad041.
- Chen, L. Dick, W.A. ve Nelson, S. (2005). Flue gas desulfurization by-products as sulphur sources for alfalfa and soybean. *Agron. J.*, 97, 265–271.
- Chytrý, M. Danihelka, J. Axmanova, I. vd., (2010). Floristic diversity of an eastern Mediterranean dwarf shrubland: the importance of soil pH. *Journal of Vegetation Science*, 21, 1125–1137.
- Cornelissen, J. H., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D. E. ... ve Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian journal of Botany*, 51(4), 335-380.
- Cowling, R. M., Esler, K. J., Midgley, G. F. ve Honig, M. A. (1994). Plant functional diversity, species diversity and climate in arid and semi-arid southern Africa. *Journal of Arid Environments*, 27(2), 141-158.
- Cross, A. T. ve Lambers, H. (2021). Calcicole–calcifuge plant strategies limit restoration potential in a regional semi - arid flora. *Ecology and Evolution*, 11(11), 6941-6961.
- Çakır-dindar, E. G. ve Duman, H. (2020). İliç-Kemah (Erzincan) Gips Florası. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 7(1), 16-46.
- Çaycı, A., Yalçın, E. ve Akçin, A. (2018). Gipsli topraklarda yaşayan bitkilerde adaptasyon mekanizmaları ve komünite dağılışına etkileri. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, (3), 114-124.
- DalCorso, G., Manara, A., Piasentin, S. ve Furini, A. (2014). Nutrient metal elements in plants. *Metallomics*, 6(10), 1770-1788.
- Davis, P.H. (ed.), Mill, R.R., Tan, K.(1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 10, Edinburgh University Press.
- Davis, PH. (1965-1985). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Vol. 1-9, Edinburgh University Press.
- De la Puente, L., Pedro Ferrio, J. ve Palacio, S. (2022). Disentangling water sources in a gypsum plant community. Gypsum crystallization water is a key source of water for shallow-rooted plants. *Annals of Botany*, 129(1), 87-100.
- Deng, Y., Ke, J., Wu, S., Jiang, G., Jiang, Z. ve Zhu, A. (2020). Responses of plant water uptake to groundwater depth in limestone outcrops. *Journal of Hydrology*, 590, 125377.

- Díaz Barradas MC, Zunzunegui M, Tirado R, Ain-Lhout F. ve García Novo F (1999). Plant functional types and ecosystem function in Mediterranean shrubland. *J Veg Sci* 10: 709–716.
- Díaz, S. ve Cabido, M. (1997). Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. *Journal of Vegetation Science* 8, 463–74.
- Díaz, S., Cabido, M. ve Casanoves, F. (1998). Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. *Journal of vegetation science*, 9(1), 113-122.
- Díaz, S., Cabido, M., Zak, M., Martínez Carretero, E. ve Aranibar, J. (1999). Plant functional traits, ecosystem structure and land - use history along a climatic gradient in central - western Argentina. *Journal of Vegetation Science*, 10(5), 651-660.
- Dontsova, K.M. ve Norton, L.D. (2002). Clay dispersion, infiltration and erosion as influenced by exchangeable Ca and Mg. *Soil Sci.*, 163, 184–193.
- Doughty, C. E., Field, C. B. ve McMillan, A. M. (2011). Can crop albedo be increased through themodification of leaf trichomes, and could this cool regional climate? A letter. *Climatic Change*, 104, 379-387.
- Duvigneaud, P. ve Smet, SDD. (1968). Essai de classification chimique (elements minéraux) des plantes gypsicolas du Bassin de l'Ebre. *B Soc Roy Bot Belg*, 101: 279–291.
- Elmas, E. ve Kutbay, H. G. (2015). Plant functional types in Mediterranean enclaves in Western Black Sea region of Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 39(1), 30-39.
- Enright, N. J., Fontaine, J. B., Lamont, B. B., Miller, B. P. ve Westcott, V. C. (2014). Resistance And resilience to changing climate and fire regime depend on plant functional traits. *Journal of Ecology*, 102(6), 1572-1581.
- Epstein, H. E., Gill, R. A., Paruelo, J. M., Lauenroth, W. K., Jia, G. J. ve Burke, I. C. (2002). The relative abundance of three plant functional types in temperate grasslands and shrublands of North and South America: effects of projected climate change. *Journal of Biogeography*, 29(7), 875-888.
- Escudero, A., Palacio, S. Maestre, F.T. ve Luzuriaga, A.L. (2015). Plant life on gypsum: A review of its multiple facets. *Biol. Rev.*, 90(1): 1-18.
- Fageria, N. K., Baligar, V C. ve Clark, R B. (2002). Micronutrient in crop production. *Adv. Agron.*, 77,185–268.
