



Arazi kullanımının sulak alandan tarıma dönüştürülmesinin bazı toprak özellikleri üzerindeki etkileri ve bunların toprak derinliği ile değişimi

The effects of land use conversion from marshland to farmland on some soil properties and their changes with soil depth

Selma Yaşar Korkaç^{1,*}, Mustafa Korkaç², Muhammet Hüseyin Mert³, Abdurrahman Geçili⁴, Yusuf Serengil⁵

^{1,4} Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde Türkiye

² Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde Türkiye

³ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 51240, Niğde Türkiye

⁵ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Mühendisliği Bölümü 34473, Sarıyer, İstanbul Türkiye

Öz

Dünyada sulak alan ekosistemlerini etkileyen en önemli insan müdahalelerinden biri arazi kullanımının değiştirilmesidir. Bu çalışmanın amacı, Sultan Sazlığı örneğinde sulak alandan tarıma dönüştürmenin sulak alan ve civarı topraklarda organik karbon ve bazı toprak özellikleri üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır. Bu amaçla sulak alan ekosisteminde bulunan sazlık (Örtülüakar ve Kepir Sazlıkları) ve tarıma dönüştürülmüş alanlardan doğal yapısı bozulmamış toprak örnekleme yapılmış (0-40 cm) ve 10 ar cm' lik derinlik kademesine ayrılarak her bir derinlik kademesindeki organik karbon miktarı (TOK) ile hacim ağırlığı belirlenmiş ve karbon depolama kapasiteleri hesaplanmıştır. Ayrıca her bir arazi kullanım şekline göre iki derinlik kademesinden (0-20 cm ve 20-40 cm) alınan toprak örneklerinin toprak tekstürü, pH, elektriksel iletkenlik (EC), ateşte kayıp, agregat stabilitesi özellikleri belirlenmiştir. Tarıma dönüştürme Sultan Sazlığı ekosistemindeki çeşitli toprak özelliklerini etkilemiştir. Arazi kullanımı dönüşümlerinden etkilenen toprak özellikleri; organik karbon, karbon depolama kapasitesi, agregat stabilitesi, kum, kil, toz içeriği, hacim ağırlığı, ateşte kayıptır. Toprak derinliği değişiminden etkilenen toprak özellikleri ise organik karbon, karbon depolama kapasitesi, pH, kil, kum içeriği ve hacim ağırlığıdır.

Anahtar kelimeler: Sultan Sazlığı, Toprak organik karbonu, Karbon depolama kapasitesi, Toprak özellikleri, Arazi kullanımı dönüşümü

1 Giriş

İklim değişikliği ve küresel ısınma bütün dünyayı etkileyen olaylar olarak günümüzün en önemli çevresel problemlerindedir. İklim değişikliğinin nedenleri genel olarak iki başlıkta toplanmaktadır: 1. Doğal nedenler: a) Kıtasal sürüklenmeler, b) Volkanik patlamalar, c) Güneş etkinlikleri, d) Dünya yörüngesindeki değişimler. 2. Yapay nedenler: a) Fosil yakıt kullanımına bağlı olarak artan sera gazı konsantrasyonları (kuvvetlenmiş sera etkisi), b)

Abstract

One of the most important human interventions affecting wetland ecosystems in the world is land use change. The aim of the study is to reveal the effects of land use conversion (wetland to farmland) on soil organic carbon and some soil properties of wetlands in the case of the Sultan Marshes. Undisturbed soil samples were collected from a depth of 0-40 cm in marshlands (Örtülüakar and Kepir Marshes) and in those converted to farmland in the wetland ecosystem and the amount of soil organic carbon (SOC), bulk density and carbon storage capacity of soils at each land use types were calculated by dividing into 10 cm soil depth levels. In addition, disturbed soil samples were taken at two soil depths (0-20 cm and 20-40 cm). Some physical and chemical properties of soils were analyzed using this samples such as particle size distribution, pH, electrical conductivity (EC), loss on ignition and aggregate stability. Soil organic carbon, carbon storage capacity, loss on ignition, aggregate stability, clay, silt, sand contents and bulk density were the soil properties affected by land use conversion. Soil organic carbon, carbon storage capacity, pH, clay, sand contents and bulk density were the soil properties showed changes with soil depth.

Keywords: Sultan Marshes, Soil organic carbon, Carbon storage capacity, Soil properties, Land use conversion

Savaşlar, c) Arazi kullanımındaki değişimler [1]. Küresel ısınmanın etkilerini sınırlamak için sera gazı emisyonlarını kontrol altına almak veya azaltmaya çalışmak önemli mücadele yollarındandır [2]. Küresel ısınma üzerinde CO₂'in etkisi % 55-80 olarak tahmin edilmektedir [3]. Atmosfere sera gazı katılımlarını kontrol altında tutmaya çalışmak için doğal sistemlerden yararlanmak dikkate alınması gereken yollardan biridir. Dünyadaki en önemli karbon depolama alanları, atmosfer, karasal ekosistemler ve okyanuslardır.

İnsanlar, özellikle bu karbon depolama alanlarına yapmış oldukları çeşitli müdahaleler ile küresel ısınmanın yavaşlatılmasında veya hızlanmasında etkin rol oynamaktadırlar [4]. Sulak alanlar, anoksik ıslak koşullarından dolayı atmosferdeki karbonu saklayan en önemli ve optimum doğal ekosistemlerdendir. Atmosfere sera gazı katılımını kontrol altında tutmaya çalışmak için doğal sistemlerden faydalanmak etkilidir. Bu alanlar arasında sulak alanlar ücretsiz karbon depolama hizmeti sunan etkili karbon havuzları olarak bilinirler [5-8]. Dünyada nüfusun artışı, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, açlık başta olmak üzere insan yaşamını etkileyen pek çok sorunu beraberinde getirmektedir. Bu sorunların ortadan kaldırılması için yeni tarım alanları kazanılmaya çalışılmakta, yerleşim ve endüstriyel amaçlı olarak sulak alanlar, ormanlar, meralar vb. doğal ekosistemler tahrip edilmektedir. Günümüzde yeni tarım alanları açma, mevcut sulardan faydalanma, beslenme kaynaklarının kontrol altına alınması gibi nedenlerle sulak alanların Türkiye ve yeryüzündeki alanları giderek daralmaktadır [9]. IPBES’de (Biyçeşitlilik ve Ekosistem Hizmetlerine İlişkin Hükümetlerarası Bilim-Politika Platformu) [10] sulak alanların ormanlara göre 3 kat daha hızlı bozulduğu ve yok olduğu belirtilmektedir. 1900’lü yıllardan beri dünya sulak alanlarının %71’ini kaybetmiş olup, bunun en önemli nedenlerinden biri olarak sulak alanlardaki tarımsal aktiviteler gösterilmektedir [11-14]. Avrupa’da özellikle son 300 yıldır sulak alanlar, özellikle tarımsal uğraşlar nedeniyle yok olma tehdidi altındadır. Örneğin İspanya’da, 20. yüzyıl boyunca sulak alanların % 60-65’i yok olmuştur. Bu tahribatın büyük kısmı ise 1950-1990 döneminde gerçekleşmiştir [15]. Sulak alanların tarıma dönüştürülmesi çeşitli toprak özelliklerini değiştirebilmektedir [16]. Sulak alanlardaki arazi kullanım değişimlerinin toprak organik karbonu üzerindeki etkilerinin belirlenmesi insan etkilerine organik madde döngüsü açısından sulak alanların tepkisini ortaya koymak açısından son derece önemlidir. Son yıllarda sulak alanlardaki arazi kullanımını değişimleri konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır [17-19].

Türkiye’de de özellikle 1950-1970 yılları arasında, tarım alanı açmak, taşkınları önlemek ve sıtma ile mücadele etmek için çok sayıda sulak alan kurutulmuş veya su rejimine yapılan müdahaleler nedeniyle kurumaya terk edilmiştir [20]. Sultan Sazlığı bu dönüşümlerden etkilenmiş olan ve ülkemizde antropojen süreçlerin sulak alanlar üzerindeki baskısının çok iyi gözlemlendiği en önemli Ramsar alanlarımızdan birisi olduğu için araştırma alanı olarak seçilmiştir. Bu önemli ekosistem 1950’li yıllardan itibaren kurutma çalışmalarına maruz kalmış, besleyen derelerin bazıları üzerine barajlar ve göletler inşa edilmiş ve bazı bölümleri tarıma açılmıştır. Sultan Sazlığı yöresinde önceden yapılmış çalışmalar, daha çok ekolojik, hidrolojik çalışmalardır [21-26]. Ayrıca son yapılan çalışmalar, arazi kullanımını değişimlerinin uzaktan algılama teknikleriyle belirlenmesine yöneliktir [9,27-29]. Doğal sulak alanlarda depolanan karbon tahminleri ve bu stoklar üzerinde arazi kullanım dönüşümlerinin etkileri ile ilgili yersel metotlara dayalı çalışma ve veri eksikliği mevcuttur. Tarıma dönüştürme şeklindeki arazi kullanım değişimlerinin karbon

bütçesi ve toprak özellikleri üzerindeki etkilerini bilmek sürdürülebilir ekosistem ve karbon yönetimi ile ilgili çalışmalara katkı sağlaması yönünden önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, sulak alanı tarıma dönüştürmenin Sultan Sazlığı’ndaki toprakların organik karbon ve bazı toprak özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemektir.

