



Yuzuncu Yil University
Journal of Agricultural Sciences
(Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi)

<https://dergipark.org.tr/en/pub/yyutbd>



ISSN: 1308-7576

e-ISSN: 1308-7584

Research Article

Determination of the Effect of Different Organic Fertilizers Applications on Soil Quality Using the SMAF Model

Pelin ALABOZ^{*1}, Orhan DENGİZ², Sena PACCI³, Sinan DEMİR⁴, Cengiz TÜRKAY⁵

^{1,4} Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, 32200, Isparta, Turkey

^{2,3} Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, 55139, Samsun, Turkey

⁵ Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 32200, Isparta, Turkey

¹<https://orcid.org/0000-0001-7345-938X>, ²<https://orcid.org/0000-0002-0458-6016>, ³<https://orcid.org/0000-0001-6661-4927>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-1119-1186>, ⁵<https://orcid.org/00000-0003-3857-0140>

*Corresponding author e-mail: pelinalaboz@isparta.edu.tr

Article Info

Received: 28.10.2021

Accepted: 11.01.2022

Online published: 15.03.2022

DOI:10.29133/yyutbd.1015943

Keywords

Organic fertilizer,
SMAF model,
Soil quality

Abstract: Soil is an essential resource for terrestrial life. That's why it is vital to use it without causing any harm to its ecological and economic functions. This current study was carried out to investigate the effect of different organic materials (farmyard manure, vermicompost, leonardite, rose pulp, biochar, biogas waste, seaweed) on soil quality using the SMAF model in Isparta province, which has a semi-arid ecological characteristic. Thirteen soil quality indicators were used to determine the physical, chemical, and biological soil quality of the SMAF model. In this study, twelve indicators were used, which were: bulk density, aggregate stability, available water content, water-filled pore space, organic carbon, pH, electrical conductivity, sodium adsorption ratio, available potassium and phosphorus, microbial biomass carbon, and beta-Glucosidase enzyme activity. In general, the applied organic wastes had a positive effect on the quality characteristics of the soils. The lowest quality was determined in the control (50%) and seaweed (51%) applications, while the highest quality increase was determined in the rose pulp application (60%) and vermicompost application (56%). Other applications did not cause significant changes according to SMAF scoring. The most important effects of low quality scores were determined as biological quality indicators. According to the results obtained, organic waste application for sustainable soil management has an important place in increasing the physical, chemical, and biological soil quality properties of agricultural soils, especially in the arid and semi-arid areas of our country, as well as increasing the general soil quality index values.

To Cite: Alaboz, P, Dengiz, O, Pacci, S, Demir, S, Türkay, C, 2022. Determination of the Effect of Different Organic Fertilizers Applications on Soil Quality Using the SMAF Model. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 32(1): 21-32. DOI:10.29133/yyutbd.1015943

Farklı Organik Atık Uygulamasının Toprak Kalitesi Üzerine Etkisinin SMAF Modeli ile Belirlenmesi

Makale Bilgileri

Geliş: 28.10.2021

Kabul: 11.01.2022

Online yayınlanma: 15.03.2022

DOI: 10.29133/yyutbd.1015943

Anahtar Kelimeler

Organik atık,
SMAF modeli,
Toprak kalitesi

Öz: Toprak, karasal yaşam için önemli bir kaynaktır. Bu nedenle toprakları, ekolojik ve ekonomik işlevlerinden herhangi bir zarar vermeden kullanmak hayati önem taşımaktadır. Bu çalışma, yarı kurak ekolojik özelliğe sahip Isparta ilinde SMAF modeli kullanılarak farklı organik materyallerin (ahır gübresi, vermikompost, leonardit, gül posası, biyokömür, biyogaz atığı, deniz yosunu) toprak kalitesi üzerine olan etkisini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. SMAF toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak kalitesinin yanı sıra genel toprak kalitesinin ortaya konulmasında on üç adet toprak kalite indikatörü kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, su dolu gözenek hacmi, yarayışlı su içeriği, organik karbon, pH, elektriksel iletkenlik, sodyum adsorpsiyon oranı, yarayışlı potasyum ve fosfor, mikrobiyal biyokütle karbonu ve beta-Glukosidaz enzim aktivitesinden oluşan on iki indikatör kullanılmıştır. Uygulanan organik atıkların geneli, toprakların kalite özellikleri üzerinde olumlu etkide bulunmuş olup, en düşük kalite, kontrol (% 50) ve deniz yosunu (% 51) uygulaması ile belirlenirken en yüksek kalite artışı gül posası uygulaması (% 60) ile vermikompost uygulamasında (% 56) belirlenmiştir. Diğer uygulamalar SMAF skorlamalarına göre önemli değişimlere neden olmamıştır. Kalite skorlarındaki düşüklüğün en önemli etkisi biyolojik kalite indikatörleri olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, özellikle ülkemizin kurak ve yarı kurak alanlarında dağılım gösteren düşük veya orta seviyede bulunan tarım topraklarının, toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak kalite özelliklerinin yanı sıra genel toprak kalite indeks değerlerinin yükseltilmesinde sürdürülebilir bir toprak yönetimi için organik atık uygulamasının önemli bir yer aldığı görülmektedir.

1. Giriş

Nüfusun hızla artması arz ve taleplerdeki dengesizlikler, amaç dışı arazi kullanımlarının gün geçtikçe artmasına yol açmaktadır. Arazilerin alansal olarak azalmasına rağmen, topraktan üretim için olan talebin artması daha yoğun girdi kullanımı ile birim alandan daha yüksek miktarda üretim yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca, mera ve ormanlık alanların tarım arazisine dönüştürülmesi, yoğun toprak işleme, aşırı gübre ve pestisit kullanımı toprağın verimlilik ve kalite parametrelerini negatif yönde etkilemektedir. Toprakların karakteristiklerine uygun planlı kullanım ve yönetimle toprakların korunmasını sağlayabilmek için, toprakların üretkenlik fonksiyonlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerinin birlikte incelenmesi ile toprağın farklı fonksiyonlarının değerlendirilmesi mümkündür. Toprak kalitesi; ekosistem içindeki bir toprağın bitki ve hayvan üretimini sürdürme, su ve hava kalitesini iyileştirme ve insan sağlığı için eksiksiz bir yaşam ortamı sağlama kapasitesidir (Doran, 2002). Toprak kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan farklı kalite indeks modelleri birçok araştırmacı tarafından kullanılmaktadır (Şeker ve ark., 2017; Şenol ve ark., 2020).

Toprak kalitesinde etkili birçok faktör bulunmakta olup hepsinin belirlenmesi hem güç hem de maliyetli olmaktadır. Bunun için kalitenin değerlendirilmesinde uygun indikatörlerin seçilmesi ve değerlendirilmesi oldukça önemlidir (Negiş ve Şeker, 2019). Günümüzde çok sayıda arazi ve toprak kalite değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır. Arazi kalitesi indeks metodu, dinamik çok değişkenli arazi kalitesi metodu, arazi test kitleri, Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi (SMAF-Soil Management Assessment Framework) ve Toprak Sağlığı Değerlendirmesi (Cornell Soil Health Assessment) (Andrews ve ark., 2004; Gugino ve ark., 2009) Muencheberg toprak kalite oranlaması, LSRS (Arazi uygunluk oranı indeksi), VSA (Toprak kalitesini görsel değerlendirme), Akdeniz bölgeleri için uygun olan MicroLEIS DSS metodu dünyaya entegre edilmek istenen toprak kalitesini en iyi şekilde değerlendirmek ve ürün verimine en yakın sonucu almak için geliştirilen metotlardır (Mueller ve ark., 2007; De La Rosa ve ark., 2009).