- Fageria, N. K. (2009). *The Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Pres, Boca Raton, Florida, New York.
- Jones, C. ve Jacobsen, J. (2001). *Plant Nutrition and Soil Fertility. Nutrient management module 2*. Montana State University Extension Service. Publication, 4449–2.

- Favaretto, N., Norton, L.D., Joern, B.C. ve Brouder, S.M. (2006). Gypsum amendment and exchangeable Calcium and Magnesium affecting Phosphorous and Nitrogen Runoff. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70, 1788–1796.
- Freschet, G. T., Valverde - Barrantes, O. J., Tucker, C. M., Craine, J. M., McCormack, M. L., Violle, C. ve Roumet, C. (2017). Climate, soil and plant functional types as drivers of global fine-root trait variation. *Journal of Ecology*, 105(5), 1182-1196.
- Funk, J. L., Standish, R. J., Stock, W. D. ve Valladares, F. (2016). Plant functional traits of dominant native and invasive species in mediterranean climate ecosystems. *Ecology*, 97(1), 75-83.
- Gankin, R. ve Major, J. (1964). *Arctostaphylos myrtifolia*, its biology and relationship to the problem of endemism. *Ecology*, 45: 792-808.
- García-Mora, MR., Gallego-Fernández, JB. ve García-Novo, F. (1999). Plant functional types in coastal foredunes in relation to environmental stress and disturbance. *J Veg Sci*, 10: 27–34.
- Gardiner, D. T. ve Miller, R. W. (2008). *Soils in Our Environment*. 11th Edition, Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle Hill, Ne Jersey, USA.
- Garnier, E., Stahl, U., Laporte, M-A., Kattge, J., Mougenot, I., Keuhn, I., Laporte, B., Amiaud, B., Ahrestani, FS., Beonisch, G. vd. (2017). Towards a thesaurus of plant characteristics: an ecological contribution. *J Ecol.*, 105(2): 298–309.
- Geng, Y., Wang, Z., Liang, C., Fang, J., Baumann, F., Kühn, P. ... ve He, J. S. (2012). Effect of geographical range size on plant functional traits and the relationships between plant, soil and climate in Chinese grasslands. *Global Ecology and Biogeography*, 21(4), 416-427.
- Gillison, A. N. (2019). Plant functional indicators of vegetation response to climate change, past present and future: I. Trends, emerging hypotheses and plant functional modality. *Flora*, 254, 12-30.
- Gitay, H. ve Noble, I.R. (1997). *What are functional types and how should we seek them?* In Smith, T.M., Shugart, H.H. and Woodward, F.I., editors, *Plant functional types*, Cambridge: Cambridge University Press, 3–19.
- Goldstein, G. ve Meinzer, F. (1983). Influence of insulating dead leaves and low temperatures on water balance in an Andean giant rosette plant. *Plant, Cell & Environment*, 6(8), 649-656.
- Gora, D., Mandebere, D. ve Eroglu, S. (2024). Loss of plasticity in iron uptake responses: Adaptations of an obligate calcicole and a calcifuge plant. *Authorea Preprints*.

- Gordon, A ve Lipman, C.B. (1926). Why are serpentine and other magnesian soils infertile? *Soil Sci.*, 22,291–302.
- Grant, V. (1950). The protection of the ovules in flowering plants. *Evolution*, 4 (3),179-201.
- Grime, J.P. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *Am. Nat.* 111: 1169-1194.
- Groner, V. P., Raddatz, T., Reick, C. H. ve Claussen, M. (2018). Plant functional diversity affects climate–vegetation interaction. *Biogeosciences*, 15(7), 1947-1968.
- Guerrero-Campo, J., Alberto, F., Maestro-Martínez, M., Hodgson, J. ve Montserrat-Martí, G. (1999 b). Plant community patterns in a gypsum area of NE Spain. II. Effects of ion washing on topographic distribution of vegetation. *J Arid Environ*, 41: 411–419.
- Guo, X., Liu, H., Ngosong, C., Li, B., Wang, Q., Zhou, W. ve Nie, M. (2022). Response of plant functional traits to nitrogen enrichment under climate change: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 834, 155379.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T. ve Başer, K.H.C. (2000). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 11, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.
- Hammel, J.E. ve Sumner, M.E. (1985). Shahandeh, H. Effect of physical and chemical profile modification on soybean and corn production. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49, 1508–1511.
- Heilmeyer, H. (2019). Functional traits explaining plant responses to past and future climate changes. *Flora*, 254, 1-11.
- Herrero, J. ve Porta, J. (2000). The terminology and the concepts of gypsum-rich soils. *Geoderma*, 96: 47–61.
- Hidalgo-Triana, N., Pérez Latorre, A. V. ve Thorne, J. H. (2018). Plant functional traits and groups in a Californian serpentine chaparral. *Ecological research*, 33, 525-535.