2 Materyal ve metot

2.1 Araştırma alanının tanıtımı

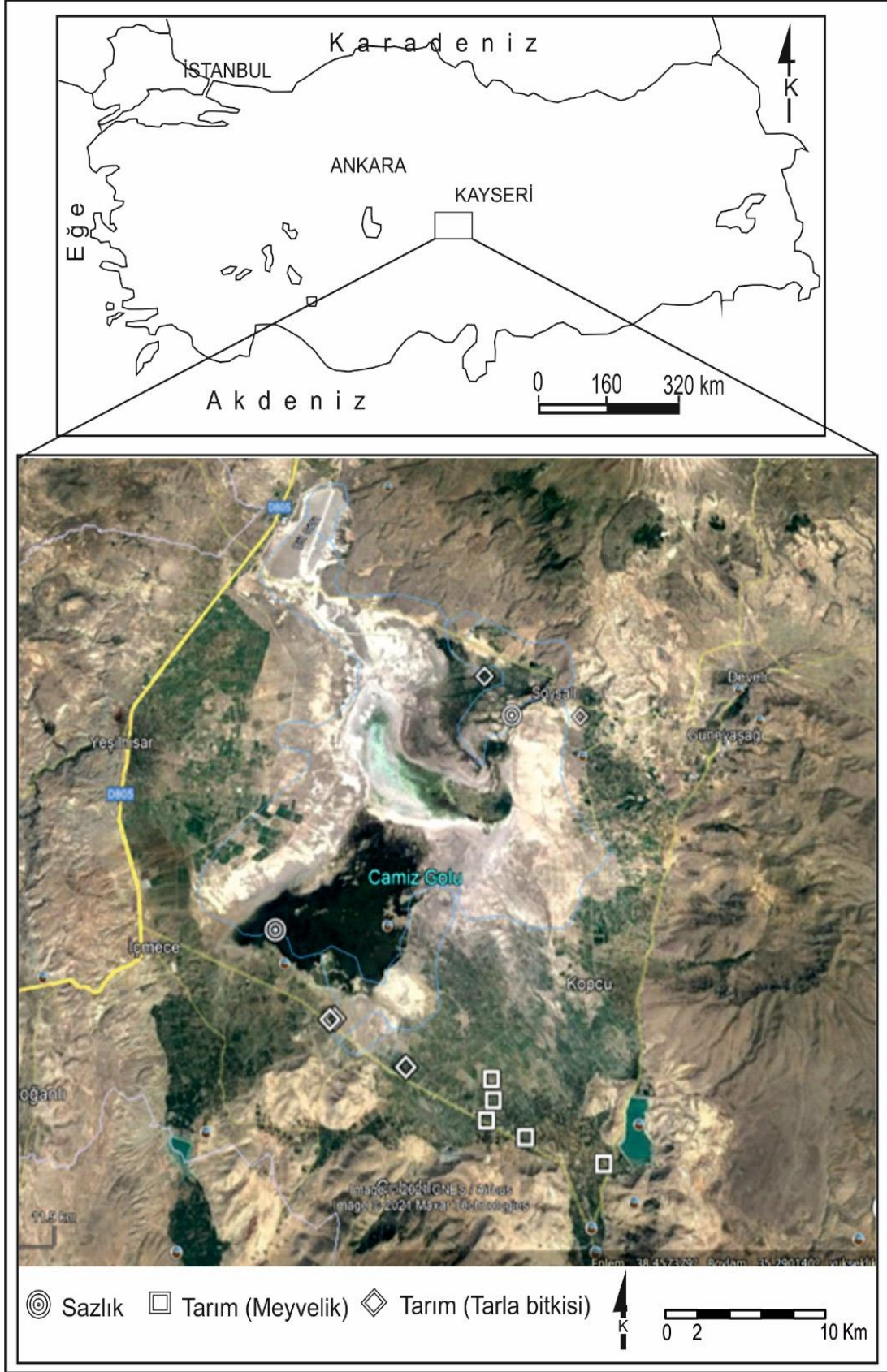
Sultan Sazlığı Kayseri ili sınırları içerisinde, 38° 12’ 14’’- 38° 25’ 49’’Kuzey enlemleri ile 35° 09’ 20’’-35° 22’ 20’’Doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Mevsimlere göre yüzey alanı 8.000-13.000 ha arasında değişen bir sulak alandır. Denizden yüksekliği 1070-1150 m arasında değişmektedir. Ortalama eğimi % 2’dir [30,24]. Sultan Sazlığı “Yarı-kurak Subtropikal Akdeniz Karasal” iklim özellikleri göstermektedir [25,31]. Yıllık ortalama sıcaklık 11 °C ve yıllık ortalama yağış 363 mm.’dir [32]. Sultan Sazlığı 1994 yılında Ramsar Sözleşmesi’ne göre Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alan kategorisine dâhil edilmiştir [33]. Sultan Sazlığı’nın da içinde bulunduğu Develi Kapalı Havzası’ndaki topraklar genellikle alüvyal karakterde olup, yer yer tuzlu ve alkali özellik göstermektedir [34]. Kalın, koyu renkli, organik madde bakımından zengin hidromorfik alüvyal topraklar geçici göl ve sazlıkların bulunduğu alanlardadır [35]. Develi Ovası’nın güneydoğusunda Musahacılı ve Yerköy civarında ise kireçli kahverengi topraklar mevcuttur [25,36]. Sultan Sazlığı’ndaki araziler genellikle yerleşim, tarım, otlatma gibi amaçlar için kullanılmaktadır.

Sultan Sazlığı büyük ölçekli sulama ve drenaj projeleri, aşırı otlatma, sentetik gübre ve tarım ilaçları kullanımı, saz kesimi, tarıma dönüştürme ve yasadışı avlanma gibi çeşitli insan faaliyetleri nedeniyle bozulma tehdidi altındadır [32]. Bu sulak alanda yukarıda söz edilen benzer amaçlarla bazı bölümler kurutularak tarıma açma şeklinde arazi kullanımı değişikliklerine maruz kalmıştır. Sultan Sazlığı ve yakın çevresinde, uzaktan algılama teknikleriyle yapılan çalışmalarda geçmişten günümüze yaklaştıkça çalışma sahası ve yakın çevresinin arazi örtüsü ve arazi kullanımında çeşitli değişimlerin yaşandığı belirtilmiştir [27,29]. Bu çalışmalarda özellikle tarım faaliyetlerinin ciddi derecede arttığı buna karşın doğal bitki örtüsü alanları ve su alanlarının azaldığı vurgulanmıştır.

Güney’deki Örtülüakar Sazlığı, Kuzey’de yer alan Kepir Sazlığı’na göre daha iyi korunmakta olup, Kepir Sazlığı insani müdahalelere daha fazla maruz kalmaktadır.

2.2 Arazi çalışmaları

Literatürde yer alan çalışmalara göre, araştırma alanındaki en önemli müdahalenin 1940’lı yıllardan başlayan sulak alanın kurutma çalışmalarına maruz bırakılarak tarıma açılmasıdır. İnsan etkilerini daha iyi ayırt edebilmek için arazi koşullarına göre toprak örnekleme yapılan arazi kullanım şekilleri şunlardır: 1. Örtülüakar (güney) Sazlığı, 2. Kepir (kuzey) Sazlığı, 3. Eskiden sulak



