

PAPER DETAILS

TITLE: Influences of Some Shrubs on Soil Properties in the Çanakkale Rangelands

AUTHORS: Mehmet PARLAK,A GÖKKUS,A Özaslan PARLAK

PAGES: 88-98

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/199910>

Çanakkale Meralarında Bazı Çalıların Toprak Özelliklerine Etkileri*

M. Parlak¹, A. Gökkuş², A. Özasan Parlak²

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lapseki Meslek Yüksekokulu, Çanakkale

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale

Özet: Genellikle otlatılarak değerlendirilen Akdeniz iklim kuşağının makili alanlarında, çalılarının toprak özelliklerine etkileri konusunda yörede bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu yüzden çalışmada; bazı çalılarının toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Araştırmada bitki materyali olarak karaçalı (*Paliurus spina-christi* Miller), mazı meşesi (*Quercus infectoria* Oliv.), kermes meşesi (*Quercus coccifera* L.), akçakesme (*Phillyrea latifolia* L.) ve katran ardıcı (*Juniperus oxycedrus* L.) çalıları ele alınmıştır. Bu çalılarının toprağa etkilerini belirlemek için taç altı ve açık alandan 0-10 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam azot (N), organik karbon (C), alınabilir fosfor (P), kireç (CaCO₃), kation değişim kapasitesi (KDK), değişebilir K, Ca, Mg, Na ile bünje, agregat stabilitesi ve hacim ağırlığı incelenmiştir. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde bağımsız t testi kullanılmıştır. Araştırmada, bütün çalılarda taç altındaki toprak örneklerinde önemli ölçüde (p < 0,05) daha fazla toplam N, KDK, değişebilir K, Ca, Mg ve Na belirlenmiştir. Yine tüm çalılarının altındaki topraklar daha yüksek organik C ve alınabilir P'a sahip olmuş, ancak organik C farklılığı karaçalı (p = 0,000) ve mazı meşesinde (p = 0,023), alınabilir P ise kermes meşesi (p = 0,015) ve katran ardıcında (p = 0,022) önemli bulunmuştur. Toprakların hacim ağırlıkları kermes meşesi, akçakesme ve katran ardıcında önemli olmak üzere (p < 0,01) bütün çalılarda taç altında daha düşük çıkmıştır. Toprakların kil, silt, kum ve agregat stabiliteeleri arasında önemli fark görülmemiştir. Sonuç olarak, maki örtüsünün yaygın çalıları toprakların kimyasal (CaCO₃ hariç) ve fiziksel (bünje hariç) özelliklerini iyileştirmek suretiyle toprak verimliliğinin sürdürülmesinde önemli katkılar sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Agregat stabilitesi, hacim ağırlığı, karaçalı (*Paliurus spina-christi* Miller), katran ardıcı (*Juniperus oxycedrus* L.), toprak besin maddeleri

Influences of Some Shrubs on Soil Properties in the Çanakkale Rangelands*

Abstract: Maquis lands of Mediterranean climate zone are generally used for animal grazing and there is no research on impacts of shrubs on soil characteristics. Therefore, the aim of this study is impacts of some shrubs on physical and chemical characteristics of soils were investigated. Plant material of the study is composed of jerusalem thorn (*Paliurus spina-christi* Miller), gall oak (*Quercus infectoria* Oliv.), kermes oak (*Quercus coccifera* L.), mock privet (*Phillyrea latifolia* L.) and prickly juniper (*Juniperus oxycedrus* L.) shrubs. In order to determine the effects of these shrub species on soil, soil samples taken from canopy and 0-10 cm depth in open land were examined in terms of following parameters including pH, electrical conductivity (EC), total nitrogen (N), organic carbon (C), available phosphorus (P), carbonate content, cation exchange capacity (CEC), exchangeable K, Ca, Mg and Na as well as texture, aggregate stability and bulk density. Independent t-test was used for the analysis of the obtained data. In the study, all the soil samples taken from canopy were found to contain significantly higher amount of total N, CEC, exchangeable K, Ca, Mg and Na (p < 0.05). Similarly, soils under shrubs were determined to contain higher organic C and available P; however, the difference in organic C was found significant only in jerusalem thorn (p = 0.000) and gall oak (p = 0.023), while the difference in available P was only significant in kermes oak (p = 0.015) and prickly juniper (p = 0.022). Bulk density of the soil was lower in all shrub samples taken from canopy, which was significant in kermes oak, mock privet and prickly juniper (p < 0.01). No significant difference was detected in clay, silt, sand and aggregate stability of the soils. In conclusion, shrubs widely present in maquis make significant contributions to sustainability of soil fertility by improving the chemical (excluding CaCO₃) and physical (excluding texture) properties of the soils.

Key Words: Aggregate stability, bulk density, Jerusalem thorn (*Paliurus spina-christi* Miller), Prickly juniper (*Juniperus oxycedrus* L.), soil nutrients

GİRİŞ

Otsu türlere göre daha çok toprak altı ve toprak üstü organik kütlesi oluşturan çalılar Türkiye' de 7,5 milyon hektar alan kaplamakta-

dır. Bunun önemli bir kısmı Çanakkale' nin de bulunduğu Akdeniz kuşağında yer almaktadır. Çalılar hem hayvanlar açısından besin kaynağı

¹Sorumlu yazar : Mehmet Parlak

E-posta : mehmetparlak06@hotmail.com

*TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir

olmaları hem de ekolojik denge ve toprak verimliliğinin devamı açısından da önemli bir yere sahiptir. Çalılar hem kökleri hem de yaprakları vasıtasıyla toprağa büyük miktarlarda organik madde temin ederler. Buna bağlı olarak toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik özellikleri iyileşir. Çalıların taç altındaki kök dağılımının açık alandakine göre daha yüksek olması, bu kısımdaki karbon ve azot miktarını artırmaktadır (Barth ve Klemmedson, 1978). Bunun yanında, çalıların altında açık alana göre mikroorganizma sayısının daha yüksek olması da organik madde ve azot içeriklerinin daha yüksek olmasına neden olmaktadır (Aguilera vd., 1999).

Bitkiler, toprağın mikro iklimi üzerinde de etkilidir. Bitki örtüsünün altında güneş radyasyonu, rüzgar hızı, toprak sıcaklığı ve buharlaşmanın azaldığı ayrıcalıklı bir mikro iklim gelişir (Hellwig, 1973; Hennessy vd., 1985; Scholes ve Archer, 1997; Snyder vd., 2006; Kidron, 2008). Bitkiler, yağmur damlasının hızını keserek dolaylı olarak suyun toprağa girişini etkiler (Tromble, 1987; Calder, 2001). Bu durum yağmur damlasının vuruş etkisini azaltarak kaymak tabakası ve kabuk oluşumunu azaltır. Böylece yüzey akış ve toprak kaybının yanında sıçrama erozyonu ile toprak sıkışması azalmış olur (Rostagno, 1989; Parsons vd., 1992; Abrahams vd., 1995).