- Hidalgo-Triana, N., Pérez-Latorre, A. V., Adomou, A. C., Rudner, M. ve Thorne, J. H. (2023). Adaptations to the stressful combination of serpentine soils and Mediterranean climate drive plant functional groups and trait richness. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1040839.
- Hilooğlu, M. ve Sözen, E. (2017). Nadir endemik *Verbascum alyssifolium* Boiss. taksonunun toprak-bitki ilişkisi açısından incelenmesi. *Anadolu University of Sciences & Technology-C: Life Sciences & Biotechnology*, 6(1), 14-21
- Hooper, D. U. ve Dukes, J. S. (2004). Overyielding among plant functional groups in a long-term experiment. *Ecology Letters*, 7(2), 95-105.
- Hoşgören, MY. (2000). *Jeomorfolojinin Ana Çizgileri I*. Rebel yayıncılık, İstanbul.

- Janott, M., Gayler, S., Gessler, A., Javaux, M., Klier, C. ve Priesack, E. (2011). A one-dimensional model of water flow in soil-plant systems based on plant architecture. *Plant and soil*, 341, 233-256.
- Jenny, H. (1980). The Soil Resource: Origin and behavior. *Ecol. Stud.* 37, 256–59. New York: Springer-Verlag. 377.
- Kacar, B. ve Katkat, V. (2010). *Bitki Besleme*. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Kızılay Ankara.
- Kandemir, A., Korkmaz, M., Çelikoğlu, Ş. ve Sevindi, C. (2015), “Erzincan (Türkiye)’a özgü endemik bitki taksonlarının IUCN tehdit kategorileri”. *Bağbahçe Bilim*, 2(1), 43-65.
- Kandemir, A. 2012. *Erzincan’ın Endemik Bitkileri ve Tehditleri*. Biyolojik Çeşitlilik Sempozyumu, Ankara. 108-109.
- Kandemir, A. (proje yürütücüsü) 2015. Erzincan İline Özgü Endemik Bitki Türlerine Ait Populasyonların Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yöntemi ile Analizi ve Haritalanması, TÜBİTAK 1001 Programı, 122T466 nolu Proje Sonuç Raporu, Erzincan.
- Kandemir, A., Türkoğlu, H. İ. ve Yıldız, F. (2022). Erzincan (Türkiye) florasına dair bazı gözlemler ve öneriler. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 9(1), 34-63.
- Kandemir, A. (2019) “*Flora ve Vejetasyon*”, Erzincan 2019, Erzincan Valiliği, Erzincan.
- Kantarıcı, M D. (2000). *Toprak İlmi*. İÜ Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İ Ü Yayın No. 4261,Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul, 420 s.
- Kattge, J., Diaz, S., Lavorel, S., Prentice, IC., Leadley, P., Beonisch, G., Garnier, E., Westoby, M., Reich, PB., Wright, IJ., vd. (2011). Global database of plant traits. *Glob Chang Biol.* 17(9),2905–2935.
- Kaya, M. (2011). Erzincan iklim ve meteoroloji verileri. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 34-42.
- Kawai, K., Saito, H., Kajino, H., Nakai, W., Nakamura, R., Sato, K. ve Okada, N. (2019). Leaf water relations and structural traits of four temperate woody species occurring in serpentine and non serpentine soil. *Ecological Research*, 34(4), 485-496.
- Klimešová, J., Latzel, V., de Bello, F. ve Groenendaal, JM. (2008). Plant functional traits in studies of vegetation changes in response to grazing and mowing: towards a use of more specific traits. *Preslia*, 80, 245–253.
- Konečná, V., Yant, L. ve Kolář, F. (2020). The evolutionary genomics of serpentine adaptation. *Frontiers in Plant Science*, 11, 574616.
- Korkmaz, M., Alparslan, Z., Turgut N. ve İlhan, V. (2012). *Ergan Dağı’nın (Erzincan) Geofit Bitki Taksonları*. 21st National Biology Congress, 03-07 September 2012, İzmir.

- Korkmaz, M., Kandemir, A. ve İlhan, V. (2013). erzincan ve çevresinde yayılış gösteren doğal gül (*Rosa*L.) taksonları. *SDÜ Fen Bilimleri Enst. Dergisi*. 17/1: 49-59.
- Korkmaz, M., Kandemir, A. ve Karacan, S. (2014). A survey on determining the plant taxa of zetrin spice used in kemaliye district (Erzincan, Turkey). *Bothalia*. 44/3: 101-118.
- Korkmaz, M. ve Turgut, N. (2014). Flora of Ergan Mountain (Erzincan/Turkey). *Biol. Div. Conserv*, 7,195-216.