Toprak kalitesi değerlendirmelerinde Amerika Tarım Bakanlığı personeli tarafından geliştirilen SMAF modeli kalite indikatörlerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu metot, iklim,

topografya, ana materyal gibi temel toprak oluşum faktörlerini yansıtan ve genetik toprak kalitesinden ziyade uygulanan amanjmandan etkilenen dinamik toprak kalitesini yansıtmaktadır. SMAF, elektriksel iletkenlik, pH, organik karbon, agregat stabilitesi, sodyum adsorpsiyon oranı, yarayışlı potasyum ve fosfor, mikrobiyal biyokütle karbonu, hacim ağırlığı, su dolu gözenek hacmi, yarayışlı su içeriği, beta-Glukosidaz enzim aktivitesi, mikrobiyal biyokütle karbonu ve potansiyel mineralize olabilir azot indikatörlerini içermektedir (Andrew ve ark., 2004). Erkossa ve ark. (2007), tarafından farklı toprak işleme yöntemlerinin toprak kalitesi (SQ) üzerine etkilerini SMAF metoduyla değerlendirdikleri çalışmada; analiz edilen indikatörler arasında mikrobiyal biyokütle karbonu, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, toprak organik karbonu, pH, faydalı su kapasitesi ve yarayışlı fosfor olmak üzere 7 indikatör minimum veri seti olarak seçilmiş ve arazi yönetiminin değerlendirilmesinde etkili bir yöntem olarak belirtilmiştir. Şeker ve ark. (2017), tarafından şeker pancarı ve buğday ekili alanlarda SMAF ve CSHA yöntemleri ile toprak kalitesini belirlemeye yönelik yapılan çalışmada; skorlama fonksiyonu ile yapılan toprak kalitesi değerlendirmesi sonucunda buğday ve şekerpancarı yetiştirilen toprakların kalitesini sırasıyla orta ve düşük olarak sınıflamışlardır. Düşük toprak kalite puanlarının özellikle fiziksel ve biyolojik toprak özelliklerine bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Alaboz ve ark. (2021), tarafından biyogaz atığı uygulamalarının toprak kalitesi ve verim üzerine etkilerinin inceledikleri çalışmalarında, kontrol uygulamasında II. sınıf olan toprakların kalite indeksi biyogaz atığı uygulamalarıyla III. ve IV. sınıf olarak belirlenmiştir. Özenç ve ark. (2006), fındık zurufu kompostu, turba, çiftlik gübresi ve tavuk gübresinin toprak özellikleri, verim ve kalitesi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında tavuk gübresi ve çiftlik gübresinin genellikle kimyasal toprak özellikleri, fındık zurufu kompostu ve turbanın ise fiziksel toprak özellikleri üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir. Pacci ve ark. (2021), Van Havzası içerisinde bulunan mera arazileri toprakların SMAF modeli aracılığıyla kalite durumunu değerlendirdikleri çalışmalarında, kimyasal toprak kalite indeksini düşük, biyolojik toprak kalite indeksini yüksek, fiziksel toprak kalite indeksi sınıfı ise orta sınıfta belirlemişlerdir. Yine çeşitli gübre uygulamalarına bağlı olarak toprak kalite skorlarında değişikliklerin olduğu, yapılan çalışmalar ile de ortaya konmuştur (Kuzucu, 2019; Wu ve ark., 2020).

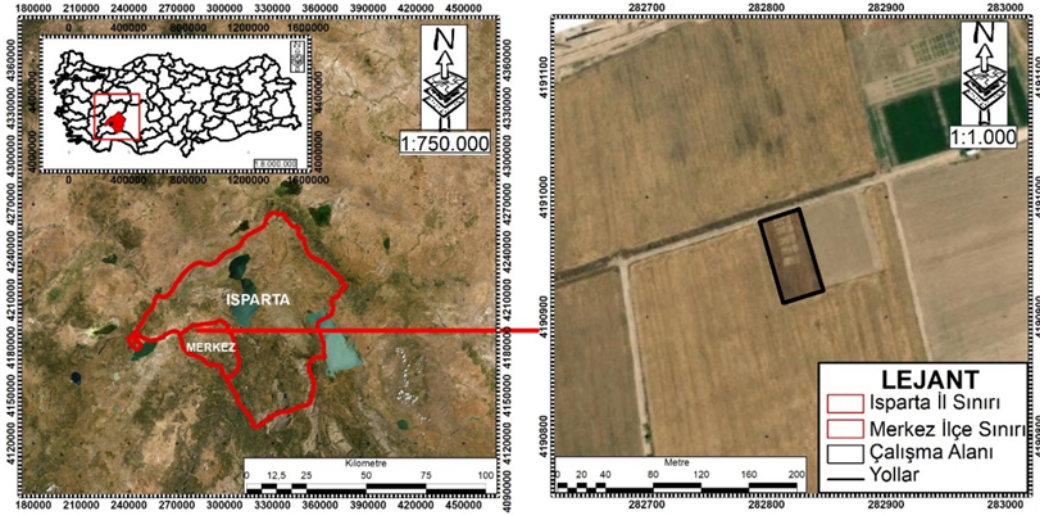
Bu çalışmada, farklı organik gübre kaynaklarının toprakların fiziksel, kimyasal, biyolojik toprak kalite özellikleri üzerine etkisinin yanı sıra toplam toprak kalite indeksi üzerine etkisinin SMAF kalite skorlama fonksiyonları ile ortaya konması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı genel özellikleri

Çalışma alanı Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi kampüsü içerisinde, Isparta-Burdur Karayolunun doğusunda yer almakta olup WGS 1984 UTM Zone 36N 283100- 282921 kuzey ve 4190355-4191399 doğu enlemleri koordinatlarındadır (Şekil 1).

Çalışma alanının uzun yıllar meteorolojik verilerine göre bölgedeki yarı kurak iklim tipi hakimdir. Uzun yıllar (1929-2020) yıllık ortalama sıcaklık, yağış sırasıyla 12.3°C, 569.4 mm'dir (MGM, 2021). Çalışma alanının toprak iklim rejimi Newhall simülasyon modeline göre (Van Wambeke, 2000), toprak sıcaklığı ve nem rejimleri sırasıyla mesic ve xeric (alt grupta kuru xeric) olarak belirlemişlerdir.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası.