Taç altındaki toprak özellikleri açık alana göre daha fazla çalı etkisinde kalır. Zira bitki kökleri bulundukları yerde ölür ve çürür, yapraklar çoğunlukla çalının dibine dökülür. Bu yüzden taç altındaki toprak özelliklerindeki değişimler çoğunlukla bitki morfolojisindeki değişimlerden kaynaklanır (Bochet vd., 1999; Hirobe vd., 2001; Li vd., 2007).

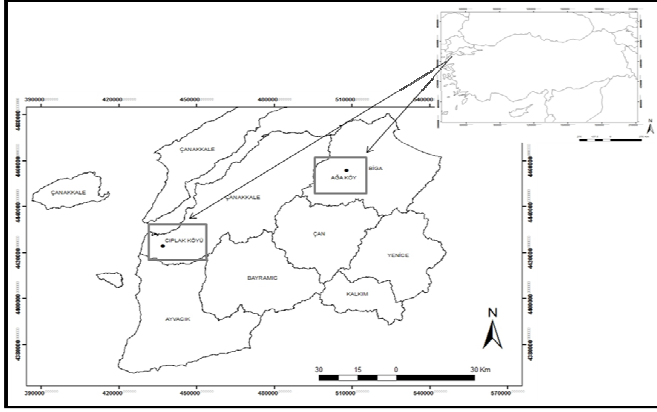
Kuzey batı Patagonya'daki (Arjantin) çalılarının toprak özelliklerine etkilerini araştıran Rostagno vd. (1991), çalılarının altındaki toprakların bitişiğindeki alanlara göre toplam N, organik C, alınabilir P, değişebilir K ve Mg bakımından önemli ölçüde yüksek ($p < 0,05$), hacim ağırlığı bakımından ise önemli ölçüde düşük

($p < 0,05$) olduğunu belirtmişlerdir. Shukla vd. (2006), çam türü (*Pinus edulis*), ardıç türü (*Juniperus monosperma*) ve meşe türü (*Quercus gambelii*)'nin taç altındaki topraklarının agregat stabilitesi, ortalama tane çapı, hacim ağırlığı, pH ve elektriksel iletkenlik değerlerini birbirine yakın bulmuşlardır. Çama göre (0-10 cm derinlikte 23,3 Mg ha⁻¹, 10-20 cm derinlikte 18,5 Mg ha⁻¹) meşenin tacındaki toprağın organik karbon içeriği (0-10 cm derinlikte 43,1 Mg ha⁻¹, 10-20 cm derinlikte 37,5 Mg ha⁻¹) daha yüksek bulunmuştur. 0-10 cm derinlikteki toprakta toplam azot çam tacında 1,7 g kg⁻¹, meşe tacında ise 3,4 g kg⁻¹ olarak saptanmıştır.

Çalılarının toprak özellikleri üzerine çok önemli etkileri olmasına rağmen, yörede daha önce bu yönde araştırma yürütülmemiştir. Bu nedenle bu çalışmada Akdeniz bitki örtüsündeki yaygın çalılarının (karaçalı, mazı meşesi, kermes meşesi, akçakesme ve katran ardıcı) topraklarının bazı kimyasal (pH, EC, toplam N, organik C, CaCO₃, KDK, alınabilir P, değişebilir K, Ca, Mg ve Na) ve fiziksel (tane büyüklüğü dağılımı, agregat stabilitesi, hacim ağırlığı) özelliklerine etkileri belirlenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Akdeniz iklim kuşağında yer alan Çanakkale'nin Biga İlçesi'ne bağlı Ağaköy ile merkeze bağlı Çıplak köy'ün çalılı meralarında yapılmıştır (Şekil 1). Araştırmada bitki materyali olarak Ağaköy merasında karaçalı (*Paliurus spina-christi* Miller) ve mazı meşesi (*Quercus infectoria* Oliv.); Çıplak köy merasında ise kermes meşesi (*Quercus coccifera* L.), akçakesme (*Phillyrea latifolia* L.) ve katran ardıcı (*Juniperus oxycedrus* L.) ele alınmıştır. Karaçalı ve mazı meşesi yaprağını döken türler olmasına rağmen diğer çalılar (kermes meşesi, akçakesme ve katran ardıcı) her dem yeşildirler. Farklı 2 mera seçilmesinin nedeni otlatmaya hassas olan çalı türlerinin Ağaköy merasında bulunması ve ağır otlatmadan dolayı Çıplak merasında 3 çalı türünün hakim olmasıdır. Ağaköy merasının eğimi % 8, Çıplak merasının eğimi ise % 2' dir.



Şekil 1. Çalışma alanının yeri

Araştırma alanı Akdeniz iklim özelliklerine sahip olduğu için yazları kurak geçmekte ve mayıstan itibaren yağış azalmakta, ekimden itibaren de artmaktadır. Uzun yıllar ortalaması (1975-2006) olarak toplam yağış Çıplak köy ve Ağaköy meralarında sırasıyla 595,6 ve 657,0 mm, ortalama sıcaklık 14,9 ve 13,9 °C, ortalama nispi nem ise %73 ve %76 olarak bildirilmiştir (Anonim, 2008).

Araştırmada toprak örnekleri 15 Mayıs 2007 tarihinde her tür için sekiz çalının taç altından yanındaki açık alandan 0-10 cm derinlikten (Wezel vd., 2000) alınmıştır. Çalı tacı altından örnekler çalının merkezinden 30 cm uzaklıktan iki toprak numunesi alınarak karıştırılmıştır. Açık alandan ise çalı tacına en az 2 m uzağından üç toprak örneği alınmış ve birleştirilmiştir (Wezel vd., 2000). Örnekler hava kuru hale getirildikten sonra 2 mm delik çaplı elekten ele-nip analizler için hazırlanmıştır. Çıplak köyü merasından 48 toprak örneği (1 derinlik x 2 yer (kanopi ve açık alan) x 3 bitki x 8 tekerrür), Ağaköy merasından ise 32 toprak örneği (1 derinlik x 2 yer (kanopi ve açık alan) x 2 bitki x 8 tekerrür) alınmıştır.