- Kruckeberg, AR. (1950). *An experimental inquiry into the nature of endemism on serpentine soils*. PhD thesis. Univ. Calif., Berkeley. 154 pp.
- Kruckeberg, AR. (1954). *The ecology of serpentine soils: A symposium*. III. Plant species in relation to serpentine soils. *Ecology*, 35,267–74.
- Kruckeberg, AR. (1985). *California Serpentine: Flora, Vegetation, Geology, Soils, and Management Problems*. Berkeley: Univ. Calif. Press. 180 pp.
- Kruckeberg, AR. (2002). *The influences of lithology on plant life*. In *Geology and Plant Life: The Effects of Landforms and Rock Type on Plants*, pp. 160–81. Seattle/London: Univ. Wash. Press. 362.
- Kruckeberg, A.R. (1984). *California Serpentine: Flora, Vegetation, Geology, Soils, and Management Problems*. University of California Press. Berkeley, California, USA 180 p.
- Kurt , L., Ozbey, B.G., Kurt, F., Ozdeniz, E. ve Bolukbaşı, A. (2013). Serpentine Flora of Turkey. *Biological Diversity and Conservation*, 6(1): 134-152.
- Kühn, N., Tovar, C., Carretero, J., Vandvik, V., Enquist, B. J., & Willis, K. J. (2021). Globally important plant functional traits for coping with climate change. *Frontiers of Biogeography*, 13(4).
- Lara, M J., Johnson, D R., Andresen, C., Hollister, R D. ve Tweedie, C E. (2017). Peak season carbon exchange shifts from a sink to a source following 50+ years of herbivore exclusion in an Arctic tundra ecosystem. *J. Ecol.*, 105, 122–31.
- Latorre, A. P. ve Cabezudo, B. (2006). Phenomorphology and eco-morphological characters of *Rhododendron lauroid* forests in the Western Mediterranean (Iberian Peninsula, Spain). *Plant Ecology*, 187, 227-247.
- Lavorel, S. ve Garnier, E. (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Funct Ecology*. 16(5), 545–556.
- Liu, C., Y. Liu, K. Guo, Y. Zheng, G. Li ve L. Yu. (2010). Influence of drought intensity on the response of six woody species subjected to successive cycles of drought and rewatering. *Physiol. Plant.*, 139: 39-54.

- Llinares, J. V., Bautista, I., Del Pilar Donat, M., Lidon, A., Cristina, L. U. L. L., Mayoral, O., ... ve Vicente, Ó. (2015). Responses to environmental stress in plants adapted to Mediterranean gypsum habitats. *Notulae Scientia Biologicae*, 7(1), 37-44.
- Llugany M., Lombini A., Poschenrieder C., Dinelli E. ve Barceló J. (2003). Different mechanisms account for enhanced copper resistance in *Silene armeria* ecotypes from mine spoil and serpentine sites. *Plant Soil*, 251: 55-63.
- Lux, A., Kohanová, J. ve White, P. J. (2021). The secrets of calcicole species revealed. *Journal of Experimental Botany*, 72(4), 968-970.
- Maestre, FT., Escolar, C., Ladrón de Guevara, M., Quero, JL., Lázaro, R., Delgado-Baquerizo, M., Ochoa, V., Berdugo, M., Gozalo, B. ve Gallardo, A. (2013). Changes in biocrust cover drive carbon cycle responses to climate change in drylands. *Glob Change Biol*, 19, 3835–3847.
- Marschner, H. (Ed.). (2011). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press.
- Martínez-Hernández, F. (2013). Patrones biogeográficos de la flora gipsícola ibérica. Mem. Doc. (ined.). Univ. Almería, Almería.
- Meyer, S. ve García-Moya, E. (1989). Plant community patterns and soils moisture regime in gypsum grasslands of north central Mexico. *J Arid Environ*, 16: 147–155.
- McGill, B.J., Enquist, B.J., Weiher, E. ve Westoby, M. (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(4), 178-185.
- Mc Intyre, S., Díaz, S., Lavorel, S. ve Cramer, W. (1999). Plant functional types and disturbance dynamics – introduction. *Journal of Vegetation Science* 10, 604–608.
- Médail, F. ve Diadema, K. (2009). Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of biogeography*, 36(7), 1333-1345.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2024). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ERZINCAN>, erişim tarihi: 14.07.2024.
- Meyer, SE. (1986). The ecology of gypsophile endemism in the eastern mojave desert. *Ecology*, 67, 1303-1313.
- Maleci L., Buffa G., Wahsha M. ve Bini C. (2014) Morphological changes induced by heavy metals in dandelion (*Taraxacum officinale* Web) growing on mine soils. *J. Soils and Sediments*, 14,731–743. DOI 10.1007/s11368-013-0823-y
- Maleci, L., Gentili, L., Pinetti, A., Bellesia, F., ve Servettaz, O. (1999). Morphological and phytochemical characters of *Thymus striatus* Vahl growing in Italy. *Plant Biosyst.*, 133,137–144.