Şekil 1. Örnekleme alanlarının konumu ve yer bulduru haritası

Tablo 1. Toprak örnekleme alanlarına ilişkin tanımlayıcı bilgiler

Lokasyon	Arazi kullanım durumu	Enlem	Boylam	Otlama durumu	Vejetasyon ve yönetim uygulamaları
Mustafabeyli	Tarım- (Meyvelik)	38.155921°	35.372572°	Yok	Elma bahçesi, sıra aralarında toprak işleme var, hayvansal ve suni gübreleme var 3x5 m
Karamadazı	Tarım (Meyvelik)	38 18 60 56	35 28 44 80	Yok	Elma bahçesi, sıra aralarında toprak işleme var, hayvansal ve suni gübreleme var 3x5 m
Yuları	Tarım- (Meyvelik)	38.166676°	35.331716°	Yok	Elma bahçesi, sıra aralarında toprak işleme var, hayvansal ve suni gübreleme var 3x5 m
Ovaçifliği	Sazlık	38.255875°	35.191497°	Var	Phragmatis, Bitki boyu ort: 1.5 m bitki yoğunluğu %95
İlyaslı-Musahacılı arası	Tarım- (Meyvelik)	38.190423°	35.314616°	Yok	Elma bahçesi, sıra aralarında toprak işleme var, gübreleme var, 3x5 m
İlyaslı-Yerköy arası	Tarım- (Meyvelik)	38.181732°	35.315157°	Yok	Elma bahçesi, sıra aralarında toprak işleme var, hayvansal ve suni gübreleme var 3x5 m
İlyaslı	Tarım- (Meyvelik)	38.173637°	35.311094°	Yok	Elma bahçesi, sıra aralarında toprak işleme var, hayvansal ve suni gübreleme var 3x5 m
Senirköy-Yeşilova arası	Tarım-ayçiçeği	38.214443°	35.225096°	Yok	Arpa, ayçiçeği, şeker ve süper fosfat gübresi ve hayvan gübresi atılıyor
Senirköy-Ovaçifliği - Yerköy	Tarım Arpa, ayçiçeği	38 22 00 76	35 23 88 74	Yok	Arpa, ayçiçeği, şeker ve süper fosfat gübresi ve hayvan gübresi atılıyor
Senirköy- Musahacılı arası	Tarım-arpa	38.193873°	35.267758°	Yok	Arpa, hayvansal ve suni gübreleme var şeker ve süper fosfat gübresi atılıyor
Senirköy-Yeşilova arası	Tarım-arpa, ayçiçeği	38.214848°	35.227588°	Yok	Arpa, ayçiçeği, hayvansal ve suni gübreleme var (Şeker ve süper fosfat)
Sindelhöyük-Soysallı arası	Tarım-mısır, ayçiçeği	38.363322°	35.380662°	Yok	Mısır, ayçiçeği, şeker ve süper fosfat gübresi, ahır gübresi atılıyor, toprak yüzeyinde 15 cm'lik bir kisti tabaka var.
Sindelhöyük-Kepir arası	Tarım-mısır-ay çiçeği	38.386547°	35.319973°	Yok	Mısır, ayçiçeği, şeker ve süper fosfat gübresi, ahır gübresi atılıyor, toprak yüzeyinde 15 cm'lik bir kisti tabaka var.
Sindelhöyük-Kepir	Sazlık	38.364801°	35.336495°	Var	Phragmatis, Bitki boyu 1.5-2 m bitki yoğunluğu %90-95. Soysallı kaynağından beslenmekte, su yüksekliği 50 cm.

alan olup, drenaj sonrasında tarıma açılmış araziler (bahçe ve tarım alanları).Toprak örnekleme alanlarının yapıldığı yerler haritada arazi kullanımına göre alansal (bölgesel) olarak işaretlenmiştir (Şekil 1).

Arazi çalışmaları ve toprak örneği derlenmesi, 2018 yılı sonbaharından itibaren 2019 yılı yaz-sonbahar aylarında gerçekleştirilmiştir. Toprak örnekleme parsellerinin alındığı bölgelerinin tanımlayıcı bazı özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Arazi kullanım şekillerinin her birinden en az 3 adet örnekleme parseli belirlenmiş (20x30 m) ve her bir örnekleme parselinden 3 noktadan örnekleme tüpleri yardımıyla doğal yapısı bozulmamış toprak örnekleme yapılmıştır (0-40 cm). Alınan bu örnekler gerekli koruma önlemleri alınarak muhafaza edilmiş ve laboratuvara taşınmıştır. Daha sonra laboratuvarında 10'ar cm'lik kademelere ayrılarak organik karbon, hacim ağırlığı ve karbon depolama kapasitesi her bir derinlik kademesi için ayrı ayrı belirlenmiştir. Doğal yapısı bozulmuş toprak örnekleme toprak el burgusu yardımıyla iki derinlik (0-20 cm; 20-40 cm) kademesinden yapılmıştır.

2.3 Laboratuvar çalışmaları

Toprakların organik karbon (TOK), hacim ağırlığı, karbon depolama kapasitesi, pH, elektriksel iletkenlik (EC), agregat stabilitesi, ateşte kayıp, tane boyut dağılımı (tekstür) özellikleri belirlenmiştir. Laboratuvar koşullarında hava

kurusu hale getirilen topraklar, 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. pH ve elektriksel iletkenlik Hache-Lange çoklu parametre ölçüm cihazı kullanılarak 1:5 toprak-su karışımında belirlenmiştir. Ateşte kayıp Nelson ve Sommers [37]'a göre; hacim ağırlığı silindir metodu ile belirlenmiştir [38]. Tane boyut dağılımı hidrometre metodu [39] kullanılarak hesaplanmıştır Toprak organik karbonu Walkley ve Black [40]'e göre belirlenmiştir. Agregat stabilitesi Kemper ve Rosenau [41]'a göre belirlenmiştir. Toprakların karbon depolama kapasitesi(TOKs) ise aşağıdaki Denklem (1) eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır [42].

$$\text{TOKs} = \text{TOK} \times \text{Toprak derinliği} \times \text{Hacim ağırlığı} \times 10.000 \quad (1)$$

2.4 Araştırma deseni ve istatistiksel analizler

Örnekleme deseni tamamen tesadüfî örnekleme parselleri olup, toprak derinliği ((0-10 cm (1.derinlik kademesi), 10-20 cm (2. Derinlik kademesi), 20-30 cm (3. Derinlik kademesi), 30-40 cm (4. Derinlik kademesi)) (toprak organik karbonu, hacim ağırlığı ve karbon depolama kapasitesi için) ve 0-20 cm (1. Derinlik kademesi (üst toprak)), 20-40 cm (2. Derinlik kademesi (alt toprak)) (diğer toprak özellikleri için) ve arazi kullanımı (tarım alanı, Örtülüakar Sazlığı, Kepir Sazlığı) şeklindedir. İstatistiksel değerlendirmelerde IBM SPSS 24.00 istatistik paket

programı kullanılmıştır. Toprak derinliği ve arazi kullanımının toprak özelliklerini etkileyip etkilemediğini belirlemek için varyans analizi yapılmış, farklı ortalamalar Duncan testi ile belirlenmiştir ($\alpha=0.05$) [43].

3 Bulgular ve tartışma

3.1 Toprak özelliklerinin arazi kullanımına göre değişimi

Arazi kullanımı, toprak derinliği faktörleri ve etkileşimlerine ilişkin varyans analizi sonuçları **Tablo 2**'de gösterilmiştir; değerlendirmeler ana etkilere göre yapılmıştır. Araştırma alanı topraklarının ortalama organik karbon içeriği arazi kullanımı değişiminden istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmiştir ($P<0.05$) (**Tablo 2**). Tarım alanı (% 1.47) ve Kepir Sazlığı topraklarının organik karbon içeriği (%1.44) birbirine istatistiksel olarak benzer iken, Örtülüakar Sazlığı'nın organik karbon içeriği (%2.95) bunlardan yüksek ve farklıdır (**Şekil 2**). Yang vd. [44] üst topraklardaki toplam organik karbon değerlerinin arazi kullanımındaki değişimlerden etkilendiğini rapor etmişlerdir. Santin vd. [45] ise büyüme sürecindeki bitkilerin toprağın çevresini değiştirerek organik karbonunu etkileyebileceğini ifade etmişlerdir. Bu bağlamda Örtülüakar Sazlığı'ndaki organik karbon içeriğinin yüksek olması, bu bölgede koruma faaliyetlerinin daha etkin olması, dolayısıyla insan etkilerine daha az maruz kalması ile sazlık alandaki yüksek organik karbon miktarı ise bu alandaki bitkilerden sürekli organik materyal girişi ile açıklanabilir. Tarım alanlarında sazlık alanlara göre organik karbon miktarı daha azdır. Toprak işleme faaliyetleri organik maddenin ayrışma hızını artırmakta ve toprakların organik madde miktarında azalmaya sebep olabilmektedir [17,46]. Tarım alanında Kepir Sazlığı'na yakın organik karbon bulunmasının sebebi ise hayvan gübresi kullanımı olabilir.

Arazi kullanımı değiştiğinde toprakların karbon depolama kapasiteleri de istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmiştir (**Tablo 2**). Örtülüakar Sazlığı'ndaki toprakların ortalama karbon depolama kapasitesi (31.38 ton/ha) tarım alanları (15.35 ton/ha) ve Kepir Sazlığı'ndaki topraklarda ölçülen karbon depolama kapasitelerinden (12.87 ton/ha) yüksek ve istatistiksel olarak farklıdır. Tarım alanı ve Kepir Sazlığı'ndaki toprakların karbon depolama kapasiteleri istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir (**Şekil 2**).