Mera topraklarının kimyasal ve fiziksel özelliklerinin saptanmasında aşağıda belirtilen yöntemler uygulanmıştır. Toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) 1:2.5 toprak:su çözeltisinde belirlenmiştir (Richards, 1954). Organik karbon ve azot CN-Analiz cihazı (Elementar Vario EL) yardımıyla belirlendikten

sonra, toplam karbonun 1,72 ile çarpılmasıyla organik madde bulunmuştur. Alınabilir fosfor, Olsen ve Sommers (1982) yöntemine göre yapılmıştır. Kireç (% CaCO_3) HCl ile uygulamadan sonra hacimsel olarak (kalsimetrede) belirlenmiştir (Nelson, 1982). Değişebilir katyonlar (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ ve K^+) ise ekstraksiyon çözeltisi olarak 1 N NH_4 -asetat kullanılarak, bulunan değerlerden aynı iyonların saturasyon süzüğündeki değerlerinin çıkarılması suretiyle belirlenmiştir (Thomas, 1982). Katyon değişim kapasitesi, toprak kolloidlerinin 1 N Na-asetat çözeltisi ile doyurulması, sonra toprak tarafından tutulan Na^+ 'un 1N NH_4 -asetat çözeltisi ile geri alınarak alev fotometresinde Na okuması ve standart eğri yardımıyla tayin edilmiştir (Richards, 1954). Tane büyüklüğü dağılımı, organik maddenin H_2O_2 ile yükseltgenmesinden sonra (NaPO_3)₆ ile dispersiyonu sağlanmıştır. İnce ve kaba kum eleklerle belirlenmiş silt ve kil fraksiyonu ise pipet yöntemiyle tespit edilmiştir (Gee ve Bauder, 1986). Agregat stabilitesi 1-2 mm büyüklüğündeki agregatlarda Yoder tipi ıslak eleme aletinde (Kemper ve Rosenau, 1986) yapılmıştır. Hacim ağırlığı 0-10 cm toprak derinliğinden alınan bozulmamış örnek alma kapları yardımıyla belirlenmiştir (Blake ve Hartge, 1986).

Tespit edilen toprak özellikleri bakımından taç altı ve açık alan arasındaki farkın karşılaştırılmasında bağımsız 2 grup için normal dağılım gösterenlerde t testi ve normal dağılım göstermeyenlerde ise Mann-Whitney U testinden yararlanılmıştır. Tespit edilen özellikler bakımından normallik ön şartının sağlanıp sağlanmadığının test edilmesinde Shapiro-Wilk testinden, varyansların homojenliğinin test edilmesinde ise Levene testinden yararlanılmıştır. İstatistik analizlerin yapılmasında Minitab 13 bilgisayar paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Karaçalı'da toprakların toplam N, organik C ve KDK ile değişebilir K, Ca, Mg ve Na içerikleri ($p < 0,01$) taç altı ve açık alan arasında önemli farklılıklar göstermiştir. Önemli olan bütün bu

özelliklerde taç altı değerleri açık alandaki değerlerden daha yüksek olmuştur. Bu durum aralarındaki farklılık önemsiz olmakla birlikte, pH, EC, alınabilir P, CaCO₃, kil, silt ve agregat stabilitesinde de ortaya çıkmıştır. Buna karşılık toprakların kum yüzdesi ve hacim ağırlığı açık alanda daha yüksek olmuştur (Çizelge 1).

Mazı meşesinin taç altı ve açık alanından alınan toprak örneklerinde pH ($p < 0,05$), EC ($p < 0,01$), toplam N ($p < 0,05$), organik C ($p < 0,05$), KDK ($p < 0,01$), değişebilir K ($p < 0,05$), değişebilir Ca ($p < 0,01$) ve değişe-

bilir Na ($p < 0,05$) yönünden önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bu özelliklerde taç altı açık alandan daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Aralarındaki farklılığın önemli olmamasına karşılık toprakların alınabilir P, değişebilir Mg kil ve silt yüzdeleri ile hacim ağırlığı da taç altında daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 2).

Kermes meşesinin taç altından ve açık alandan alınan toprak örneklerinin toplam N ($p < 0,05$), alınabilir P ($p < 0,05$), KDK ($p < 0,01$), değişebilir K ($p < 0,05$), değişebilir Ca ($p < 0,01$), değişebilir Mg ($p < 0,01$), değişebilir Na ($p < 0,05$)

Çizelge 1. Karaçalının taç altı ve açık alanından alınan toprak örneklerine ait bazı özellikler

Özellik	Taç altı	Açık alan	Bağımsız 2 grup için t testi (p)	Mann-Whitney U testi (P)
pH	7,04 ± 0,27	6,99 ± 0,09		0,874
EC (dS m ⁻¹)	0,40 ± 0,05	0,35 ± 0,06	0,108	
Toplam N (%)	0,26 ± 0,02	0,22 ± 0,01	0,000**	
Organik C (%)	2,66 ± 0,05	2,33 ± 0,08	0,000**	
Alınabilir P (mg kg ⁻¹)	23,64 ± 8,34	16,92 ± 6,15	0,091	
CaCO ₃ (%)	0,86 ± 0,19	0,67 ± 0,18	0,059	
KDK (cmol kg ⁻¹)	19,28 ± 1,26	16,58 ± 0,83	0,000**	
Değişebilir Ca (cmol kg ⁻¹)	15,79 ± 1,30	13,75 ± 0,82	0,003**	
Değişebilir Mg (cmol kg ⁻¹)	3,10 ± 0,12	2,56 ± 0,33		0,001**
Değişebilir K (cmol kg ⁻¹)	0,25 ± 0,03	0,17 ± 0,02	0,000**	
Değişebilir Na (cmol kg ⁻¹)	0,09 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,004**	
Kil (%)	12,69 ± 4,14	12,10 ± 6,19	0,825	
Silt (%)	30,22 ± 2,78	29,48 ± 1,72	0,534	
Kum (%)	57,09 ± 3,88	58,42 ± 5,79	0,597	
Agregat Stabilitesi (%)	82,04 ± 4,28	79,79 ± 6,83	0,446	
Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	1,34 ± 0,02	1,36 ± 0,03	0,227	

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

Çizelge 2. Mazı meşesinin taç altı ve açık alanından alınan toprak örneklerine ait bazı özellikler