- Maleci L., Cioni P., Flamini G., Spinelli G. ve Servettaz O. (1997). Comparative observations on *Thymus striatus* Vahl and *Thymus striatus* var. *ophiolicus* Lacaita in central Italy. *Lagascalia*, 19: 857-864
- Merlo, M.E. Mota, J.F., Alemán, M.M. ve Cabello, J. (1998). La gipsofilia en plantas: un apasionante edafismo. *Investigación y Gestión* 3,103-112.
- Merlo, M.E. Mota, J.F., Alemán, M.M. ve Cabello, J. (1998). La gipsofilia en plantas: un apasionante edafismo. *Investigación y Gestión*, 3,103-112.
- Meyer, S.E. (1986). The ecology of gypsophile endemism in the eastern Mojave Desert. *Ecology*, 67, 1303-1313.
- Miller, W.P. (1987). Infiltration and soil loss of three gypsum amended Ultisols under simulated rainfall. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55, 783–787.
- Moore, M.J., Mota, J.F., Douglas, N.A., Flores Olvera, H. ve Ochoterena, O. (2014). *The ecology, assembly and evolution of gypsophile floras*. In: Rajakaruna, N., Boyd, R.S. & Harris, T.B. (Eds.). Plant ecology and evolution in harsh environments. Pp. 97-128. Nova Science Publishers, Hauppauge, NY.
- Mota, J.F., Garrido-Becerra, J.A., Perez-Garcia, F.J., Salmeron-Sanchez, E., Sanchez-Gomez, P. ve Merlo, E. (2016). Conceptual baseline for a global checklist of gypsophytes. *Lazaroa*, 37, 7–30.
- Mota, J.F., Garrido-Becerra, J.A., Pérez-García, F.J., Mendoza-Fernández, A.J., Martínez-Hernández, F. ve Merlo, M.E. (2013). *Species-area relationships in the gypsum habitat from Almería (SE of Spain)*. In: Musarella C.M. & Spampinato G. (Eds.). VII International Seminar Biodiversity Management and Conservation - “Planning and management of agricultural and forestry resources”, book of abs tracts. Pp. 36-37. Reggio Calabria.
- Mota, J.F., Garrido-Becerra, J.A., Pérez-García, F.J., Salmerón-Sánchez, E., Sánchez-Gómez, P. ve Merlo, E. (2016). Conceptual baseline for a global checklist of gypsophytes. *Lazaroa*, 37, 7-30.
- Mota, J.F., Sánchez-Gómez, P., Merlo, M.E., Catalán, P., Laguna, E., de la Cruz, M., Navarro-Reyes, F.B., Marchal, F., Bartolomé, C., Martínez Labarga, J.M., Sainz Ollero, H., Valle, F., Serra, L., Martínez-Hernández, F., Garrido-Becerra, J.A. ve Pérez-García, F.J. (2009). Aproximación a la checklist de los gipsófitos ibéricos. *An. Biol.* 31, 71-80.
- Mühlhausen, A., Polster, A., Theissen, G. ve Mummenhoff, K. (2008, September). Evolution of fruit dehiscence in Brassicaceae—Examples from *Aethionema* and *Lepidium*. In V

- International Symposium on Brassicas and XVI International Crucifer Genetics Workshop, Brassica 2008 867 (207-220).
- Navarro Pedreño, J., Gómez, I., Moral, R., Palacios, G. ve Mataix, J. (1997). Heavy metals and plant nutrition and development, Recent, Res., Devel. In *Phytochem*, 1, 173-179.
- Ni, J. (2003). Plant functional types and climate along a precipitation gradient in temperate grasslands, north-east China and southeast Mongolia. *J Arid Environ*, 53, 501–516.
- Nicolas, G., Bradford, K.J., Come, D. ve Pritchard, H.W. (2002). *The Biology of Seeds.*, ss 401. CABI Publishing Cambridge, USA.
- Noble, I.R. ve Gitay, H. (1996). A functional classification for predicting the dynamics of landscapes. *J. Veg. Sci.*, 7, 329-336.
- Noble, I.R. ve Slatyer, R.O. (1980). The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. *Vegetatio*, 43, 5-21.
- Norton, L.D. ve Dontsova, K.M. (1998). Use of soil amendments to prevent soil surface sealing and control erosion. *Adv. Geoecol.*, 31, 581–587.
- Ocakoglu, F. (2014). *Genel Jeoloji-I Ders Notlari*. Osmangazi Üniversitesi Jeoloji.
- Okcu, M., Tozlu, E., Metin Kumlay, A. ve Pehlivan, M. (2009). Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 17(2), 14-26.