2.2. Denemenin kurulması ve yürütülmesi

Çalışma tesadüf blokları deneme desenine bağlı olarak 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme 27 Ekim 2021 tarihinde kurulmuş, organik materyaller yaklaşık 0-20 cm derinliğe karıştırılmıştır. Organik materyal olarak ahır gübresi (2 ton da⁻¹), vermikompost (750 kg da⁻¹), leonardit (1 ton da⁻¹), gül posası (2 ton da⁻¹), gül posasından elde edilen biyokömür (% 1), biyogaz atığı (2 ton da⁻¹), deniz yosunu (500 kg da⁻¹) kullanılmıştır. Uygulama dozları araştırmalar incelenerek belirlenmiştir (Alaboz ve Ark., 2017; Alaboz ve Işıldar, 2018; Aydın ve ark., 2018; Alaboz ve ark., 2021). Uygulanan organik materyallerin özellikleri Çizelge 1’de belirtilmiştir. Tohum materyali olarak mercimek (Ankara Yeşili) kullanılmış ve metrekareye 250 adet tohum hesabıyla, 3-4 cm derinliğe elle ekimi yapılmıştır.

Çizelge 1. Organik materyallerin bazı özellikleri

Uygulamalar	Organik Madde (%)	pH	EC (dS/m)	C/N
Ahır gübresi (AG)	48.7	8.89	2.19	13.1
Vermikompost (VK)	64.3	6.80	2.07	24.6
Leonardit (L)	49.4	6.10	2.89	13.4
Gül posası (GP)	68.3	3.51	1.22	25.2
Biyokömür (BK)	55.4	8.82	0.540	25.4
Biyogaz atığı (BA)	46.7	7.70	1.44	12.1
Deniz Yosunu (DY)	45.7	7.58	3.45	11.7

2.3. Toprak örnekleme ve analizler

Toprak örnekleri 7 Haziran 2021 tarihinde 0-20 cm derinliği temsil edecek şekilde alınmıştır. Topraklar laboratuvara aktarıldıktan sonra bir kısım örnek biyolojik analiz için ayrılmış +4 °C’de saklanmıştır. Diğer fiziksel ve kimyasal analizler için hava kuru hale getirilen örnekler 2 mm’lik elekten geçirilerek analizlerde kullanılmıştır.

Bu çalışmada fiziksel toprak özelliklerinden tekstür, toplam gözeneklilik (Burt, 2014), agregat stabilitesi (Kemper ve Rosenau 1986), hacim ağırlığı (Blake ve Hartge, 1986), tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayıklı su içeriği (Klute, 1986), su ile dolu gözenek hacmi (Doran ve ark., 1990), kimyasal özelliklerden yarayıklı fosfor (Olsen ve ark., 1954), değişebilir potasyum (Thomas, 1982), saturasyon çamuru süzüğünden Na, Ca ve Mg belirlemelerine göre sodyum absorpsiyon oranı, saturasyon çamurunda pH-elektriksel iletkenlik, kalsimetrik yöntemle kireç, walkey black yöntemine göre organik karbon (Burt, 2014) ve biyolojik toprak özelliklerinden; mikrobiyol biyomas karbon (Öhlinger, 1993) ve β-Glucosidase aktivitesi (Arcak ve ark., 1997) özellikleri belirlenmiştir.

Organik materyallerin pH ve EC içerikleri 1:5 toprak su süspansiyonunda, organik madde seviyeleri kuru yakma, N içerikleri ise Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Kacar, 2009)

2.4. Toprak kalitesinin değerlendirilmesi

SMAF modeli, toprakların tarımsal üretkenlik ve ekolojik fonksiyonlarını karşılama yeteneklerinin değerlendirmektedir. SMAF modelinde toprakların fiziksel özelliklerinden hacim ağırlığı (HA), agregat stabilitesi (AS), su dolu gözenek hacmi (SDGH), ve yarayışlı su içeriği (YSİ), kimyasal özelliklerinden organik karbon (OK), pH, elektriksel iletkenlik (EC), sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), yarayışlı fosfor (P) ve potasyum (K) ile potansiyel mineralize azot, biyolojik özellikler içerisinde ise mikrobiyal biyokütle karbonu (MBK) ve beta-Glukosidaz enzim aktivitesi indikatörleri değerlendirilmektedir (Andrews ve ark., 2004). Bu çalışma kapsamında, potansiyel mineralize olabilir azot dışında on iki indikatör kullanılmıştır. Model içerisinde skorlamada doğrusal olmayan skorlama fonksiyonları kullanılmaktadır. Skorlama eğrilerinde 3 farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar; daha az daha iyidir, orta nokta optimumdur, daha fazla daha iyidir şeklindedir. Özelliklerin kalite üzerine katkıları değerlendirilerek bu 3 skorlama fonksiyonu dikkate alınarak skorlanmaktadır. Her bir özelliğin doğrusal olmayan skorlama eğrisinin bir algoritması veya alternatif algoritmaları kullanılmaktadır. Model içerisinde her bir indikatörün algoritmalarına göre değerler normalize edilerek skorlanmaktadır. Model içerisinde 150 ürün çeşidine göre değerlendirmeler yapılmaktadır. Ürün çeşidine, iklim özelliği ve toprak sınıflamasına bağlı olarak indikatörlerin skorlama değerleri değişebilmektedir. Ayrıca bölgesel iklim verisi, minerolojik ve pedolojik özellikler ve toprak sınıflaması gibi bazı özelliklere ait bilgilerde değerlendirilmektedir. Bu amaçla SMAF modeli eklemeli indeks, toprak kalite indeksi (TKİ) yöntemini kullanmaktadır (Eş. 1).

$$TKİ = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} * 100 \quad (1)$$

TKİ: Toprak kalite indeksi, Xi: skorlama yapılan indikatör değeri, n: indikatör sayısı. Sonuçlara göre toprak kalite skorlaması çok düşük (<40), düşük (40-55), orta (55-70), yüksek (70-85) ve çok yüksek (> 85) olarak sınıflandırılmaktadır (Gugino ve ark., 2009).

Uygulamaların etkilerinde ortalamalar arasındaki farklılıkların olup olmadığının belirlenmesinde ANOVA yöntemi ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesinde spearman korelasyon analizi kullanılmıştır. Söz konusu istatistiksel değerlendirmeler MINITAB 17 paket programı aracılığıyla yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toprakların biyo-fizikokimyasal özellikleri

Killi tınlı tekstüre sahip (% 36.7 kil, % 35.2 silt, % 28.1 kum) deneme toprağının uygulamalar sonucunda incelenen toprak özellikleri ve kalite indikatörlerinin temel tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 2'de belirtilmiştir. Uygulama sonucunda toprakların pH değerleri 8.01 ile 8.36 arasında değişim gösterirken, tuzluluk ortalaması 0.14 dS m⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bitkiye yarayışlı fosfor ve potasyum içeriklerinde ortalama olarak sırasıyla 6.72 ve 360.63 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Birçok araştırmacı (Şenol ve ark., 2020; Dengiz, 2020) toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak değişkenlik katsayısını göz önüne almakta ve Wilding (1985)'e göre düşük (<% 15), orta (% 15-35) ve yüksek (> % 35) olarak sınıflandırılmaktadır. Yapılan bu çalışmada; ele alınan indikatörler arasında EC, SAR ve beta-Glukosidaz enzim aktivitesi orta, diğer tüm indikatörler ise düşük değişkenlik gösterdikleri belirlenmiştir. Uygulamalar sonucu incelenen fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler ile hesaplanan toprak kalite indeksi en düşük % 51 yani düşük sınıf olarak belirlenirken, en yüksek ise %60 skor ile orta sınıf olarak belirlenmiştir.