Genel bir değerlendirme yapıldığında en yüksek karbon depolama kapasitesi Örtülüakar Sazlığı'ndaki topraklarda bulunmuştur. Tarım alanı ve Kepir Sazlığı'ndaki topraklarda ise nispeten daha düşük karbon depolama kapasitesi saptanmıştır. Tarım alanındaki organik karbon depolamasına ise tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan hayvan gübresi kullanımının da katkı sağladığı düşünülmektedir. Sazlık alan topraklarındaki karbon depolama kapasitesinin daha yüksek olması yukarıda da belirtildiği gibi vejetasyon tarafından devamlı sağlanan organik madde katkısı ve anaerobik koşullar nedeniyle organik maddenin ayrışma hızının yavaş olmasıyla açıklanabilir. Kepir Sazlığı'nda tarım alanına göre düşük çıkmasının bu bölgenin insani müdahalelere daha açık olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu sonuçlar bize tarımsal faaliyetler gibi sürekli vejetasyona sahip olmayan insani faaliyetlerin toprakların organik karbon ve karbon depolama kapasitelerini etkilediğini

göstermiştir. Bu çalışma bulguları küresel karbon döngüsü açısından önemli bir yutak olan sazlık alanların insan etkilerine karşı korunmasının önemini ortaya koymuştur.

Toprakların ortalama hacim ağırlığı değerleri arazi kullanımındaki değişimden istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkilenmiştir ($P<0.05$) (**Tablo 2**). Kepir Sazlığı'ndan alınan toprakların ortalama hacim ağırlığı değerleri (0.95 g/cm^3), Örtülüakar Sazlığı (1.20 g/cm^3) ve tarım alanlarında (1.30 g/cm^3) belirlenen değerlerden istatistiksel farklılık göstermiştir. Tarım ve Örtülüakar Sazlığı'ndan alınan toprakların ortalama hacim ağırlığı değerleri istatistiksel açıdan benzerdir (**Şekil 3**). Sazlık alanlardaki hacim ağırlığının düşük çıkmasının nedeninin, bu alanlardaki sürekli organik materyal girişinin ve dolayısıyla organik madde miktarının tarım alanına göre yüksek olması ve tarım alanlarındaki toprak işlemeden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Tufa vd. [47] da üst topraklarda tarım topraklarının hacim ağırlığı, mera ve orman alanlarındaki hacim ağırlığından yüksek bulunmuştur. Örtülüakar Sazlığı'nda Kepir Sazlığı'na göre hacim ağırlığının yüksek çıkmasının nedeninin toprak tanelerinin tekstürel ve minerolojik bileşimindeki farklılıktan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Araştırma alanı topraklarının pH değerleri arazi kullanımındaki değişimlerden istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmemiştir ($P>0.05$) (**Tablo 2**) (**Şekil 4**). Tarım topraklarının pH değerlerinin (8.35) sazlık alanlarda belirlenen pH değerlerinden (Örtülüakar S. (8.28); Kepir S.(8.22) daha yüksektir (**Şekil 4**). Sazlık alanda nispeten düşük pH'ın, organik karbon içeriğinin yüksek olmasından ve vejetatif materyalin dekompozisyonu sonucu ortamda oluşan hümik asitlerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir [48]. Zhu vd. [16] ise doğal, drene edilmiş, soya fasulyesi tarım alanına ve sonradan pirinç ekim alanına dönüştürülmüş arazi kullanımları arasında 0-20 cm pH'ın değiştiğini ancak çok yüksek bir değişimin söz konusu olmadığını rapor etmişlerdir.

EC değerleri arazi kullanımından istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmemiştir ($P>0.05$) (**Tablo 2**). Toprakların ortalama EC değerleri Kepir Sazlığı'nda ($974 \mu\text{S/cm}$), Örtülüakar Sazlığı'nda ($1097 \mu\text{S/cm}$) iken en düşük tarım alanlarında ($863 \mu\text{S/cm}$) bulunmuştur (**Şekil 4**).

Tarım topraklarında sulu tarım uygulamalarının üst topraklarda yıkanma ile toprak tuzluluğunu azaltmış olabileceği düşünülmektedir.

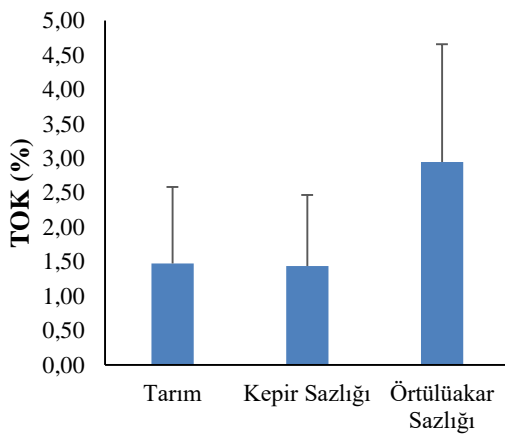
Toprakların ateşte kayıp özelliği arazi kullanımı değişimlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmiştir ($P<0.05$) (**Tablo 2**). Örtülüakar Sazlığı'ndan alınan toprakların ortalama ateşte kayıp değerleri (%16.68), diğer arazi kullanım şekillerinden alınan toprakların ateşte kayıp değerlerinden daha yüksek ve istatistiksel olarak farklıdır (**Şekil 5**).

Toprakların agregat stabilitesi özelliği arazi kullanımı değişimlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmiştir ($P<0.05$) (**Tablo 2**).

Tablo 2. Toprak özelliklerinin arazi kullanımı, toprak derinliği ile bu faktörlerin etkileşimlerine göre değişimi

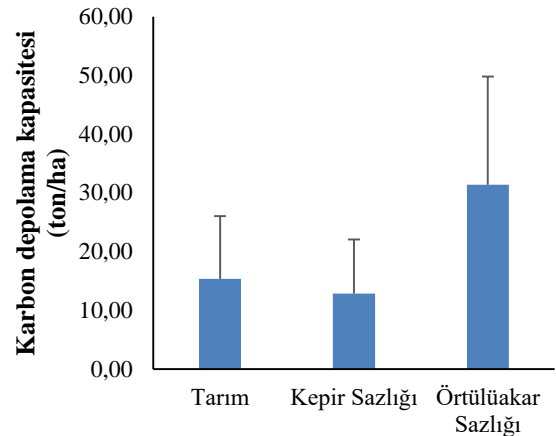
Varyasyon kaynağı		TOK	TOKs	HA	pH	EC	AS	AK	Kil	Toz	Kum
Arazi kullanımı	P	0.000	0.000	0.003	0.064	0.813	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000
	F	8.473	10.283	6.093	2.813	0.208	10.803	12.935	6.607	7.334	10.448
Toprak derinliği	P	0.005	0.000	0.020	0.000	0.868	0.265	0.560	0.003	0.952	0.000
	F	4.547	7.400	3.397	25.899	0.028	1.252	0.341	9.464	0.004	19.278
Arazi kullanımı x toprak derinliği	P	0.697	0.257	0.989	0.040	0.005	0.103	0.593	0.259	0.751	0.025
	F	0.641	1.311	0.147	3.295	5.554	2.312	0.526	1.366	0.287	3.784

*TOK: Toprak organik karbonu, TOKs: Karbon depolama kapasitesi, HA: Hacim ağırlığı, EC: Elektriksel iletkenlik, AS: Agregat stabilitesi AK: Ateşte kayıp, P: Önem düzeyi(P<0,05), F: Verilerdeki sistematik varyans miktarını sistematik olmayan varyansla karşılaştıran değer



Arazi kullanımı

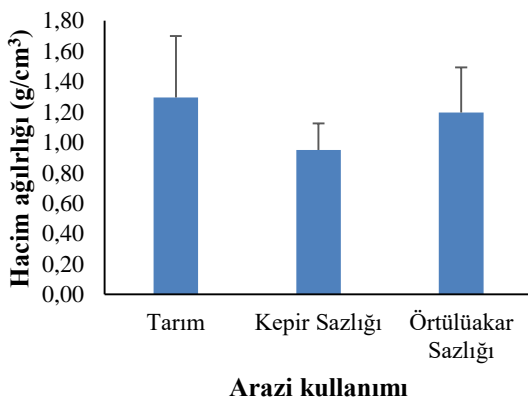
(a)



Arazi kullanımı

(b)

Şekil 2. Toprakların (a) organik karbonunun ve (b) karbon depolama kapasitesinin arazi kullanımına göre değişimi



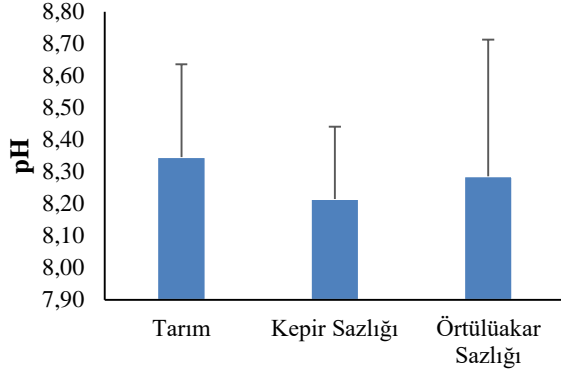
Arazi kullanımı

Şekil 3. Toprakların hacim ağırlığının arazi kullanımına göre değişimi

Kepir Sazlığı'ndan alınan toprakların ortalama agregat stabilitesi değerleri (%44.07), diğer arazi kullanım şekillerinden alınan toprakların agregat stabilitesi