- Ortiz, L., Luzuriaga, A. L. ve Ferrandis, P. (2023). Functional diversity of experimental annual plant assemblages drives plant responses to biological soil crusts in gypsum systems. *Functional Ecology*, 37(3), 488-503.
- Osma, E. ve Kandemir, A. (2016). Analysing the effect of elements upon some endemic plants spreading over different habitats. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(7), 2454-2460.
- Osma, E., Kıymaz, O., Varol, T., Türkoğlu, H. İ., Yıldız, F., Kandemir, A., ... ve Hasbenli, A. (2023). Ergen Dağı'nın Farklı Yükseltilerinde Yaygın Olarak Yetişen Bitkilerde Ağır Metal (Ba, Cd, Co, Cr, Pb) Birikiminin Belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 13(3), 981-996.
- Osma, E., Varol, T., Kıymaz, M. O., Türkoğlu, H. İ., Yıldız, F., Kandemir, A. ... ve Hasbenli, A. (2024). Altitudinal Variation of Mineral Elements in Common Plant Species, and Soils of Erzincan Province-Ergen Mountain. *Mus Alparslan University Journal of Science*, 12(2), 142-158.
- Özbey, B. G., Özdeniz, E., Bölükbaşı, A., Öktem, M., Keleş, Y. ve Latif, K. (2017). The role of free proline and soluble carbonhydrates in serpentine stress on some serpetinophyte and serpentinovag plants. *Acta Biologica Turcica*, 30(4), 146-151.

- Özer, E. (1994). Munzur Dağlarının (Kemah-İliç-Erzincan) Stratigrafisi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 37(2), Ankara.
- Özhatay, N. (2006). *Türkiye'nin BTC Boru Hattı Boyunca Önemli Bitki Alanları*. BTC şirketi, İstanbul.125-127.
- Özdeniz, E., Bölükbaşı, A., Kurt, L. ve Özbey, B. G. (2016). Jipsofil bitkilerin ekolojisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(2), 57-62.
- Özdeniz, E., Özbey, B. G., Kurt, L. ve Bölükbaşı, A. (2017). Serpantin ekolojisi ve Türkiye serpantin florası'na katkılar. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(1), 22-33.
- Pakeman, R. J., Lepš, J., Kleyer, M., Lavorel, S., Garnier, E. ve Vista Consortium. (2009). Relative climatic, edaphic and management controls of plant functional trait signatures. *Journal of Vegetation Science*, 20(1), 148-159.
- Pala, Ş.M. ve Başibüyük, A. (2020). Investigation of geography and social sciences curriculum in terms of map skills. *Rigeo*, 10(1).
- Palacio S, Millard P. ve Montserrat-Martí G. (2006). Aboveground biomass allocation patterns within Mediterranean sub-shrubs: a quantitative analysis of seasonal dimorphism. *Flora*, 201, 612–622
- Palacio, S., Azorín, J., Montserrat-Martí, G. ve Ferrio, J. P. (2014). The crystallization water of gypsum rocks is a relevant water source for plants. *Nature communications*, 5(1), 1-7
- Palacio, S., Escudero, A., Montserrat-Martí, G., Maestro, M., Milla, R. ve Albert, M. J. (2007). Plants living on gypsum: beyond the specialist model. *Annals of botany*, 99(2), 333-343.
- Parsons, R.F. (1976). Gypsophily in plants-a review. *Am. Midl. Nat.* 96, 1-20.
- Perez-Garcia, F., Akhiani, H., Parsons, R., Silcock, J., Kurt, L., Ozdeniz, E. ve Mota, J. (2018). A first inventory of gypsum flora in the Palearctic and Australia.
- Pérez-García, F.J., Martínez-Hernández, F., Mendoza-Fernández, A.J., Merlo, M.E., Sola, F., Salmerón-Sánchez, E., Garrido-Becerra, J.A. ve Mota, J.F. (2017). Towards a global checklist of the of world gypsophytes: A qualitative approach. *Plant Sociology*, 54 (2),61-76.
- Pérez-García, F.J., Sola Gómez, A.J., Jiménez-Sánchez, M.L., Merlo, M.E., Cueto, M., Mota, J.F. ve Garrido Becerra, J.A. (2003). *Caso estudiado: Teucrium turretanum* Losa & Rivas Goday, *el edafismo en yeso*. In: Mota, J.F., Cueto, M. ve Merlo, M.E. (Eds.). *Flora amenazada de la provincia de Almería*. Universidad de Almería, Almería.
- Perez-Harguindeguy, N., Diaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P. ... ve Cornelissen, J. H. C. (2013). New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Aust. Bot.*, 61, 167–234.

- Pichi-Sermolli, R. (1948). Flora e vegetazione delle serpentine e delle alter ofioliti dell'alta valle del Trevere (Toscana). *Webbia*, 6, 1–380.