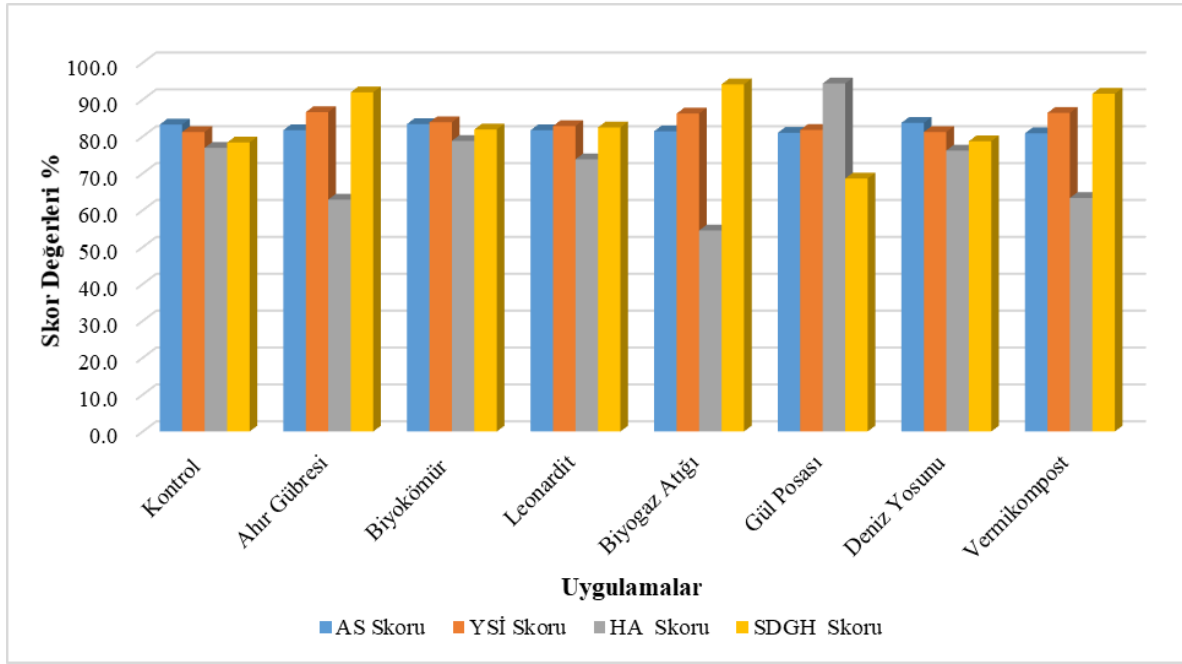
Çizelge 2. Toprak özellikleri ve kalite indikatörlerinin tanımlayıcı istatistikleri

İndikatörler	Ort.	St.Sap.	VK	Min.	Max.	Çarp.	Bas.
HA-g cm ⁻³	1.32	0.06	4.39	1.22	1.42	-0.13	1.69
EC-dS m ⁻¹	0.14	0.04	29.16	0.09	0.22	1.43	2.48
YSİ cm ³ cm ⁻³	0.17	0.01	6.29	0.15	0.18	-0.12	-1.24
SDGH cm ³ cm ⁻³	0.68	0.06	9.58	0.60	0.76	0.22	-1.91
pH	8.10	0.11	1.37	8.01	8.36	2.01	4.66
OK %	1.31	0.03	2.4	1.27	1.35	-0.88	-0.63
AS %	76.23	0.82	1.08	75.12	77.23	-0.31	-1.86
βg - µg p-nitrofenol gkt ⁻¹ h ⁻¹	31.20	5.26	16.87	21.45	38.01	-0.65	0.44
K-mg kg ⁻¹	360.63	10.01	2.78	343.00	378.00	-0.03	1.59
MBK µg C gkt ⁻¹	139.33	13.87	9.96	115.45	158.41	-0.55	-0.2
P- mg kg ⁻¹	6.72	0.28	4.21	6.32	7.09	0.06	-1.58
SAR	0.13	0.03	19.47	0.11	0.19	1.76	3.71
FKTİ %	80.42	1.14	1.43	79.00	83.00	0.24	-0.91
KTKİ %	61.98	6.03	9.73	56.96	75.40	1.96	3.74
BTKİ %	17.63	2.56	14.52	14.00	21.00	-0.09	-1.54
TKİ %	82.38	2.32	4.39	50.32	60.00	1.5	2.96

FKT: Fiziksel Toprak Kalite İndeksi, KTK: Kimyasal Toprak Kalite İndeksi, BTK: Biyolojik Toprak Kalite İndeksi, Toprak Kalite İndeksi, VK: Değişkenlik katsayısı HA: Hacim ağırlığı, EC: Elektriksel iletkenlik, YSİ:Yarayışlı su içeriği, SDGH:Su dolu gözenek hacmi, OK: Organik karbon, AS: Agregat stabilitesi, MBK: Mikrobiyal biyokütle karbonu, SAR: Sodyum adsorpsiyon oranı.

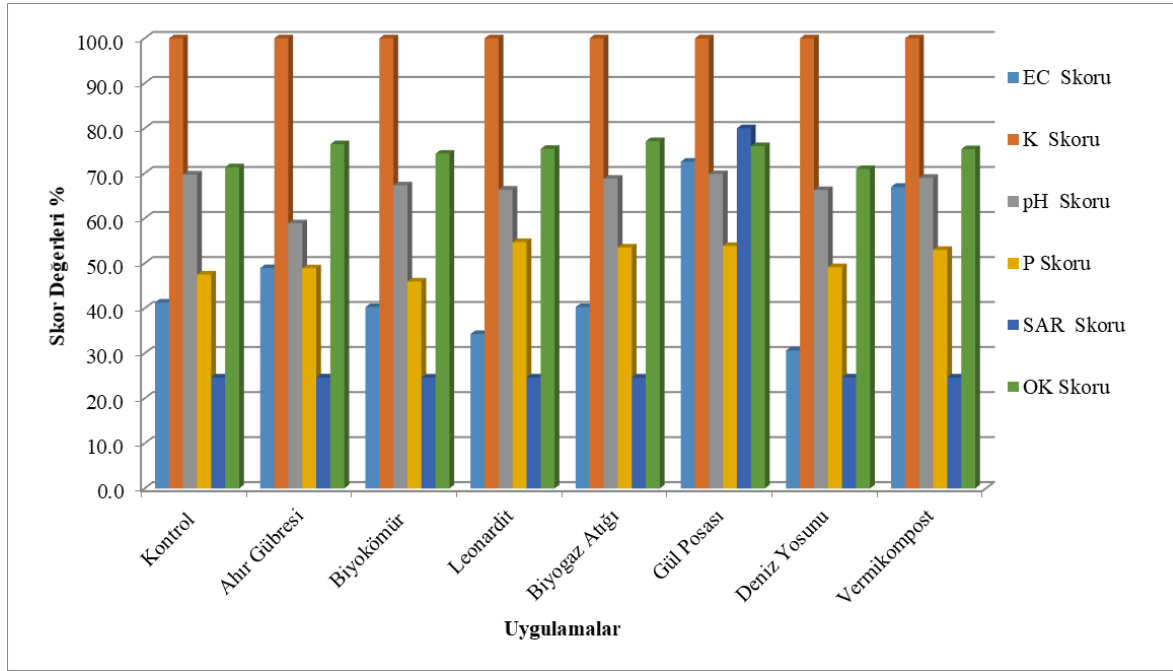
3.2. Uygulamaların ve İndikatörlerin Toprak Kalite Skorları Üzerine Etkisi