Özellik	Taç altı	Açık alan	Bağımsız 2 grup için t testi (p)	Mann-Whitney U testi (p)
pH	7,08 ± 0,09	6,96 ± 0,10	0,037*	
EC (dS m ⁻¹)	0,44 ± 0,05	0,36 ± 0,02	0,001**	
Toplam N (%)	0,29 ± 0,02	0,26 ± 0,03		0,031*
Organik C (%)	3,02 ± 0,24	2,61 ± 0,37	0,023*	
Alınabilir P (mg kg ⁻¹)	24,80 ± 14,00	19,37 ± 6,18	0,344	
CaCO ₃ (%)	0,49 ± 0,14	0,58 ± 0,26		0,793
KDK (cmol kg ⁻¹)	20,08 ± 0,98	16,31 ± 0,67	0,000**	
Değişebilir Ca (cmol kg ⁻¹)	16,27 ± 1,00	12,89 ± 0,47		0,001**
Değişebilir Mg (cmol kg ⁻¹)	3,42 ± 0,36	3,15 ± 0,42		0,083
Değişebilir K (cmol kg ⁻¹)	0,24 ± 0,06	0,17 ± 0,02	0,015*	
Değişebilir Na (cmol kg ⁻¹)	0,09 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,015*	
Kil (%)	14,49 ± 3,24	12,42 ± 3,37	0,231	
Silt (%)	31,28 ± 2,99	30,76 ± 2,49	0,711	
Kum (%)	54,23 ± 4,61	56,83 ± 3,51	0,227	
Agregat Stabilitesi (%)	80,80 ± 5,22	82,42 ± 4,45	0,467	
Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	1,36 ± 0,06	1,33 ± 0,03	0,302	

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

ve hacim ağırlığı ($p < 0,01$) arasındaki farklılık önemli olurken diğer toprak özellikleri arasında önemli fark bulunmamıştır (Çizelge 3). Hacim ağırlığı dışında önemli çıkan toprak özellikleri kermes meşesi tacı altında açık alandan daha yüksek bulunmuştur.

Akçakesmede taç altından ve açık alandan alınan toprakların toplam N ($p < 0,01$), KDK ($p < 0,01$), değişebilir Ca ($p < 0,01$), değişebilir Mg ($p < 0,01$), değişebilir Na ($p < 0,05$) ve hacim ağırlığı ($p < 0,01$) bakımından önemli farklılıklar bulunmuştur. Bu özelliklerden hacim ağırlığı dışındakilerde taç altı toprakları daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Önemsiz olmakla birlikte taç altından alınan toprakların pH, EC, organik C, alınabilir P, değişebilir K, kum ve agregat stabilitesi de açık alandan alınan topraklardan daha yüksek belirlenmiştir (Çizelge 4).

Katran ardıcında bitki tacının altından ve açık alandan alınan toprak örnekleri arasında önemli farklılık gösteren özellikler içerisinde KDK ($p < 0,01$), toplam N ($p < 0,05$), alınabilir P ($p < 0,05$), değişebilir K ($p < 0,01$), değişebilir Ca ($p < 0,01$), değişebilir Mg ($p < 0,01$), değişebilir Na ($p < 0,01$) ve hacim ağırlığı ($p < 0,01$) yer almıştır. Bu özelliklerden toplam N, alınabilir P, KDK, değişebilir K, Ca, Mg ve Na taç altında daha yüksek olurken, hacim ağırlığı açık alanda daha yüksek çıkmıştır. Sonuçlar arasındaki farklılığın önemsiz bulunmasına rağmen, organik C ve agregat stabilitesi de taç altından alınan toprak örneklerinde daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 5).

Bitkiler toprak oluşumu ve özelliklerinde yoğun bir etkiye sahiptirler. Kurak ve yarı kurak bölgelerde bitki ve toprak arasındaki etkileşimlerle ilgili olarak çok sayıda araştırma yapılmıştır (Perez, 1995; Chen ve Stark, 2000; Hirobe vd., 2001; Buschiazzi vd., 2004; Su vd., 2004; Shukla vd., 2006; Gallardo ve Parama, 2007; Li vd., 2007). Araştırmacılar bitkilerin toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri ile mikro iklimini değiştirdiğini belirtmişlerdir. Bu alanlarda bulunan maki örtüsündeki bitki türleri ekosistemin

sürdürülebilirliği bakımından çok önemlidir. Sürdürülebilirlik ise toprağın kalitesine bağlıdır.

Çalı örtüsünde çalıların toprak üzerindeki bu etkilerini araştırabilmek için yürütülen bu araştırmada hem çalı altlarından hem de açığından alınan toprak örneklerinde kimyasal ve fiziksel analizler yapılmıştır. İncelenen bütün çalılarda (karaçalı, mazı meşesi, kermes meşesi, akçakesme, katran ardıcı) taç altından alınan toprak numuneleri genellikle açık alandan alınan topraklara göre daha yüksek EC, organik C, KDK, toplam N, alınabilir P, değişebilir K, Ca, Mg, Na ve agregat stabilitesine, daha düşük hacim ağırlığına sahip olmuştur (Çizelge 1, 2, 3, 4 ve 5). Genellikle toprakların pH değerleri, CaCO_3 miktarları ve toprak bünyeleri arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmamıştır (Çizelge 1, 2, 3, 4 ve 5). Karaçalının taç altındaki CaCO_3 kapsamı %0,86, açık alanda ise %0,67 (Çizelge 1); mazı meşesinin taç altındaki CaCO_3 kapsamı %0,49, açık alanda ise %0,58 (Çizelge 2); kermes meşesinin taç altındaki CaCO_3 kapsamı %1,23, açık alanda ise %1,26 (Çizelge 3); akçakesmenin taç altındaki CaCO_3 kapsamı %1,01, açık alanda ise %1,14 (Çizelge 4) ve katran ardıcının taç altındaki CaCO_3 kapsamı %1,05, açık alanda da %1,16 (Çizelge 5) olarak bulunmuştur. Sadece mazı meşesinin taç altı ve açık alanındaki toprağın pH değeri istatistik olarak önemli ($p = 0,037$) çıkmıştır (Çizelge 2).