- Plants of the World Online: <https://powo.science.kew.org/>, erişim tarihi: 19.02.2024.
- Polat, P. ve Altınbilek, M. S. (2021). Erzincan'ın iklim özellikleri ile Erzincan'da kaydedilen uzun dönem (1930-2020) sıcaklık ve yağış verilerinin trend analizleri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 26(46), 55-80.
- Poulter, B., MacBean, N., Hartley, A., Khlystova, I., Arino, O., Betts, R., ... ve Peylin, P. (2015). Plant functional type classification for earth system models: Results from the European Space Agency's Land Cover Climate Change Initiative. *Geoscientific Model Development*, 8(7), 2315-2328.
- Powers, JS. ve Tiffin, P. (2010). Plant functional type classifications in tropical dry forests in Costa Rica: leaf habit versus taxonomic approaches. *Funct Ecol*, 24, 927–936.
- Proctor, J. ve Woodell, SRJ. (1975). The ecology of serpentine soils. *Adv. Ecol. Res.*, 9, 255–365.
- Rajakaruna, N. ve Baker, A. J. (2004). Serpentine: a model habitat for botanical research in Sri Lanka. *Ceylon Journal of Science*, 32, 1.
- Rajakaruna, N. (2004), The edaphic factor in the origin of plant species. *International Geology Review*, 46, 471–478.
- Ramírez, N., Barrios, Y. ve Briceño, H. (2021). Correlations between morphological fruit types, fruit and seed colors, and functional groups. *Biota Neotropica*, 21, e20211238.
- Raunkiaer, C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer*. Clarendon Press, Oxford.
- Reeves, R.D., Baker, A.J.M., Borhidi, A. ve Berazain, R. (1999). Nickel hyperaccumulation in the serpentine flora of Cuba. *Annals of Botany*, 83(1), 29-38.
- Reeves, R. D. (2003). Tropical hyperaccumulators of metals and their potential for phytoextraction. *Plant and Soil*, 249, 57-65.
- Ren, H. (2005). A review on the study of desertification process and restoration mechanism of karst rocky ecosystem. *Trop. Geogr.*, 25, 195-200.
- Rice, R W. (2007). *The physiological role of minerals in the plant*. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (eds.) Mineral nutrition and plant disease, St. Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society, pp 9–29.
- Rizwan, M., Ali, S., ur Rehman, M. Z., Rinklebe, J., Tsang, D. C., Bashir, A., ... ve Ok, Y. S. (2018). Cadmium phytoremediation potential of Brassica crop species: a review. *Science of the Total Environment*, 631, 1175-1191.

- Romão, R.L. ve Escudero, A. (2005). Gypsum physical soil crusts and the existence of gypsophytes in semiarid central Spain. *Plant Ecol.*, 181(1), 127-137.
- Rong, L., S. Wang, G. Yu, X. Deng ve J. Ran. (2012). Stable isotope analysis of water sources of four woody species in the Libo karst forest. *Sci. Silvae Sin.*, 48,14-22.
- Rune, O. (1953). Plant life on serpentines and related rocks in the north of Sweden. *Acta Phytogeogr. Suec.*, 31,1–139.
- Sakin, E. (2024). The advantages and disadvantages of calcareous soils. 45: 147-162, Agricultural Research Updates.
- Semmar, N. (2024). Secondary metabolites in plant stress adaptation: Analytic space of secondary metabolites. Springer Nature.
- Singh, P. ve Legese, B. (2022). Essential Mineral Nutrients for Plant Growth: Nutrient Functions and Deficiency Symptoms, *Hi-tech Crop Production and Pest Management*, 195-209.
- Skarpe, C. (1996). Plant functional types and climate in a southern African savanna. *Journal of Vegetation Science*, 7(3), 397-404.
- Smith, T.M., Shugart, H.H. ve Woodward, F.I. (eds.) (1996). *Plant functional types*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sözen, E. (proje yürütücüsü) (2015). Erzincan Kemaliye bölgesinde yok olduğu düşünülen 3 endemik bitki türünü tehdit eden genetik ve bazı ekolojik faktörlerin belirlenmesi, TÜBİTAK 1001 Programı, 110T912 nolu Proje Sonuç Raporu, Eskişehir.
- Steffen, W.L., Walker, B.H., Ingram, J.S.I. ve Koch, G.W. (1992). Global change and terrestrial ecosystems (IGBP Report No. 21). IGBP-ICSU, Stockholm. Sumner, M.E. Gypsum and acid soils: The world scene. *Adv. Agron.* 1993, 51, 1–32.
- Şenkul, Ç. ve Kaya, S. (2017). Türkiye endemik bitkilerinin coğrafi dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*, (69), 109-120.