Fiziksel toprak indikatörlerin üzerine farklı organik gübre uygulamaların etkisine yönelik skor dağılımı Şekil 2’de verilmiştir. Agregat stabilitesi kalite skoru üzerine en yüksek etki 83.7 ile deniz yosunu uygulamasından elde edilirken, yarayışlı su içeriğinde en yüksek değer (89.6) ahır gübresi uygulamasından elde edilmiştir. Ayrıca, hacim ağırlığı kalite skorlarında en yüksek değer gül posası (94.4) uygulamasında ve su dolu gözenek hacmi fiziksel kalite skor için en yüksek değer olan 96.2 ile biyokömür uygulaması, gül posası ve deniz yosunu uygulamalarından elde edilmiştir. Organik madde ilavesi yüzey alanının artırması ile daha yüksek tansiyonlarda su tutma kapasitesinin artırmaktadır (Gliński ve ark., 2011; Alaboz ve Çakmacı, 2020). Porozite arttıkça, hacim ağırlığı azalmakta, gözeneklerdeki katyonların tutulumu artmaktadır (Chaudhari ve ark., 2014). Ahır gübresi (% 86.6), vermikompost (% 86.4) ve biyogaz atığı (% 86.2) uygulamaları ile toprakların yarayışlı su içeriklerinde kontrole (% 81.2) göre artış sağlanırken diğer uygulamalarda YSİ skorları birbirine benzer bulunmuştur. Bu çalışmada organik materyal uygulamasıyla hem tarla kapasitesinin hem de solma noktasının benzer oranda düşük miktarda artması sonucu yarayışlı su içeriğindeki değişim etkili bulunmamıştır. Hacim ağırlığı skorları kontrole göre ahır gübresi, biyogaz atığı ve vermikompost uygulamalarında benzer ya da bir miktar düşük belirlenmiştir. Gül posası uygulaması ile birlikte hacim ağırlığı değeri azalmış ve skor değeri artmıştır. Hacim ağırlığı üzerinde en etkili özellik gül posası uygulaması olarak bulunmuştur. Organik materyal uygulamasıyla hacim ağırlığı değerinin düşmesi beklenirken bu uygulamalar ile beklenen düşüşler gözlenmemiştir. Bunun sebebi çalışmanın kontrollü (laboratuvar) koşullarında yürütülmemiş olması, arazi koşullarında birçok faktörün hacim ağırlığı gibi değişim aralığı dar olan özelliklerde bu etkinin gözlenmesinin zor olacağı şeklinde açıklanabilmektedir. Ayrıca uygulama dozlarının yüksek seviyelerde olmaması etkinin tam anlamıyla gözlenmesi için bir engel olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2. Fiziksel toprak indikatörlerin üzerine uygulamaların etkisine yönelik skor dağılımı.

Kimyasal toprak indikatörlerin üzerine farklı organik gübre uygulamaların etkisine yönelik skor dağılımı Şekil 3'te verilmiştir. SMAF modelinde en yüksek ve en düşük skor değerleri K ve SAR skorlarına değerlerinde elde edilmiş olup, K skor değeri hepsinde % 100 olarak belirlenirken, SAR skoru gül posası hariç (% 80) diğer uygulamalarda aynı (% 24.6) bulunmuştur. SAR hesaplamalarında toprakların EC içerikleri dikkate alınarak skorlama yapılmakta olup gül posası uygulamaları ile toprakların EC içerikleri artmıştır. EC skor değeri de diğer uygulamalara göre daha yüksek bulunmuştur. SMAF kalite indikatörlerinin hesaplamasında Andrews ve ark. (2004)'e göre EC skorlamalarında optimum nokta en iyidir yaklaşımı bulunmakta olup saturasyon çamurunda 0.3 dS m^{-1} değeri bir eşik değer olarak belirlenmiş ve bu değer altında olan EC içeriklerinde artan EC değeriyle birlikte EC skoru artmaktadır. 0.3 dS m^{-1} ve bitki için belirlenen eşik değeri arasındaki EC içerikleri optimum nokta olarak değerlendirilmiş, daha sonra ise arttıkça azalan bir eşitlik sunulmuştur. Bu çalışmada toprakların EC içerikleri bu eşik değerinden düşük olduğu için artan EC içeriyle EC skoru artmış ve en yüksek skor gül posası uygulaması (% 72.6) ile elde edilmiştir. EC'deki artışa bağlı olarak SAR skorunda yüksek belirlenmiştir. En düşük EC skoru ise deniz yosunu (% 30.6) uygulaması ile elde edilmiştir. P ve pH kalite skorlarında ise uygulamalar arasında önemli farklılıkların olmadığı belirlenmiştir. Organik karbon kalite skor değeri kontrol ve tüm uygulamalarda yüksek olarak belirlenmesine karşın değişim en düşük kontrol (% 71.4) ve deniz yosunu (%71.0) en yüksek ise % 77.1 ile biyogaz atığında belirlenmiştir. Organik karbon skorlamalarında iklim ve tekstür önemli bir etken olup % 1.27-1.35 organik karbon içeriği için killi tın bir toprakta skorlar % 71-77 arasında değişim sergilemektedir. Biyolojik toprak indikatörlerin üzerine farklı organik gübre uygulamaların etkisine yönelik skor dağılımı yönünden ise gerek mikrobiyal biomas karbon gerekse de beta-Glukosidaz enzim aktivitesi düşük sınıf içerisinde oldukları belirlenmiştir. Kontrol ve diğer uygulamaların etkisi sonucu biyolojik toprak indikatörlerinin skorları oldukça düşük olarak belirlenmiştir. Biyolojik kalite göstergelerinden MBC % 20.3-37.7 arasında değişirken beta-Glukosidaz enzim skorları oldukça düşük seviyelerde belirlenmiştir (% 3.6-5.4). Organik materyal uygulaması ile biyolojik aktivite bir miktar artsa da bu artış beklenen düzeyde yüksek olarak belirlenmemiştir. Toprak sıcaklığı, nem, çevresel faktör gibi dinamik değişkenlerden oldukça fazla etkilenen biyolojik kalite göstergeleri, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre de farklılıklar sergilemektedir (Kızılkaya ve ark., 2019).



Şekil 3. Kimyasal toprak indikatörlerinin üzerine uygulamaların etkisine yönelik skor dağılımı.