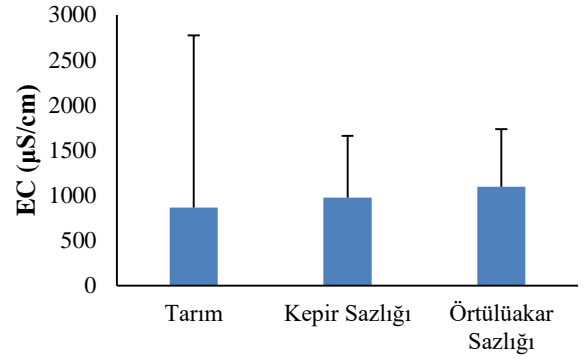
değerlerinden yüksek ve istatistiksel olarak farklıdır. Tarım (%30.45) ve Örtülüakar Sazlığı'ndan (%24.18) alınan toprakların ortalama agregat stabilitesi benzerdir (Şekil 5). Nitekim Mainuri ve Owino [49] toprak işlemenin agregat stabilitesi değerlerini azalttığını kaydetmişlerdir. Mainuri ve Owino [49] agregat stabilitesi ile toprak organik karbonu arasında pozitif ilişki olduğunu bulmuşlardır. Nitekim kil ve organik karbon içeriği fazla olan sazlık alanda bu değerlerin yüksek çıkması da bunu doğrulamaktadır. Örtülüakar Sazlığı'ndaki düşüklüğün nedeni ise kum içeriğinin Kepir Sazlığı'na göre yüksek olması ile açıklanabilir.

Uluslararası Toprak Cemiyeti üçgenine göre [50] yapılan değerlendirmeye göre; araştırma alanı toprakları tarım ve sazlık alanlarında balçıklı kil tekstüründedir. Toprakların kil içeriği arazi kullanımındaki değişimden istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmiştir (P<0.05) (Tablo 2). Kil içeriği bakımından tarım (%39.91) ve Kepir Sazlık (%46.06) alanlarından alınan topraklar benzer; ancak Örtülüakar Sazlığı'ndan (%28.33) alınan topraklar farklıdır (Şekil 6). Araştırma alanı topraklarının toz içeriği arazi kullanımı değiştikçe istatistiksel açıdan önemli değişim göstermiştir (P<0.05) (Tablo 2).



Arazi kullanımı

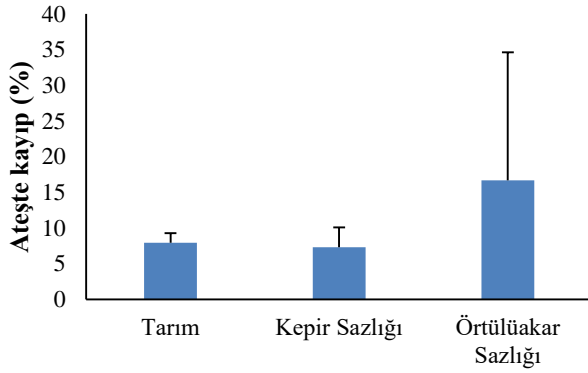
(a)



Arazi kullanımı

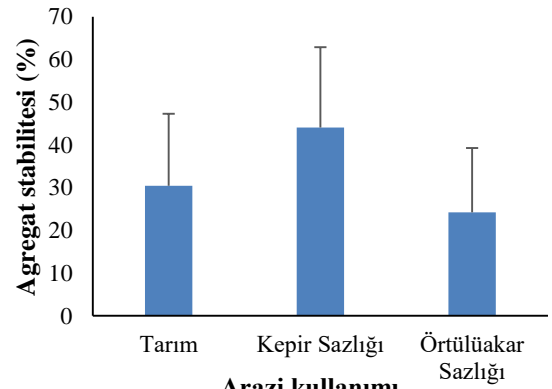
(b)

Şekil 4. Toprakların (a) pH ve (b) elektriksel iletkenliğinin arazi kullanımına göre değişimi



Arazi kullanımı

(a)

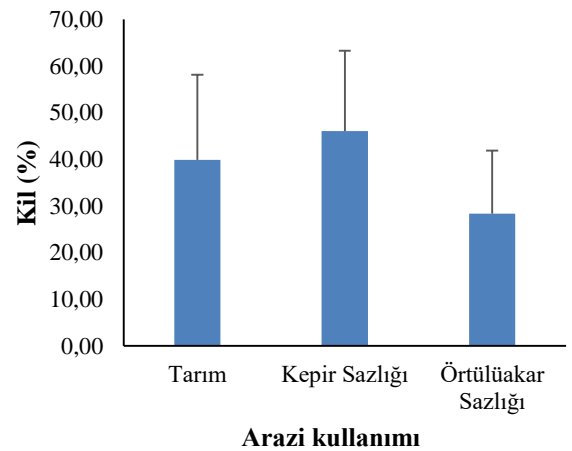


Arazi kullanımı

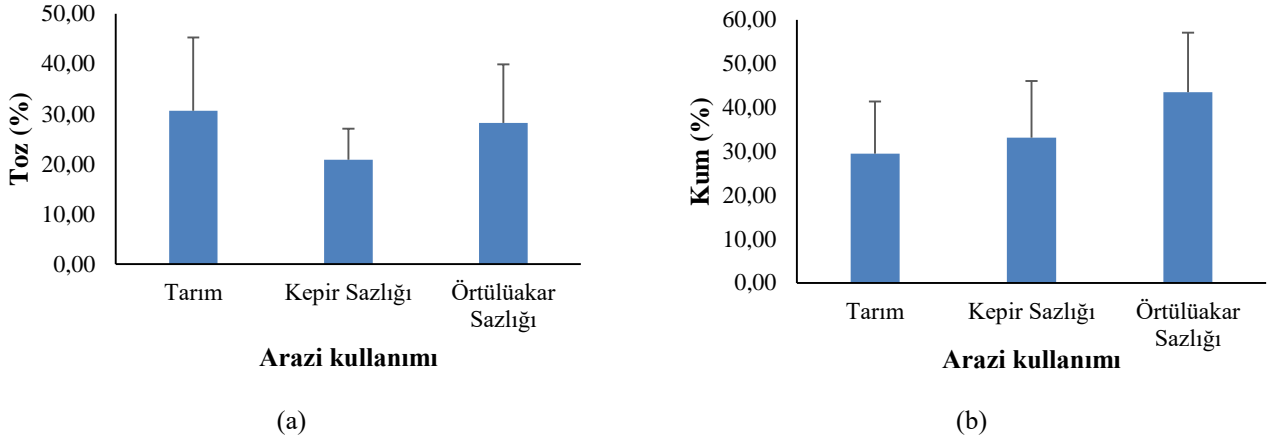
(b)

Şekil 5. Toprakların (a) ateşte kayıp ve (b) agregat stabilitesinin arazi kullanımına göre değişimi

Tarım (%30.61) ve Örtülüakar Sazlığı'ndaki (%28.17) topraklarda saptanan toz içerikleri istatistiksel olarak benzer; Kepir Sazlığı'ndaki toz içeriği (%20.85) ise istatistiksel olarak farklı ve diğerlerinden düşüktür (Şekil 7). Toprakların ortalama kum içeriği arazi kullanımı-toprak derinliği etkileşimine göre istatistiksel farklılık göstermiştir ($P < 0.05$) (Tablo 2). Kepir Sazlığı (%33.09) ile tarım alanından (%29.48) alınan toprakların kum içerikleri istatistiksel bakımdan benzer, Örtülüakar Sazlığı'nın kum içeriği (%43.50) ise bunlardan yüksek ve istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur (Şekil 7). Abbasi vd. [51]'de farklı arazi kullanım şekillerindeki toprakların tekstürleri arasındaki farklılıkların, arazi kullanım şekillerinin farklı yararlanma ve yönetim sistemlerinin toprak özellikleri üzerindeki etkilerini gösterdiğini vurgulamışlardır.