Toprağın organik maddesinin büyük kısmı (%99) bitkisel kökenlidir (Larcher, 1995). Dolayısıyla çalıların ölen kök ve yaprakları taç altında toprak organik maddesinin artmasına yol açmıştır. Bu da taç altındaki C ve N miktarını artırmıştır (Barth ve Klemmedson 1978; Bochet vd., 1999). Taç altındaki toprakların açık alana göre organik C içeriklerinin değişimi karaçalıda $p = 0,000$ (Çizelge 1), mazı meşesinde $p = 0,031$ (Çizelge 2), kermes meşesinde $p = 0,051$ (Çizelge 3), akçakesmede $p = 0,185$ (Çizelge 4), katran çalısında $p = 0,058$ (Çizelge 5) olarak bulunmuştur. Organik madde toprak mikroorganizmalarının

Çizelge 3. Kermes meşesinin taç altı ve açık alanından alınan toprak örneklerine ait bazı özellikler

Özellik	Taç altı	Açık alan	Bağımsız 2 grup için t testi (p)	Mann-Whitney U testi (p)
pH	7,41 ± 0,28	7,27 ± 0,35	0,395	
EC (dS m ⁻¹)	0,44 ± 0,04	0,39 ± 0,05	0,051	
Toplam N (%)	0,27 ± 0,03	0,23 ± 0,04	0,034*	
Organik C (%)	2,62 ± 0,37	2,44 ± 0,31	0,303	
Alınabilir P (mg kg ⁻¹)	16,84 ± 2,49	13,43 ± 2,37	0,015*	
CaCO ₃ (%)	1,23 ± 0,17	1,26 ± 0,24		1,000
KDK (cmol kg ⁻¹)	18,86 ± 1,08	16,10 ± 0,99	0,000**	
Değişebilir Ca (cmol kg ⁻¹)	15,43 ± 0,74	13,40 ± 1,38	0,004**	
Değişebilir Mg (cmol kg ⁻¹)	3,02 ± 0,57	2,43 ± 0,41	0,003**	
Değişebilir K (cmol kg ⁻¹)	0,24 ± 0,06	0,17 ± 0,05	0,018*	
Değişebilir Na (cmol kg ⁻¹)	0,11 ± 0,02	0,07 ± 0,03	0,030*	
Kil (%)	9,40 ± 3,35	11,09 ± 6,58		0,752
Silt (%)	20,63 ± 3,25	20,83 ± 1,60	0,882	
Kum (%)	69,96 ± 6,31	68,21 ± 7,82	0,630	
Agregat Stabilitesi (%)	78,14 ± 10,80	69,46 ± 13,76		0,127
Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	1,25 ± 0,05	1,44 ± 0,04	0,000**	

* p < 0,05, ** p < 0,01

Çizelge 4. Akçakesmenin taç altı ve açık alanından alınan toprak örneklerine ait bazı özellikler

Özellik	Taç altı	Açık alan	Bağımsız 2 grup için t testi (p)	Mann-Whitney U testi (p)
pH	7,31 ± 0,34	7,19 ± 0,48	0,584	
EC (dS m ⁻¹)	0,43 ± 0,04	0,39 ± 0,05	0,066	
Toplam N (%)	0,28 ± 0,04	0,22 ± 0,02	0,003**	
Organik C (%)	2,84 ± 0,57	2,52 ± 0,29	0,185	
Alınabilir P (mg kg ⁻¹)	16,94 ± 3,51	13,94 ± 2,22		0,066
CaCO ₃ (%)	1,01 ± 0,33	1,14 ± 0,36		0,270
KDK (cmol kg ⁻¹)	19,06 ± 1,04	16,08 ± 0,44		0,001**
Değişebilir Ca (cmol kg ⁻¹)	15,70 ± 0,82	13,61 ± 0,63	0,000**	
Değişebilir Mg (cmol kg ⁻¹)	3,01 ± 0,43	2,20 ± 0,48	0,003**	
Değişebilir K (cmol kg ⁻¹)	0,21 ± 0,05	0,17 ± 0,02	0,073	
Değişebilir Na (cmol kg ⁻¹)	0,10 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,037*	
Kil (%)	10,70 ± 3,64	11,20 ± 3,14	0,774	
Silt (%)	23,21 ± 5,35	23,96 ± 2,49	0,729	
Kum (%)	66,09 ± 8,20	64,85 ± 4,78	0,718	
Agregat Stabilitesi (%)	73,81 ± 9,92	73,44 ± 11,26	0,946	
Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	1,24 ± 0,06	1,42 ± 0,05	0,000**	

* p < 0,05, ** p < 0,01

Çizelge 5. Katran ardıcının taç altı ve açık alanından alınan toprak örneklerine ait bazı özellikler

Özellik	Taç altı	Açık alan	Bağımsız 2 grup için t testi (p)	Mann-Whitney U testi (p)
pH	7,43 ± 0,28	7,30 ± 0,30	0,373	
EC (dS m ⁻¹)	0,39 ± 0,04	0,36 ± 0,04	0,175	
Toplam N (%)	0,25 ± 0,03	0,21 ± 0,03	0,027*	
Organik C (%)	2,75 ± 0,29	2,47 ± 0,25	0,058	
Alınabilir P (mg kg ⁻¹)	16,26 ± 2,11	13,56 ± 2,06	0,022*	
CaCO ₃ (%)	1,05 ± 0,31	1,16 ± 0,49		0,793
KDK (cmol kg ⁻¹)	18,43 ± 0,45	15,35 ± 0,56	0,000**	
Değişebilir Ca (cmol kg ⁻¹)	14,87 ± 0,67	12,76 ± 0,45	0,000**	
Değişebilir Mg (cmol kg ⁻¹)	3,16 ± 0,32	2,32 ± 0,29	0,000**	
Değişebilir K (cmol kg ⁻¹)	0,25 ± 0,05	0,16 ± 0,03	0,001**	
Değişebilir Na (cmol kg ⁻¹)	0,11 ± 0,02	0,07 ± 0,01		0,003**
Kil (%)	9,15 ± 3,92	10,96 ± 2,66	0,300	
Silt (%)	21,10 ± 2,08	21,68 ± 2,75	0,643	
Kum (%)	69,76 ± 4,42	67,36 ± 3,54	0,253	
Agregat Stabilitesi (%)	75,49 ± 9,25	72,88 ± 6,86		0,372
Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	1,27 ± 0,03	1,43 ± 0,04	0,000**	

*p < 0,05, ** p < 0,01

temel besin kaynağı olduğu için, taş altında mikroorganizma faaliyeti ile organik madde parçalanması sonucu daha çok azotun açığa çıkmasına, dolayısıyla bu kısımda toprak azotunun yükselmesine sebep olmaktadır (Aguilera vd., 1999). Mikroorganizmaların fazla olması organik maddenin ayrışmasını artırır. Organik maddenin ayrışmasında toprak nemi de önemlidir (Akalan, 1988). Çalıların taş altı ve açık alanındaki toprakların toplam N'lerinin değişimi istatistik olarak önemli çıkmıştır. Karaçalıda $p = 0,000$ (Çizelge 1), mazı meşesinde $p = 0,023$ (Çizelge 2), kermes meşesinde $p = 0,034$ (Çizelge 3), akçakesmede $p = 0,003$ (Çizelge 4), katran ardıcında $p = 0,027$ (Çizelge 5) olarak saptanmıştır. Bitki gelişiminde çok önemli rol oynayan azot, fosfor ve kükürtün kaynağını organik madde oluşturur (Akalan, 1988). Bu nedenle taş altında organik madde miktarının fazla olması besin maddesi döngüsünün hızlanmasına neden olmaktadır. Değişebilir katyonların taş altında açık alana göre daha yüksek olmasının esas nedeni katyon değiştirme kapasitelerinin (KDK) durumudur.