Farklı organik gübre uygulamalarının toprak kalite skorları ve kalite indeksi üzerine etkileri Çizelge 3 ve Şekil 4’te belirtilmiştir. Uygulamalara bağlı olarak fiziksel kalite skorları üzerine bağlı değişim istatistiksel olarak önemli seviyede bulunmamıştır. Fiziksel kalite skoru en düşük kontrol (% 79) ve biyogaz atığı uygulamasında olup diğer uygulamalarda da benzer seviyelerde belirlenmiş ve uygulanana materyallerin fiziksel özellikler üzerine etkisi önemli seviyede bulunmamıştır. Uygulama dozlarının yüksek seviyelerde olmaması kontrollü koşullar yerine arazi koşullarında uygulamaların yapılması fiziksel etkinin tam olarak yansımamasına bir sebep olarak düşünülmektedir. Ayrıca fiziksel kalite skorunun “yüksek” seviyelerde belirlenmesi uygulamaların etkisinin net olarak görülememesinin başka bir nedenidir. Gül posası uygulaması fiziksel özellikler üzerinde en etkili olan organik materyaller olarak bulunmuştur. Kimyasal kalite skoru “orta” seviyede olan toprağa gül posası uygulamaları ile “yüksek” seviyelere çıktığı çalışma ile ortaya konmuştur.

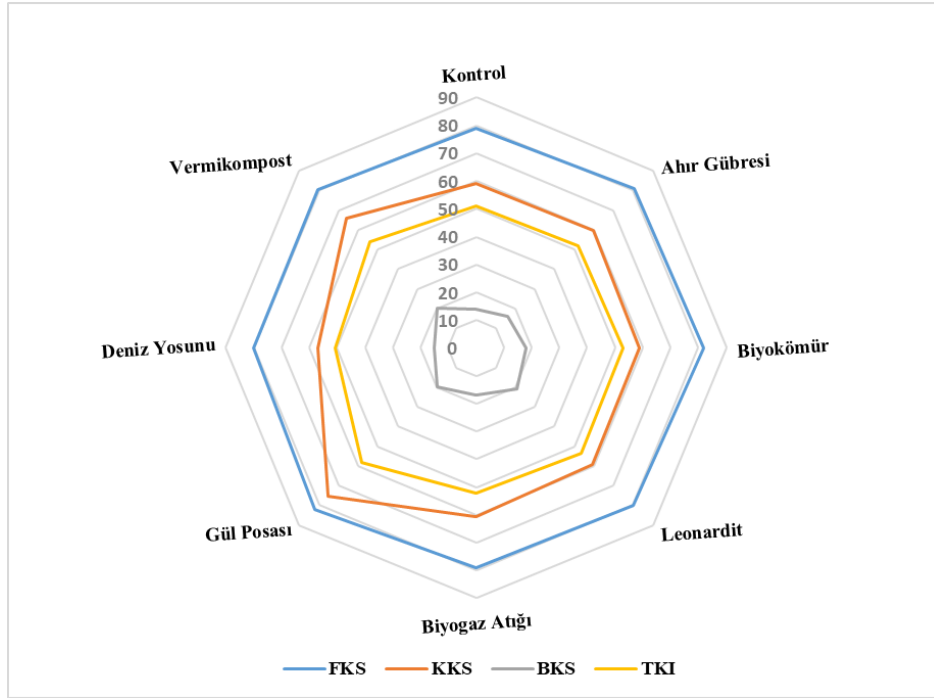
Çizelge 3. Uygulamaların toprak kalite skorları üzerine etkisi

	Fiziksel Kalite Skoru %	Kimyasal Kalite Skoru %	Biyolojik Kalite Skoru %	Toprak Kalite İndeksi %
Kontrol	79	59c*	13c*	50c*
Ahır Gübresi	81	60c	16b	52c
Biyokömür	82	59c	18b	53c
Leonardit	80	59c	21a	54bc
Biyogaz Atığı	79	61c	17b	52c
Gül Posası	83	76a	21a	60a
Deniz Yosunu	80	57c	15b	51c
Vermikompost	81	69b	20a	57b

*Uygulamalar arasındaki değişim $p < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Uygulamaların kimyasal kalite skorları üzerine etkileri incelendiğinde en önemli etkinin gül posası (% 76) uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların etkileri istatistiksel olarak önemli seviyede değişkenlik sergilemiştir ($p < 0.01$). Gül posası uygulamalarının etkisi vermicompost’a göre farklı, daha yüksek seviyede iken ahır gübresi, biyokömür, leonardit, biyogaz atığı ve deniz yosunu uygulamaları söz konusu iki uygulamadan farklılık sergilemiştir. Kimyasal kalite üzerine en etkili

uygulamalar vermikompost ve gül posası uygulamaları olarak bulunmuştur. Bu uygulamalar kontrole göre sırasıyla % 10 ve % 17 skor değerinde artış sağlamıştır.



Şekil 4. Uygulamaların toprak kalite skorları ve kalite indeksi üzerine etkileri.

Uygulamaların biyolojik kalite skorları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli seviyede bir değişim göstermiştir ($p < 0.01$). En düşük kontrol (% 13), en yüksek ise vermikompost, gül posası (% 100) uygulamaları ile elde edilen skor değerlerindeki değişim önemli seviyede farklı bulunmuştur. Ahır gübresi, biyokömür, biyogaz atığı ve deniz yosunu uygulamaları arasındaki değişimler birbirine benzer bulunmuştur. Kontrol uygulamalarına göre organik materyal uygulaması ile pozitif yönde etki düşük seviyelerde belirlenmiştir. Gül posası ve leonardit uygulamasıyla kontrole göre biyolojik kalite de % 8 skor artışı tespit edilmiştir. Mikrobiyal ayrışma ürünleri, kil-organik kompleks oluşumunun kolaylaşmasına yol açmaktadır. Ayrıca mikrobiyal aktivitenin artması parçalanma ve ayrışma hızını arttırmaktadır (Ekberli ve Dengiz, 2016). Uygulanana materyaller incelendiğinde organik materyali en yüksek olan uygulamalardan biri gül posası olarak belirlenmiştir. C/N oranının yüksek olması parçalanma ayrışmanın daha geç olmasına neden olabilmektedir (Abak ve Sakin, 2018). Bu yüzden özellikle biyolojik aktivitenin artması daha uzun süre toprak-materyal etkileşimi sonucu gerçekleşecek olarak düşünülebilmektedir.

Toprak kalite indeksi en düşük kontrol uygulamasında belirlenmiştir (% 50). Toprak kalite indeksi üzerine en yüksek etki vermikompost (% 57) ve gül posası (% 60) uygulamalarında elde edilmiş olup bu uygulamalar ile düşük kalitede olan topraklar orta kalite seviyesine yükselmiştir. Toprak kalite indeksi üzerine leonardit, ahır gübresi, biyokömür, biyogaz atığı, deniz yosunu uygulamaları benzer değişimler sergilemiş bu değişimler istatistiksel olarak önemli belirlenmemiştir. Kontrol toprağı ile kıyaslandığında, organik materyal uygulamasıyla toprak kalite indeksi değerinde % 9'a kadar bir artış sağlanmıştır.