Şekil 6. Toprakların kil içeriğinin arazi kullanımına göre değişimi



Şekil 7. Toprakların (a) toz ve (b) kum içeriğinin arazi kullanımına göre değişimi

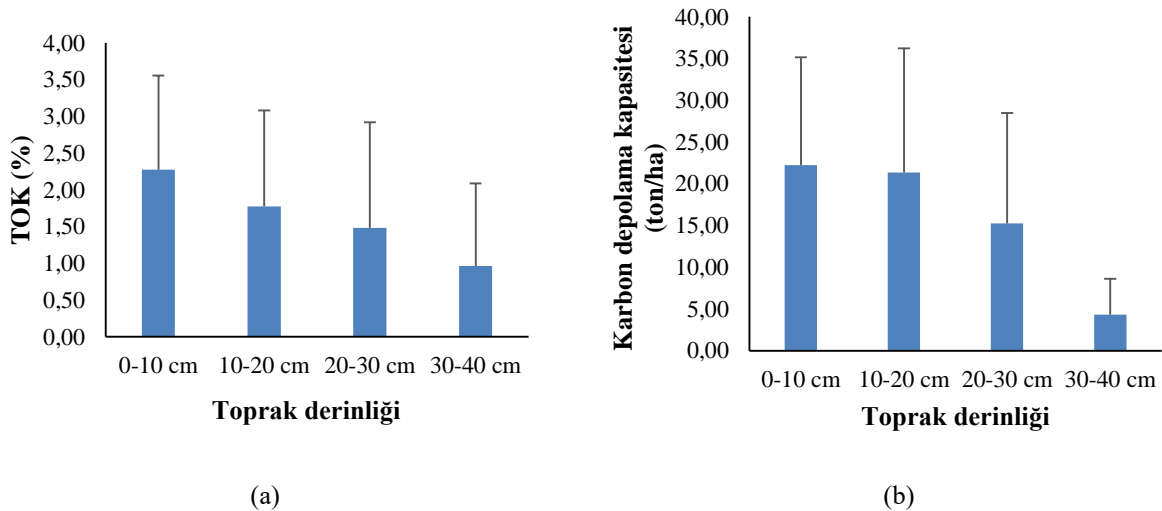
3.2 Toprak özelliklerinin toprak derinliğine göre değişimi

Toprak derinliği faktörüne göre istatistiksel analiz sonuçları, ortalama organik karbon içeriğinin toprak derinliğindeki değişimden etkilendiğini göstermiştir ($P < 0.05$) (Tablo 2). Toprak derinliği arttıkça toprakların organik karbon içeriği azalmıştır. 1. ve 2. derinlik kademesindeki organik karbon içerikleri (sırasıyla %2.27; %1.76) istatistiksel olarak birbiriyle benzer, diğer arazi derinlik kademelerinden hem yüksek hem de farklı bulunmuştur. 2. ile 3. ve 3. ile 4. derinlik kademelerindeki toprakların organik karbon içerikleri istatistiksel olarak benzerdir (Şekil 8).

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre toprakların karbon depolama kapasitesi de toprak derinliğine göre istatistiksel açıdan önemli düzeyde değişmiştir (Tablo 2). Genel olarak toprak derinliği arttıkça toprakların karbon depolama kapasitesi azalmıştır. Ortalama karbon depolama kapasitesi en yüksek 1. ve 2. derinlik kademesindeki topraklarda (sırasıyla 22.24 ton/ha, 21.32 ton/ha) en düşük ise 4. derinlik kademesindeki topraklarda (4.34 ton/ha) bulunmuştur (Şekil

8). 1. ve 2. derinlik kademelerindeki karbon depolama kapasiteleri birbiriyle benzer, diğer derinlik kademelerinden yüksek ve istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Yine 2. ve 3. derinlik kademelerindeki karbon depolama kapasitesi istatistiksel olarak benzerdir. 4. derinlik kademelerinin karbon depolama kapasitesi değerleri de diğer derinlik kademelerinden düşük ve istatistiksel olarak farklıdır (Şekil 8). Çalışma alanındaki bitki köklerinin dağılımı toprak derinliği arttıkça azalmaktadır. Bu dağılım üst topraklardaki organik madde miktarının fazlalığını açıklamaktadır [52]. Sazlık alanda toprak üstü ve toprak altı biyomas daha fazla olup, tarım alanlarındaki bitki örtüsünün kök derinliği saz bitkilerine göre daha sığdır.

Bu çalışmada, 40 cm'lik toprak sütununda depolanan toplam karbon stoğu Örtülüakar Sazlığı'nda 103,83 ton/ha; Kepir Sazlığı'nda 45.58 ton/ha ve tarım alanlarında 53,86 ton/ha olarak hesaplanmıştır. IPCC (2019) raporunda sıcak ılıman kuru iklim zonlarında varsayılan karbon stok değerleri 30 cm toprak derinliği için yüksek aktiviteli kil topraklarında 24 ton/ha; sulak alan topraklarında 74 ton/ha olarak bildirilmiştir [53].



Şekil 8. Toprakların (a) organik karbonunun ve (b) karbon depolama kapasitesinin toprak derinliğine göre değişimi

Araştırma alanı topraklarının hacim ağırlığı değerleri toprak derinliğindeki değişimden istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkilenmiştir (Tablo 2). Üst toprakların hacim ağırlığı alt topraklardan daha düşük ve istatistiksel olarak farklıdır (Şekil 9). Bu durum üst topraklardaki organik materyal fazlalığı ile açıklanabilir.

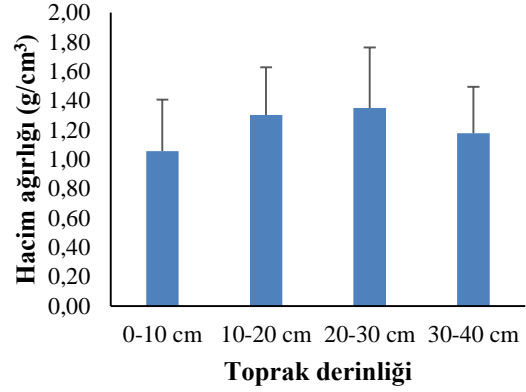
Toprak derinliğine göre üst toprakların pH'ı alt topraklardan daha düşük ve istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Üst toprakların ortalama pH değeri 8.19; alt toprakları ise 8.40 olup, toprak derinliğine göre pH istatistiksel bakımdan önemli düzeyde değişmiştir (Şekil 10, Tablo 2).

Alt ve üst toprakların ortalama EC değerleri istatistiksel farklılık göstermemiştir. Tarım alanları ile Örtülüakar Sazlığı'ndaki toprak derinliği arttıkça EC azalırken, Kepir Sazlığı'nda tersine bir durum söz konusudur (Tablo 2) (Şekil 10).

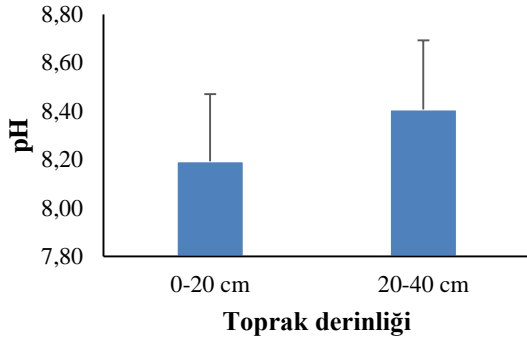
Ateşte kayıp özelliği toprak derinliğindeki değişimden istatistiksel olarak etkilenmemiştir. Toprak derinliğine göre üst toprakların ortalama agregat stabilitesi değerleri (% 32.07) alt topraklarından (% 34.82) daha yüksektir. Ancak bu farklılık istatistiksel olarak önemli değildir (Tablo 2) (Şekil 11).

Üst toprakların kil içeriği (% 35.94); alt toprakların kil içeriğinden (% 44.08) düşük ve istatistiksel olarak farklı

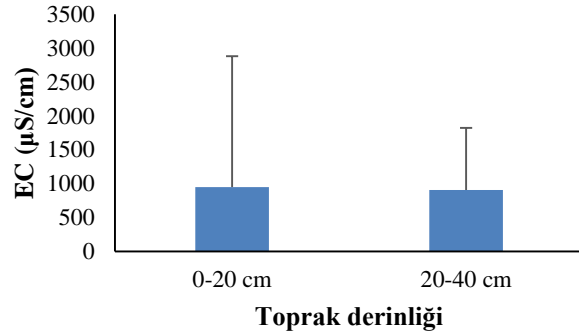
bulunmuştur ($P<0.05$) (Tablo 2, Şekil 12). Toz içerikleri üst (% 27.91) ve alt (% 27.04) topraklarda istatistiksel farklılık göstermemiştir ($P>0.05$) (Tablo 2). Kum içeriği, üst topraklarda (%36.15) alt topraklara (%28.87) göre daha yüksek ve istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (Tablo 2, Şekil 13).