Araştırmamızdaki çalı türlerinin hepsinin açık alana göre taş altındaki topraklarının KDK'ları istatistik olarak önemli ($p < 0,01$) çıkmıştır (Çizelge 1, 2, 3, 4 ve 5). KDK'ne bağlı olarak bitkilerin taş altındaki toprakların değişebilir K, Ca, Mg ve Na içerikleri açık alana göre yüksek çıkmıştır (Çizelge 1, 2, 3, 4 ve 5). Rostagno vd. (1991) yaptıkları araştırmada çalıların taş altındaki toprakların açık alandakine göre değişebilir K, Mg ve Na bakımından istatistik olarak önemli ($p < 0,05$) olduğunu saptamışlardır. Yang ve ark. (2011) çalıların taş altındaki toprakların toplam N, organik madde ve KDK'lerinin açık alana göre önemli derecede yüksek ($p < 0,05$) çıktığını belirtmişlerdir. Bir başka sebebi de taş altındaki topraklarda besin maddesi döngüsünün fazla olması olabilir. Çalıların açık alana göre taş altındaki toprakların toplam N değerleri önemli ($p < 0,05$) çıkmıştır (Çizelge 1, 2, 3, 4 ve 5). Bu bulguları destekler mahiyette Bochet vd., (1999) da kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkilerin taş altındaki toprağın organik madde, besin ele-

mentleri, katyon değişim kapasitesini (KDK) artırırken, genellikle pH değerini azalttığını belirtmişlerdir. Araştırmamızdaki tüm çalıların taş altındaki toprakların alınabilir P kapsamları açık alana göre yüksek çıkmıştır (Çizelge 1, 2, 3, 4 ve 5). Ancak kermes meşesi (Çizelge 3) ve katran ardıcında (Çizelge 5) bu durum istatistik olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur.

Bitkilerin taş altında toprakların KDK'larının açık alana göre daha yüksek olmasının nedeni organik maddeden kaynaklanmaktadır. Organik madde toprakların KDK'ni %30-60 oranlarında artırmaktadır (Schnitzer, 1965). Taş altında organik maddenin toprağa karışması parçacıklar arasındaki bağlanmayı, agregat stabilitesini ve poroziteyi artırmaktadır (Oades, 1993). Böylece suyun toprağa girişi artar, mineralizasyon ve biyokimyasal döngü hızlanır. Fakat Çizelge 1, 2, 3, 4, 5'de görüleceği gibi tüm çalı türlerinin taş altı ve açık alanındaki toprakların agregat stabilitesinin değişimleri istatistik olarak önemsiz çıkmıştır. Karaçalı, mazı meşesi, kermes meşesi, akçakesme, katran ardıcında p değerleri sırasıyla 0,446, 0,467, 0,127, 0,946 ve 0,372 olarak hesaplanmıştır. Ancak Bochet vd. (1999) yaptıkları araştırmada agregat stabilitesinin değişiminin türlere göre önemsiz ($p = 0,4227$), uzaklığa göre önemli ($p = 0,0015$), 'tür X uzaklık' etkileşimine göre ise önemsiz ($p = 0,3982$) olduğunu bildirmişlerdir. Agregat stabilitesinin yüksek çıkması toprakların erozyona dayanıklı olduklarını ortaya koymaktadır. Gökkuş (1994), vejetasyonun gelişmesi ve bitki örtüsünün toprağı kaplama oranına bağlı olarak agregat stabilitesinin arttığını ifade etmiştir. Araştırmamızda karaçalı, mazı meşesi, kermes meşesi, akçakesme, katran ardıcının taş altındaki topraklarının EC'leri sırasıyla 0,40, 0,44, 0,44, 0,43 ve 0,39 dS m⁻¹ iken açık alanda sırasıyla 0,35, 0,36, 0,39, 0,39 ve 0,36 dS m⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 1, 2, 3, 4, 5). Her iki çalışma alanındaki bitki türlerinde taş altındaki topraklarda açık alana göre EC'nin yüksek olması ($p < 0,05$) ölü örtü birikimi ve daha sonra oluşan ayrışmanın sonucu olarak açıklanabilir (Rostagno vd., 1991). Bitki

türlerinin taç altlarındaki topraklarda açık alandakine göre pH değerleri değişkenlik göstermiştir. Karaçalının taç altındaki pH 7,04, açık alanda ise pH 6,99 (Çizelge 1); mazı meşesinin taç altındaki pH 7,08, açık alandaki pH 6,96 (Çizelge 2); kermes meşesinin taç altındaki pH 7,41, açık alandaki pH 7,27 (Çizelge 3); akçakesmenin taç altındaki pH 7,31, açık alandaki pH 7,19 (Çizelge 4) ve katran ardıcının taç altındaki pH 7,43, açık alandaki pH 7,30 (Çizelge 5) olarak bulunmuştur. Rostagno vd. (1991) çalılarının taç altındaki pH'nın bitişindeki alana göre önemli ölçüde yüksek olduğunu ($p < 0,05$) bildirmişlerdir. Araştırmacılar toprak derinliğinin artmasıyla pH'nın arttığını ve bunun nedeninin Na_2CO_3 olabileceğini belirtmişlerdir. Yang vd. (2011) çalılarının taç altındaki toprak pH'sının açık alana göre düşük olmasının nedeninin köklerin solunumu ve nitrifikasyonla açığa çıkan organik asitler ve CO_2 olabileceğini bildirmişlerdir. Yaptığımız araştırmada çalılarının toprakların pH'sı üzerine etkilerinin önemsiz bulunmasına karşılık (mazı meşesi hariç) Wezel vd. (2000)'da çalı türlerinin taç altı ve açık alanındaki toprakların önemli düzeyde ($p < 0,001$) farklı olduğunu belirtmişlerdir. Adı geçen araştırmacılar toprak pH'ındaki farklılığın Al^{+3} ve H^+ katyonlarından kaynaklandığını saptamışlardır.