Organik materyal uygulamaların toprak kalitesi üzerine pozitif yönde etkisinin olduğu ortaya konulan bu çalışma literatür ile de uyumlu bulunmaktadır. Alaboz ve ark. (2021), kontrol uygulamasında düşük toprak kalitesi sınıfında belirlenen topraklar biyogaz atığı uygulamasıyla toprak kalite indeksinin arttığını belirtmiştir. Yine Müjdecı ve ark. (2020), ahır gübresi ve yeşil gübre uygulamaların toprak fiziksel özelliklerini olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir. Alaboz ve ark. (2017), farklı dozlarda vermikompost uygulamasının toprakların fiziksel özellikler üzerinde olumlu etki yarattığını bildirmiştir.

Toprakların biyo-fizikokimyasal indikatörleri ile kalite indeksleri arasındaki korelasyon matrisleri ise Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 3'te görüleceği üzere, toprakların biyo-fiziko-kimyasal indikatörleri ile fiziksel toprak kalite indeksi arasında istatistiksel olarak bir ilişki belirlenmez iken,

kimyasal toprak kalite indeksi ile EC, yarayışlı su içeriği, agregat stabilitesi arasında istatistiksel olarak pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların fiziksel toprak kalite indeksi üzerine istatistiksel olarak bir ilişki olmadığını gösterse dahi uygulama sonuçlarına ait verilerde, uygulamaların toprak fiziksel indikatörler üzerinde yapmış olduğu etkiye yönelik eğilim görülebilmektedir. İstatistiksel olarak bir ilişkinin çıkmaması, uygulama sresinin kısıalığından ya da uygulama dozundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, biyolojik toprak kalite indeksi ile yarayışlı su içeriği ve beta-Glukosidaz enzim aktivitesi arasında da istatistiksel olarak pozitif ilişki olduğu fakat Toprak Kalite İndeksinde sadece beta-Glukosidaz enzim aktivitesinin pozitif ilişkili olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Kalite indikatörleri ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon matrisleri

İndikatörler	FTKİ	KTKİ	BTKİ	TKİ
HA-g cm ⁻³	-0.468	0.015	-0.088	-0.250
EC-dS m ⁻¹	0.193	0.602*	0.201	0.446
YSİ cm ³ cm ⁻³	0.557	0.588*	0.651*	0.553
SDGH cm ³ cm ⁻³	-0.476	0.312	0.094	-0.033
pH	0.043	-0.113	0.288	0.101
OK %	0.104	0.488	0.506	0.443
AS %	-0.191	0.646*	0.344	0.353
βg - μg p-nitrofenol gkt ⁻¹ h ⁻¹	0.535	0.517	0.677*	0.653*
K-mg kg ⁻¹	0.009	-0.093	0.195	0.078
MBK μg C gkt ⁻¹	0.175	0.518	0.532	0.548
P- mg kg ⁻¹	-0.121	0.271	0.199	0.144
SAR	0.064	0.201	-0.077	0.131

*P<0.05 HA: hacim ağırlığı, EC: elektriksel iletkenlik, YSİ: yarayışlı su içeriği, SDGH: Su dolu gözenek hacmi, OK: organik karbon, AS: agregat stabilitesi, MBK: mikrobiyal biyokütle karbonu, SAR: Sodyum adsorpsiyon oranı.

4. Sonuç

Bu alışma yarıkurak ekolojik özelliğe sahip Isparta ilinde SMAF modeli kullanılarak farklı organik materyallerin (ahır gübresi, vermikompost, leonardit, gl posası, gl posasından elde edilen biyokömür, biyogaz atığı, deniz yosunu) toprak kalite üzerine olan etkisini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. SMAF toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak kalitesinin yanı sıra genel toprak kalitesinin ortaya konulmasında on üç adet toprak kalite indikatörü kullanılmakta bu çalışmada ise yarayışlı su içeriği, su dolu gözenek hacmi, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, toprak organik karbon içeriği, toprak pH'sı, elektriksel iletkenlik, sodyum adsorpsiyon oranı, bitkiye yarayışlı fosfor ve potasyum, mikrobiyal biyokütle karbonu ve beta-Glukosidaz enzim aktivitesinden oluşan on iki indikatör kullanılmıştır. Uygulanan tüm organik atıklar toprakların kalite özellikleri üzerinde olumlu etkide bulunmuş olup, orta düzeyde de olsa en düşük kalite, kontrol toprağında belirlenirken en yüksek kalite artışı gl posası ve vermikompost uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca ele alınan organik atıkların toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalite özellikleri üzerine olan etkilerinin de kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında önemli artışların olduğu belirlenmiştir. Uygulanan organik materyallerin en yüksek etki kimyasal kalite göstergeleri üzerine belirlenmiştir. Çalışma alanı için biyolojik kalite göstergelerinin olduğu düşük olması uygulamalar ile birlikte beklenen artışı göstermemiştir. Bölgede toprak kalitesinin arttırılmasında gl posası ve vermikompost uygulamalarına yer verilmesi sürdürülebilir arazi kullanımına olduğu önemli yer tutacaktır. Ayrıca biyolojik kalite skorlarının arttırılması ile toprak kalitesinin önemli oranlarda yükseleceği bu çalışma ile değerlendirilmiştir. Bu amaçla organik gübrelemeye ek olarak mikrobiyal gübrelemenin yapılması ya da anızların yakılması gibi degradasyona neden olan etkenlerin ortadan kaldırılması önerilmektedir. Çalışmada toprak fiziksel kalite skorları üzerinde organik materyalin etkisinin tam anlamıyla görülmemesi hem zaman, hem de toprak fiziksel özelliklerinin kalitesinin yüksek olması kaynaklı olarak değerlendirilmiş fiziksel kalite özellikleri daha düşük topraklarda etkinin tam anlamıyla ortaya konulabileceği değerlendirilmektedir.

Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, özellikle ülkemizin kurak ve yarı kurak alanlarında dağılım gösteren düşük veya orta seviyede bulunan tarım topraklarının, toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak kalite özelliklerinin yanı sıra toplam toprak kalite indeks değerlerinin yükseltilmesinde sürdürülebilir bir toprak yönetimi için organik atık uygulamasının önemli bir yer aldığı görülmektedir. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesinde ise SMAF modeli toprakların ekolojik ve ekonomik fonksiyonlarını yitirmeden devamlılıklarının sağlanmasına yönelik izlemelerde önemli bir araç olarak kullanılabileceği bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