Şekil 9. Toprakların hacim ağırlığının toprak derinliğine göre değişimi

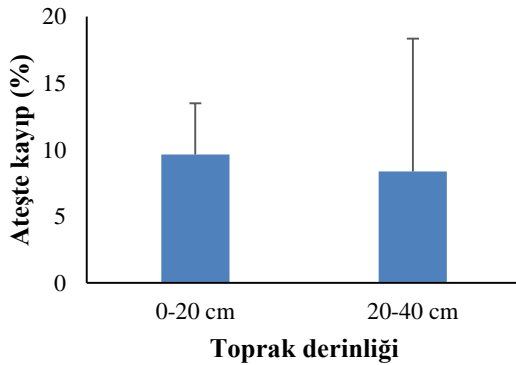


(a)

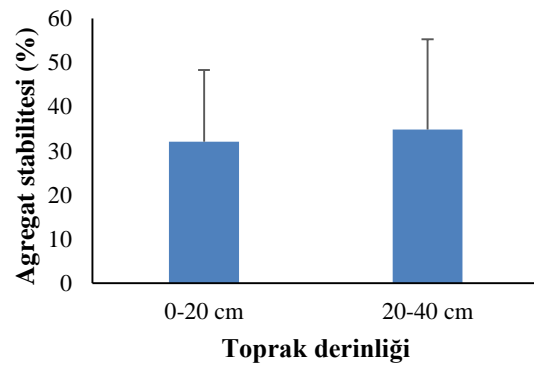


(b)

Şekil 10. Toprakların (a) pH ve (b) elektriksel iletkenliğinin toprak derinliğine göre değişimi

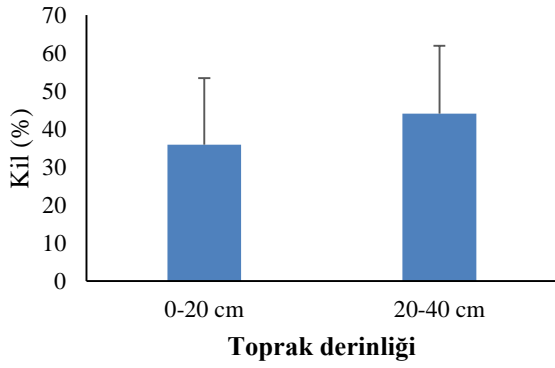


(a)

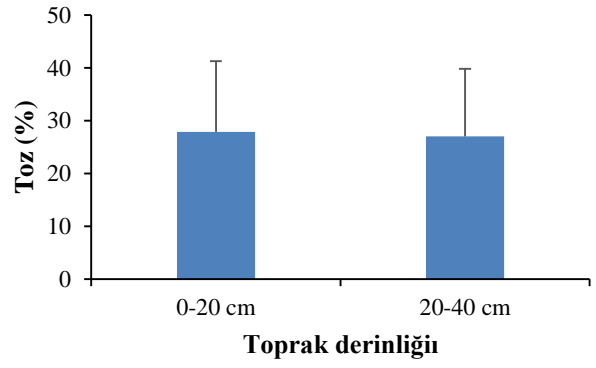


(b)

Şekil 11. Toprakların (a) ateşte kayıp ve (b) agregat stabilitesinin toprak derinliğine göre değişimi

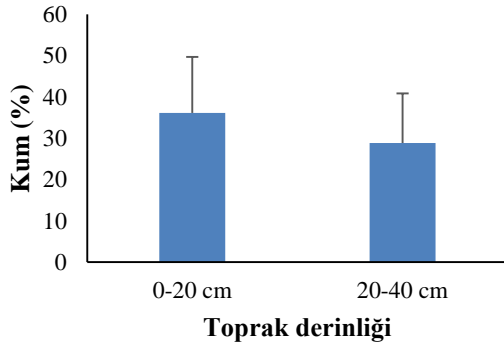


(a)



(b)

Şekil 12. Toprakların (a) kil ve (b) toz içeriğinin toprak derinliğine göre değişimi



Şekil 13. Toprakların kum içeriğinin toprak derinliğine göre değişimi

4 Sonuçlar ve öneriler

Sultan Sazlığı ve civarında arazi kullanımlarındaki ve toprak derinliğindeki değişimler çeşitli toprak özelliklerini önemli düzeyde etkilemiştir. Arazi kullanımı değişimlerinden etkilenen toprak özellikleri; organik karbon, karbon depolama kapasitesi, ateşte kayıp, agregat stabilitesi, kum, kil, silt içeriği ve hacim ağırlığıdır. Toprak derinliği değişiminden etkilenen toprak özellikleri ise organik karbon, karbon depolama kapasitesi, pH, kil, kum içeriği ve hacim ağırlığıdır. Organik karbon ve karbon depolama kapasitesi en yüksek Örtülüakar Sazlığı'nda, en düşük ise Kepir Sazlığı'nda bulunmuştur. Toprak derinliği arttıkça organik karbon ve karbon depolama kapasitesi azalmıştır. 40 cm'lik toprak sütununda en yüksek karbon depolama kapasitesi de yine Örtülüakar Sazlığı'ndadır. Her üç arazi kullanım şeklinden alınan topraklar alkalin karakterli olup, en yüksek pH değerleri tarım alanlarındaki topraklardadır. Karbon depolama açısından araştırma alanındaki her üç arazi kullanım şeklindeki topraklar da bir yutak görevi yapmaktadır. Ancak, en iyi karbon yutağı Örtülüakar Sazlığı durumundadır. Bu da bize sürdürülebilir karbon yönetimi bakımından vejetasyonun korunması ve iyileştirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Özellikle Kepir Sazlıkları'ndaki yoğun kullanım baskısı kontrol altına alınmalıdır. Nitekim araştırma sonuçları daha iyi korunan Güney Sazlıkları'ndaki karbon depolama kapasitesinin insan etkilerinin daha yoğun görüldüğü Kepir Sazlıkları'na göre daha yüksek olduğunu

ortaya koymuştur. Sazlık alanlar korunması ve iyileştirilmesi gereken en önemli karbon depolama alanlarından biridir. Özellikle tarımsal faaliyetler toprakların karbon depolama kapasitelerini olumsuz yönde etkilemiştir. Sulak alanda toprak karbon yönetimi açısından yeni tarım alanına dönüştürmenin yapılmaması önerilir. Eldeki mevcut tarım alanları da toprağın organik madde miktarını koruyucu ve iyileştirici iyi tarım uygulamalarıyla devam ettirilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından finansal olarak desteklenmiştir. Proje No: 118Y277.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Benzerlik Oranı: %16.

Kaynaklar

- [1] N. Karakuş, Yutak alanların iklim değişikliği üzerine etkilerinin Türkiye örneğinde araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2010.
- [2] <https://www.saltmarshapp.com/science/#science> (Accessed 23 October 2021).
- [3] D. Tolunay ve A. Çömez, Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye'deki durum, Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar, 13-14 Aralık 2007, İstanbul. 2007.
- [4] N. Mısır, M. Mısır ve C. Ülker, Karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, Özel Sayı, 300-305. 2012.
- [5] IPCC, Special report on carbon dioxide capture and storage: Summary for policymakers. Approved by the 8th Session of IPCC Working Group III. IPCC, Montreal, Canada., 2005.
- [6] A. Bedard-Haughn, F. Yongbloed, J. Akkerman, A. Uijl, E. de Jong, T. Yates and D. Pennock, The effects of erosional and management history on soil organic carbon stores in ephemeral wetlands of hummocky agricultural landscapes. Geoderma 135, 296-306. 2006. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.01.004>.