Kum, silt, kil değişimi toprak oluşumu ile ilgili olup, uzun sürelerde gerçekleşmektedir. Çalılar uzun yıllardan beri varlıklarını sürdürmelerine rağmen yine de toprak bünyesi üzerinde önemli etkiye sahip olamamışlardır. Li vd. (2007) yaptıkları araştırmada bitkilerin taç altındaki toprakların açık alana göre daha çok silt ve kil, daha az kum içerdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu durumun rüzgar erozyonu ve sediment akışından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Hayvanlar açık alanlarda rahat gezinebildikleri halde, çalı altlarına hemen hemen hiç basmazlar. Bu durum toprakta çiğneme etkisinin açık alanda fazla, taç altında ise hiç olmamasına sebep olmaktadır. Korunan Ağaköy merasındaki çalılarının taç altı

ve açık alanındaki toprakların hacim ağırlıkları arasında önemli farklılıklar yoktur. Karaçalıda p değeri 0,227 (Çizelge 1), mazı meşesinde ise p değeri 0,302'dir (Çizelge 2). Aşırı otlanan Çıplak köy merasında bulunan kermes meşesi, akçakesme ve katran ardıcının açık alandaki hacim ağırlıkları sırasıyla 1,44, 1,42 ve 1,43 g cm^{-3} iken, taç altında 1,25, 1,24 ve 1,27 g cm^{-3} 'tür (Çizelge 3, 4, 5). Farklı mera ekosistemlerinde ve farklı hayvanlarla yapılan çalışmalar artan çiğneme nedeniyle toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde kötüleşme görüldüğünü göstermiştir (Gökbulak, 1998; Hiernaux vd., 1999; Singleton vd., 2000; Abril ve Bucher, 2001; Binkley vd., 2003; Drewry ve Paton, 2005; Pietola vd., 2005; Steffens vd., 2008). Aşırı çiğnemenin kısımlarda yetersiz toprak havalandırması, sıkışma, strüktürün bozulması, besin elementlerinin kaybı, besin elementlerinin alım etkinliğinin azalması, mikroorganizma faaliyetinin ve solucan sayısının düşmesi gibi durumlar ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla açık alanda hacim ağırlığının artması, uzun yıllardan beri devam eden otlatma baskısı ve organik madde düşüklüğü nedeniyle (Abeye vd., 1997; Dormaar ve Willms, 1998). Abeye vd. (1997), sığır ve koyunla otlatılan alanda hacim ağırlığının önemli derecede ($p < 0,02$) arttığını bildirmişlerdir. Zira toprağın çiğnenmesi, toprağı sıkıştırır, toprak yapısını bozar, infiltrasyonu azaltır, dik yamaçlarda toprağın yerini değiştirir, hayvan izleri oluşur ve erozyon artar (Valentine, 1990). Bunun yanında bitki kökleri de hacim ağırlığı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Taç altında daha yoğun olan köklerin belirli bir kısmı (özellikle ince kökler) her yıl ya da birkaç yılda bir kendilerini yenilerler (Eissenstat vd., 2000). Yeni oluşan ve ölen kökler toprakların daha gevşek bir yapı kazanmasına sebep olurlar. Bu da taç altında hacim ağırlığının azalmasının gerekçesini oluşturur. Çalılarının (mazı meşesi hariç) taç altındaki toprakların hacim ağırlıkları açık alandakine göre daha düşüktür (Çizelge 1, 2, 3, 4 ve 5).

SONUÇ

Maki örtüsünü oluşturan çalılarının (karaçalı, mazı meşesi, kermes meşesi, akçakesme ve katran ardıcı) toprak özelliklerine etkilerini ortaya koyabilmek için yürütülen bu araştırma sonucunda, taş altındaki toprakların toplam N,

organik C, KDK, alınabilir P, değişebilir Ca, Mg, K ve Na miktarları açık alandan daha yüksek, hacim ağırlığı ise daha düşük bulunmuştur. Bu durum bu bitkilerin toprakların birçok kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerinde olumlu etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Abeye, A. O., Allen, V. G. and Fontenot, J. P. (1997). Grazing sheep and cattle together or separately: Effect on soils and plants. *Agron. J.*, 89: 380-386.
- Abrahams, A. D., Parsons, A. J. and Wainwright, J. (1995). Effect of vegetation change on interrill runoff and erosion, Walnut Gulch, Southern Arizona. *Geomorphology*, 13: 37-48.
- Abril, A. and Bucher, E. H. (2001). Overgrazing and soil carbon dynamics in the Western Chaco of Argentina. *App. Soil Ecology*, 16: 243-249.
- Aguilera, L. E., Gutierrez, J. L. and Meserve, P. L. (1999). Variation in soil micro-organisms and nutrients underneath and outside the canopy of *Adesmia bedwellii* (Papilionaceae) shrubs in arid coastal Chile following drought and above average rainfall. *J. Arid Environ.*, 42: 61-70.
- Akalan, İ. (1988). Toprak Bilimi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 662, Ders Kitabı: 204, Ankara.
- Anonim (2008). İklim Verileri, Çanakkale Meteoroloji İl Müdürlüğü, Çanakkale.
- Barth, R. C. and Klemmedson, J. O. (1978). Shrub-induced spatial patterns of dry matter, nitrogen, and organic carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42: 804-809.
- Binkley, D., Singer, F. Kaye, M., and Rochelle, R. (2003). Influence of elk grazing on soil properties in Rocky Mountain National Park. *Forest Ecol. Manage.*, 185: 239-247.
- Blake, G.R. and Hartge, K.H. (1986). Bulk Density. In: *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA. Agronomy Monograph No: 9, Madison, Wisconsin USA, 363-375.
- Bochet, E., Rubio, J. L. and Poesen, J. (1999). Modified topsoil islands within Patchy Mediterranean in SE Spain. *Catena*, 38: 23-44.
- Buschiazzo, D. E., Estelrich, H. D., Aimar, S. B., Viglizzo, E. and Babinec, F. J. (2004). Soil texture and tree coverage influence on organic matter. *J. Range Manage.*, 57: 511-516.
- Calder, I. R. (2001). Canopy processes: Implications for transpiration, interception and splash induced erosion, ultimately for forest management and water resources. *Plant Ecol.*, 153: 203-214.
- Chen, J. and Stark, J. M. (2000). Plant species effects and carbon and nitrogen cycling in a segebrush-crested wheatgrass soil. *Soil Biol. Biochem.*, 32: 47-57.
- Dormaar, J. F. and Willms, W. D. (1998). Effect of forty-four years of grazing on fescue grassland soils. *J. Range Manage.*, 51: 122-126.
- Drewry, J. J. and Paton, R. J. (2005). Effects of sheep treading on soil physical properties and pasture yield of newly sown pastures. *New Zealand J. Agricultural Res.*, 48: 39-46.
- Eissenstat, D. M., Wells, C. E., Yanai, R. D. and Whitbeck, J. L. (2000). Building roots in a changing environment: implications for root longevity. *New Phytol.*, 147: 33-42.
- Gallardo, A. and Parama, R. (2007). Spatial variability of soil elements in two plant communities of NW Spain. *Geoderma*, 139: 199-208.
- Gee, G. W. and Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis. In: *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA. Agronomy Monograph No: 9, Madison, Wisconsin USA, 383-411.