Kaynakça

- Abak, M., & Sakin, E., (2018). Toprakların C: N oranı ve bazı toprak özellikleri ile ilişkisi: Mardin Mazıdağı örneği. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(2), 255-261.
- Alaboz, P., & Çakmakçı, T. (2020). Kumlu tın ve killi tın toprakta kokopit uygulamasının tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası üzerine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(2), 285-290.
- Alaboz, P., Işıldar, A. A., Müjdeci, M., & Şenol, H. (2017). Effects of different vermicompost and soil moisture levels on pepper (*Capsicum annuum*) grown and some soil properties. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 27, 30-36.
- Alaboz, P., & Işıldar, A. A. (2018). Effects of apple and rose pulp-biochars on some physical properties of a sandy soil. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(2), 67-72.
- Alaboz, P., Dengiz, O., & Demir, S. (2021). Barley yield estimation performed by ANN integrated with the soil quality index modified by biogas waste application. *Zemdirbyste-Agriculture*, 108(3).
- Andrews, S. S., Karlen, D., & Cambardella, C. A. (2004). The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. *Soil Science Society of America Journal*, 68, 1945-1962.
- Aydın, H.R., Kural, F., Arın, A., Yaylacı, C., & Coşkan, A. (2018). Leonardit Uygulamasının Nitrifikasyon ve Nitrat Amonifikasyonu Üzerindeki Etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 429-434.
- Arcak S, Kütük, A. C., Haktanır, K., & Çaycı, G. (1997). The effects of tea wastes on soil enzyme activity and nitrification. *Journal of Engineering Sciences*, 3(1), 261-266.
- Blake, G. R., & Hartge. K. H. (1986). Methods of Soil Analysis. Bulk Density, Part1. 2nd Ed. Agronomy 9. ASA and SSSA, Madison. pp. 363-375.
- Burt. R. (Ed.). (2014). Soil survey field and laboratory methods manual. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service. Kellog Soil Survey Laboratory.
- Chaudhari, P. R., Ahire, D. V., Chkravarty, M., & Maity, S. (2014). Electrical conductivity as a tool for determining the physical properties of Indian soils. *Int. J. Sci. Res. Publ*, 4(4).
- De la Rosa, D., Anaya-Romero, M., Diaz-Pereira, E., Heredia, N., & Shahbazi, F. (2009). Soilspecific agro- ecological strategies for sustainable land use – A case study by using MicroLEIS DSS in Sevilla Province (Spain), *Land Use Policy* 26, 1055–1065
- Dengiz, O. (2020). Soil quality index for paddy fields based on standard scoring functions and weight allocation method. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(3), 301-315. Doi: 10.1080/03650340.2019.1610880.
- Doran, J. W., Mielke, L. N., & Power, J. F. (1990). Microbial activity as regulated by soil water-filled pore space. In Transactions 14th International Congress of Soil Science, Kyoto, Japan, August 1990, Volume III. (pp. 94-99).
- Doran, J. W. (2002). Soil health and global sustainability: translating science into practice. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 119-127.
- Ekberli, İ., & Dengiz, O. (2016). Bazı inceptisol ve entisol alt grup topraklarının fizikokimyasal özellikleriyle ısıl yayılım katsayısı arasındaki regresyon ilişkilerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 5(2), 1-10.
- Erkossa, T., Itanna, F., & Stahr, K. (2007). Indexing soil quality: a new paradigm in soil science research. *Soil Research*, 45(2), 129-137.
- Gliński, J., Horabik, J., & Lipiec, J. (Eds.). (2011). Encyclopedia of agrophysics (pp. 264-267). Berlin, Germany: Springer.

- Gugino, B. K., Abawi, G. S., Idowu, O. J., Schindelbeck, R. R., Smith, L. L., Thies, J. E., Wolfe, D. W. & Van Es, H. M. (2009). Cornell soil health assessment training manual. Cornell University College of Agriculture and Life Sciences.
- Kemper, W. D., & Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution. In: Klute A, editor. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. Madison, WI. p 425-42.
- Kacar, B. (2009). Toprak Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, 467s, Ankara.
- Kızılkaya R, Dede V, Dengiz O, ., & Ay A, (2019). Ilgaz dağlarında farklı periglasyal şekiller üzerinde oluşmuş topraklara ait özelliklerin dehidrogenaz enzim aktivitesine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2), 121-127.
- Klute, A., (1986). Water Retention: Laboratory Methods. Methods of Soil Analysis. Part1. 2nd Ed. Agronomy 9. Am. Soc. Agron., 635-660, Madison.
- Kuzucu, M. (2019). Effects of organic fertilizer application on yield, soil organic matter and porosity on kilis oil olive variety under arid conditions. *Eurasian Journal of Forest Science*, 7(1), 77-83.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), (2021). Erişim tarihi: 20.10.2021. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx#sfU>.
- Mueller, L., Schindler, U., Behrendt, A., Eulenstein, F., Dannowski, R., Schindwein, S. L., & Shepherd, T.G., (2007). Smolentseva, E., Rogasik, J., The Muencheberg Soil Quality Rating (SQR). Field Manual for Detecting and Assessing Properties and Limitations of Soils for Cropping and Grazing, Draft, Nov., 102 pp.
- Müjdeci, M., Demircioğlu, A. C., & Alaboz, P. (2020). The effects of farmyard manure and green manure applications on some soil physical properties. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(1), 9-17.
- Negiş, H., & Şeker, C. (2019). Improving soil quality card for soil sustainability in Konya, Turkey. 6th International Conference on Sustainable Agriculture and Environment October 3-5, 2019, City of Konya – Turkey. Proceedings Book, Pages 183-185.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., & Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate US Dept. Agric. Cric. 939.
- Öhlinger, R. (1993). Bestimmung des Biomasse-Kohlenstoffs mittels Fumigation-Extraktion. In: Schinner, F., Öhlinger, R., Kandler, E. & Margesin, R. (eds.). Bodenbiologische Arbeitsmethoden. 2. Auflage. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg.
- Özenç, N., Özenç, D. B., & Çaycı, G. (2006). Effects of Hazelnut husk compost, peat, farmyard, and chicken manure on soil organic matter and N nutrition and hazelnut yield. 18 th international soil meeting (ism) on soil sustaining life on earth, managing soil and technology, 22-26 May, 2006, Şanlıurfa, Turkey.
- Pacci, S., Kaya, N. S., Dengiz, O., & Turan, İ. D. (2021). Van Havzası İçerisinde Yer Alan Mera Arazilerinde SMAF Modeli Kullanılarak Toprak Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 36(2), 301-316.
- Şeker, C., Özyaytekin, H. H., Negiş, H., Gümüş, İ., Dedeoğlu, M., Atmaca, E., & Karaca, Ü. (2017). Assessment of soil quality index for wheat and sugar beet cropping systems on an entisol in Central Anatolia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(4), 135.
- Şenol, H., Alaboz, P., Demir, S., & Dengiz, O. (2020). Computational intelligence applied to soil quality index using GIS and geostatistical approaches in semiarid ecosystem. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(23), 1-20.
- Thomas, G. W. (1982). Methods of Soil Analysis, Part 2. . Chemical and Microbiological Properties, Page, A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R.(ed) 2nd edition. S.S.S. of America Inc. Publisher, Madison, Wisconsin pp159-164.
- Wilding, L.P. (1985). Spatial Variability: Its Documentation, Accommodation and Implication to Soil Surveys, 166-194p. In D.R. Nielsen and J. Bouma (eds.). Soil Spatial Variability: Pudoc, Wageningen, Netherlands.
- Wu, L., Jiang, Y., Zhao, F., He, X., Liu, H., & Yu, K. (2020). Increased organic fertilizer application and reduced chemical fertilizer application affect the soil properties and bacterial communities of grape rhizosphere soil. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10.
- Van Wambeke, A.R., (2000). The newhall simulation model for estimating soil moisture and temperature regimes. Department of Crop and Soil Sciences, Cornell University, Ithaca, NY, USA.