- [7] J. Stern, Y. Wang, B. Gu and J. Newman, Distribution and turnover of carbon in natural and constructed wetlands in the Florida Everglades. *Applied Geochemistry*, 22, 1936–1948. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2007.04.007>.
- [8] R. Lal, Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 363, 815–830, 2008. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2185>.
- [9] M.E. Sönmez ve M. Somuncu, Sultansazlığı'nın alansal değişiminin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi* 66, 1-10. 2016.
- [10] IPBES., The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services Report. 2019.
- [11] O.E. Sala, F.S. Chapin, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L.F. Huenneke, R.B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D.M. Lodge, H.A. Mooney, M. Oesterheld, N.L. Poff, M.T. Sykes, B.H. Walker, M. Walker and D.H. Wall, Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287 (5459), 1770–1774. 2000.
- [12] S. Beuel, M. Alvarez, E. Amler, K. Behn, D. Kotze, C. Kreye, C. Leemhuis, K. Wagner, D.K. Willy, S. Ziegler, M and Becker, A rapid assessment of anthropogenic distributions in east African wetlands. *Ecological Indicators*, 684–692. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.034>.
- [13] M. Everard, *Agricultural Management and Wetlands: An Overview. The Wetland Book: I: Structure and Function, Management and Methods*, 1-12. 2016.
- [14] D. Mao, L. Luo, Z. Wang, M.C. Wilson, Y. Zeng, B. Wu and J. Wu, Conversions between natural wetlands and farmland in China: a multiscale geospatial analysis. *Science of The Total Environment*, 634, 550–560. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.009>.
- [15] S. Sanchez-Carrillo, D.G. Angeler, S. Cirujano and M. Alvarez-Cobelas, The Wetland, Its Catchment Settings and Socioeconomic Relevance : An Overview, In: S. Sánchez-Carrillo, and D. Angeler (eds) *Ecology of Threatened Semi-Arid Wetlands. Wetlands: Ecology, Conservation and Management*, vol 2. Springer, Dordrecht 3-23. 2010.
- [16] X. Zhu, Y. Yuan, M. Jiang, C. Song, Y. Li, G. Wang and M.L. Otte, Multi-element fingerprinting of soils can reveal conversion of wetlands to croplands, *Science of The Total Environment*, 752, 141997. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141997>.
- [17] X. Liu, Y. Zhang, G. Dong and M. Jiang, Difference in carbon budget from marshlands to transformed paddy fields in the Sanjiang Plain. *Northeast China. Ecological Engineering* 137, 60–64. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.03.013>.
- [18] T. Zhang, A.X. Mei and Y.L. Cai, Application of spot remote sensing image in landscape classification of Chongming Dongtan. *Urban Environment & Urban Ecology*, 2, 45–47. 2004.
- [19] J. M. Bian and N. F. Lin, Application of the 3S technology on the landscape evolution in the wetland of lower reach of Huolin River Basin, *Journal of Jilin University*, 35, 221–225, 2005.
- [20] O. Erdem, Sulak Alanlar, Önemi, Temel Sorunları, Türkiye'nin Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanları, *Haber Ekspres Gazetesi*, 28 Şubat 2004.
- [21] F. Dadaşer-Çelik, H.G. Stefan and P.L. Brezonik, Dynamic hydrologic model of the Örtülüakar Marsh in Turkey. *Wetlands* 26, 1089–1102. 2006. [https://doi.org/10.1672/02775212\(2006\)26\[1089:DH MOTR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/02775212(2006)26[1089:DH MOTR]2.0.CO;2).
- [22] F. Dadaşer-Çelik, P.L. Brezonik, and H.G. Stefan, Hydrologic sustainability of the Sultan Marshes in Turkey. *Water International*, 32 (5), 856–876. 2007. <https://doi.org/10.1080/02508060.2007.9672003>.
- [23] F. Dadaşer-Çelik, P.L. Brezonik, and H.G. Stefan, Agricultural and environmental changes after irrigation management transfer in the Develi Basin, Turkey *Irrigation and Drainage Systems*, 22, 47–66. 2008. <https://doi.org/10.1007/s10795-007-9032-4>.
- [24] İ. Gürer, Kayseri Sultansazlığı Tabiatı Koruma Alanının Su Kullanım ve Yönetim Planlaması Araştırması. Son Rapor, Çevre ve Orman Bakanlığı, 32-54. 2004.
- [25] N. Karadeniz, Sultansazlığı örneğinde ıslak alanların çevre koruma açısından önemi üzerinde bir araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 1995.
- [26] N. Karadeniz, Sultan Marshes, Turkey: A new approach to sustainable wetland management. In: Nelson J.G., Serafin R. (eds) *National Parks and Protected Areas. NATO ASI Series (Series G: Ecological Sciences)*, vol 40. Springer, Berlin, Heidelberg. 1997.
- [27] F. Dadaşer-Çelik, M.E. Bauer, P.L. Brezonik and H.G. Stefan, Changes in the Sultan marshes ecosystem (Turkey) in satellite images 1980–2003, *Wetlands* 28 (3), 852–865. 2008. <https://doi.org/10.1672/07-182.1>.
- [28] M.H. Kesikoğlu, U.H. Atasever, A. Kesikoğlu, A.E. Karkınlı, C. Ozkan ve E. Beşdok, Sultan Sazlığı Milli Parkı Ramsar bölgesi arazi örtüsünün belirlenmesi Boosting sınıflandırma yaklaşımı, TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2015 Konya, Türkiye, 2015.
- [29] N. Jouma and F. Dadaşer-Çelik, Spatiotemporal changes at the Sultan Marshes ecosystem (Turkey) from 1987 to 2013, *EcoLji* 2017, Kayseri, Türkiye, 11-13 May 2017.
- [30] DSİ. Kayseri Develi-Yeşilhisar Ovası Revize Hidrojeolojik Etüd Raporu. DSİ XII. Bölge Müdürlüğü, Kayseri, 1-19. 1995.
- [31] Aksoy, A., Demirezen, D., 2003. Sultan Sazlığı ve Çevresindeki Sucul Ekosistemlerde Ağır Metal Kirliliğinin İncelenmesi. DPT Projesi.
- [32] U. Özsesmi ve İ. Gürer, Sultan Sazlığı: Biodiversity and natural resources management pilot GEF-II project in Turkey. *Journal of IUCN, USA*. 1-15. 2003.

- [33] T. Meriç ve S. Çağırnkaya, Sulak Alanlar. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Kayıhan Ajans, Ankara. 2013.
- [34] C.K. Ulusoy, M. Yılmaz, E. Erginöz and U.D. Tursun, Develi (Kayseri) Belediyesi, Yeraltısuyu Kullanımı ÇED Ön Araştırma Raporu. İller Bankası Genel Müdürlüğü İçmesuyu Dairesi Başkanlığı, Ankara, 8, 12-19, 33-36, 59-66, 74. 2003.
- [35] Topraksu Genel Müdürlüğü, Kayseri İli Toprak Kaynağı Envanter Raporu. Tarım Bak. Yay. No: 183. Topraksu Gn. Md. Yay. No: 268. Ankara. 1984.
- [36] F.E. Yıldız, Kayseri-Sultan Sazlığı Sulak Alanı'nda Yeraltı ve Yerüstü Suları İlişkisinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 218 s, Ankara. 2007.
- [37] D. W. Nelson and L. E. Sommers, Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. Chapter 34. In: J. M. Bigham et al. (ed.) Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods-SSSA Book Series no. 5. Madison, WI. p 1001-1006, 1996.
- [38] G.R. Blake and K.H. Hartge, Bulk density. In: Klute, A., Ed., Methods of Soil Analysis, Part 1—Physical and Mineralogical Methods, 2nd Edition, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy—Soil Science Society of America, Madison, pp. 363-382. 1986.
- [39] G. Bouyoucos, Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal 54, 464-465. 1962. <https://doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x>
- [40] A. Walkley and I.A. Black, An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Science, 63, 251-263. 1934. <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>.
- [41] W.D. Kemper and R.C. Rosenau, Aggregate Stability and Size Distribution, In A. Klute et al., Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods, 425-442, 2nd Edition, Agronomy Monograph, Soil Science of America, Madison, USA. 1986.
- [42] W. Pluske, D. Murphy and J. Sheppard, Note on Total organic carbon. <http://soilquality.org.au/factsheets/organic-carbon> (Accessed: 10.09.2019), 2013.
- [43] Zar, H.J., Biostatistical Analysis. 3rd Edition, Prentice Hall, New Jersey: 662 p. 1996.
- [44] J. Yang, J. Liu, X. Hua, X. Lia, Y. Wang and H. Li, Changes of soil organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations under different land uses in marshes of Sanjiang Plain. Acta Ecologica Sinica, 33, 332-337. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2013.09.007>.
- [45] C. Santin, M. Gonzalez-Perez, X.L. Otero, P. Vidal-Torrado, F. Macias and M.A. Alvarez, Characterization of humic substances in salt marsh soils under sea rush (*Juncus maritimus*). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 79, (3), 541-548. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.05.007>.
- [46] F.K.L. Page and R.C. Dalal, Contribution of natural and drained wetland systems to carbon stocks, CO₂, N₂O, and CH₄ fluxes: an Australian perspective. Soil Research 49 (5), 377-388. 2011. <https://doi.org/10.1071/SR11024>.
- [47] M.Tufa, A. Melese and W. Tena, Effects of land use types on selected soil physical and chemical properties: The case of Kuyu District, Ethiopia. Eurasian Journal of Soil Science, 8 (2), 94 - 109. 2019. <https://doi.org/10.18393/ejss.510744>.
- [48] T. Dube and M. Chitiga, Human impacts on macrophyte diversity, water quality and some soil properties in the Madikane and Dufuya Wetlands of Lower Gweru, Zimbabwe. Appl. Ecol. Environ. Res. 9(1):85-99. 2011. https://doi.org/10.15666/aeer/0901_085099.
- [49] Z.G. Mainuri and J.O. Owino, Effects of land use and management on aggregate stability and hydraulic conductivity of soils within River Njoro Watershed in Kenya. International Soil and Water Conservation Research, 1 (2), 80, 87. 2013. [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30042-3](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30042-3).
- [50] E.C. Tommerup, The field description of the physical properties of soils, first commission of commission I—Soil Physics—of the International Society of Soil Science, pp. 155-158. International Society of Soil Science, Versailles, France. 1934.
- [51] M.K. Abbasi, M. Zafar and S.R. Khan, Influence of different land-cover types on the changes of selected soil properties in the mountain region of Rawalakot Azad Jammu and Kashmir. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 78 (1), 97-110. 2007. <https://doi.org/10.1007/s10705-006-9077-z>.
- [52] H.F. Dong, J.B. Yu, Z.G. Sun, X.J. Mu, X.B. Chen, P.L. Mao, C.F. Wu and B. Guan, Spatial distribution characteristics of organic carbon in the soil-plant systems in the Yellow River estuary tidal flat wetland. Environ Sci., 31, (6), 1594-1599. 2010.
- [53] IPCC,. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter Two: Generic Methodologies Applicable to Multiple Land Use Categories, https://www.ipccngip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch02_Generic%20Methods.pdf (Accessed: 15th, September 2020). 2019.