- Taalab, A. S., Ageeb, G. W., Siam, H. S. ve Mahmoud, S. A. (2019). Some Characteristics of Calcareous soils. A review AS Taalab1, GW Ageeb2, Hanan S. Siam1 and Safaa A. Mahmoud1. *Middle East J*, 8(1), 96-105.
- Tadros, T. M. (1957). Evidence for the presence of an edapho-biotic factor in the problem of serpentine tolerance. *Ecology*, 38, 14-23.
- Tavşanoğlu, Ç. ve Pausas, J. G. (2018). A functional trait database for Mediterranean Basin plants. *Scientific data*, 5(1), 1-18.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D. ve Halvin, J.H. (1993). *Soil Fertility and Fertilizers*, 5th ed.; Macmillan Publishing Company: New York, NY, USA, 1993.

- Toma, M., Sumner, M.E., Weeks, G. ve Saigusa, M. (1999). Long-term Effects of Gypsum on Crop Yield and Subsoil Chemical Properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63, 891–895.
- Tyler, G. (1996). Mineral nutrient limitations of calcifuge plants in phosphate sufficient limestone soil. *Annals of Botany*, 77(6), 649-656.
- Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V. ve Orr, R. B. (2022). *Campbell biyoloji*. Çev. Ed.: E. Gündüz ve İ. Türkan), Ankara: Palme Yayıncılık.
- Ülgen, C. (2019), “*Anadolu Bozkır Bitkilerinin Fonksiyonel Karakter Örüntüleri*”, Y.Lisans Tezi, Hacettepe Ün. Fen Bilimleri Enst. Ankara
- Vermez, Y., Dindaroğlu, T. ve Rızaoğlu, T. (2018). Karstik Orman Ekosistemlerin Bazı Petrografik, Toprak ve Vejetasyon Özellikleri; Kahramanmaraş-Andırın Sarımsak Dağı Örneği. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 21(1), 32-43.
- Violle, Cyrille vd. (2007). Let the Concept of Trait Be Functional. *Oikos*, 116(5), 882–92.
- Vlamis, J. ve Jenny, H. (1948). Calcium deficiency in serpentine soils as revealed by absorbent technique. *Science*, 107, 549–51.
- Xie, K., Cakmak, I., Wang, S., Zhang, F. ve Guo, S. (2021). Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. *The Crop Journal*, 9(2), 249-256.
- Yadav, R.K.P., Bosabalidis, A.M. ve Vokou, D. (2004). Leaf structural features of Mediterranean perennial species: plasticity and life form specificity. *J Biol Res*, 2, 21-34.
- Yamaji, N., Sasaki, A., Xia, J. X., Yokosho, K. ve Ma, J. F. (2013). A node-based switch for preferential distribution of manganese in rice. *Nature Communications*, 4(1), 2442.
- Yavuzer, H. ve Osma, E. (2018). *Salix Fragilis* L.(Gevrek Söğüt)’in ağır metal kirlenmesinde biyomonitör olarak değerlendirilmesi. *Anadolu University Journal of Science and Technology C-Life Sciences and Biotechnology*, 7(2), 122-129.
- Walker, R.B. (1954). The ecology of serpentine soils: A symposium. II. Factors affecting plant growth on serpentine soils. *Ecology* 35, 259–66.
- Walker, B.H. (1992). Biodiversity and ecological redundancy. *Conserv. Biol.* 6, 18-23.
- Westoby, M. ve Wright, I. J. (2006). Land-plant ecology on the basis of functional traits. *Trends in ecology & evolution*, 21(5), 261-268.
- White, R.E. (2006). *Principles and Practice of Soil Science: The Soil as a Natural Resource*. 4th Edition, Wiley-Blackwell Scientific Publication, London, United Kingdom.
- Whittaker, R.H. (1954). The ecology of serpentine soils: A symposium. I. Introduction. *Ecology*, 35, 258–59.

- Wild, A. (1993). *Soils and The Environment: An Introduction*. 1st Edition, Cambridge University Pres, UK.
- Woodward, F.I. ve Cramer, W. (1996). Plant functional types and climatic change: introduction. *Journal of Vegetation Science*, 7(3), 306-308.
- Wu, Y., Hong, W. ve Chen, Y. (2018). Leaf physiological and anatomical characteristics of two indicator species in the limestone region of southern China under drought stress. *Pak. J. Bot*, 50(4), 1335-1342.
- Zohlen, A. ve Tyler, G. (2000). Immobilization of tissue iron on calcareous soil: differences between calcicole and calcifuge plants. *Oikos*, 89(1), 95-106.
- Zokaides, C. (1997). *Living on Karst. A Reference Guide For Landownersin Limestone Regions*. Cave Conservancy of the Virginias, 5.