- Gökbulak, F. (1998). Effects of livestock trampling on soil hydro-physical properties. Review of the Faculty of Forestry, University of Istanbul, 48: 113-133.
- Gökkuş, A. (1994). Sürülüp Terk Edilen Meralarda Sekonder Suksesyon. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 787, Ziraat Fakültesi Yayınları: 321, Araştırma No: 197, Erzurum.
- Hellwig, D. H. R. (1973). Evaporation of water from sand, 1: Experimental set-up and climatic influences. J. Hydrology, 18: 93-108.
- Hennessey, J. T., Gibbens, R. P., Tromble, J. M. and Cardenas, M. (1985). Mesquite (*Prosopis grandulosa* Torr.) dunes and interdunes in Southern New Mexico: A study of soil properties and soil water relations. J. Arid Environ. 9: 27-38.
- Hiernaux, P., Biélers, C. L., Valentin, C., Bationo, A. and Fernandez-Rivera, S. (1999). Effects of livestock grazing on physical and chemical properties of sandy soils in Sahelian Rangelands. J. Arid Environ., 41: 231-245.
- Hirobe, M., Ohte, N., Karasawa, N., Zhang, G., Wang, L. and Yoshikawa, K. (2001). Plant species effect on the spatial patterns of soil properties in the mu-us desert ecosystem, Inner Mongolia, China. Plant Soil, 234: 195-205.
- Kemper, W. D. and Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution. In: Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods. ASA and SSSA. Agronomy Monograph No: 9, Madison, Wisconsin USA, 425-442.
- Kidron, G. J. (2008). The effect of shrub canopy upon surface temperatures and evaporation in the Negev Desert. Earth Surface Proc. Land., 34: 123-132.
- Larcher, W. (1995). Physiological Plant Ecology (Third ed.), Springer-Verlag, Berlin.
- Li, J., Zhao, C., Zhu, H., Li, Y. and Wang, F. (2007). Effect of plant species on shrub fertile island at an oasis-desert ecotone in the South Junggar Basin, China. J. Arid Environ., 71: 350-361.
- Nelson, R. E. (1982). Carbonate and gypsum. In: Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties. ASA and SSSA (SSSA Book Series No. 5), Madison, Wisconsin USA, 181-198.
- Oades, J. M. (1993). The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. Geoderma, 56: 377-380.
- Olsen, S. R. and Sommers, L. E. (1982). Phosphorus. In: Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties. ASA and SSSA (SSSA Book Series No. 5), Madison, Wisconsin USA, 403-430.
- Parsons, A. J., Abrahams, A. D. and Simanton, J. R. (1992). Microtopography and soil-surface materials on semi-arid piedmont hillslopes, Southern Arizona. J. Arid Environ., 22: 107-115.
- Perez, L. F. (1995). Plant-induced spatial patterns of surface soil properties near caulescent Andean rosettes. Geoderma, 68: 101-121.
- Pietola, L., Horn, R. and Yli-Halla, M. (2005). Effects of trampling by cattle on the hydraulic and mechanical properties of soil. Soil and Tillage Res., 82: 99-108.
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Agricultural Handbook, No: 60.
- Rostagno, C. M. (1989). Infiltration and sediment production as affected by soil surface conditions in a shrubland of Patagonia Argentina. J. Range Manage., 42: 382-385.
- Rostagno, C. M., Del Valle and H. F., Videla, L. (1991). The influence of shrubs on some chemical and physical properties of aridic soil in North-Eastern Patagonia, Argentina. J. Arid Environ., 20: 179-188.
- Schnitzer, M. (1965). Contribution of organic matter to the cation exchange capacity of soils. Nature, 207: 667-668.
- Scholes, R. J., Archer, S. R. (1997). Tree-grass interaction in Savannas. Annual Rev. Ecol. Syst., 28: 517-544.

- Shukla, M. K., Lal, R., Ebinger, M. and Meyer, C. (2006). Physical and chemical properties of soils under some pinyon-juniper-oak canopies in a semi-arid ecosystem in New Mexico. *J. Arid Environ.*, 66: 673-685.
- Singleton, P. L., Boyes, M. and Addison, B. (2000). Effect of treading by dairy cattle on topsoil physical conditions for six contrasting soil types in Waikato and Northland, New Zealand, with implications for monitoring. *New Zealand J. Agricultural Res.*, 43: 559-567.
- Snyder, K. A., Mitchell, K. A. and Herrick, J. E. (2006). Patterns and controls of soil water in the Jornada Basin. In: Havstad, K. M., Huenneke, F., Schlesinger, W. H. (Eds.) *Structure and Function of a Chihuahuan Desert Ecosystem: The Jornada Basin Long-Term Ecological Research Site*, Oxford University Press, New York, 107–132.
- Su, Y. Z., Zhao, H. L., Li, Y. L. and Cui, J. Y. (2004). Influencing mechanisms of several shrubs on soil chemical properties in semiarid Horgin Sandy Land, China. *Arid Land Res. Mana.*, 18: 251-263.
- Steffens, M., Kölbl, A., Totsche, K. U. and Kögel-Knabner, I. (2008). Grazing effects on soil chemical and physical properties in a semiarid steppe of Inner Mongolia (P.R. China). *Geoderma*, 143: 63-72.
- Thomas, G. W. (1982). Exchangeable cations. In: *Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties*. ASA and SSSA (SSSA Book Series No. 5), Madison, Wisconsin USA, 159–166.
- Tromble, J. M. (1987). Water interception by two arid land shrubs. *J. Arid Environ.*, 15: 65–70.
- Valentine, J. F. (1990). *Grazing Management*. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Yang, Z. P., Zhang, Q., Wang, Y. L., Zhang, J. J. and Chen, M. C. (2011). Spatial and temporal variability of soil properties under *Caragana microphylla* shrubs in the northwestern Shanxi Loess Plateau, China. *J. Arid Environ.*, 75: 538-544.
- Wezel, A., Rajot J. L. and Herbrig, C. (2000). Influence of shrubs on soil characteristics and their function in Sahelian agro-ecosystems in Semi-Arid Niger. *J. Arid Environ.*, 44: 383-398.