



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ÇUMRA OVASI, ÇUMRA SERİSİNİN
TOPRAK KALİTE İNDİSLERİNİN
BELİRLENMESİ

Hamza NEGİŞ

DOKTORA TEZİ

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Nisan-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Hamza NEGİŞ tarafından hazırlanan “ÇUMRA OVASI, ÇUMRA SERİSİNİN TOPRAK KALİTE İNDİSLERİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması 04/04/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Gökhan ÇAYCI

Danışman

Prof. Dr. Cevdet ŞEKER

Üye

Prof. Dr. Bilal ACAR

Üye

Prof. Dr. Ayşen AKAY

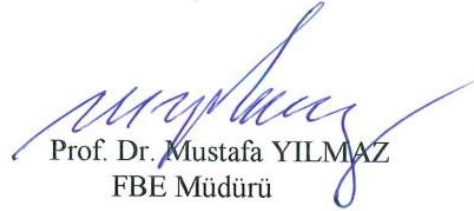
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Sevim Seda YAMAÇ

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
FBE Müdürü

Bu tez çalışması TÜBİTAK tarafından desteklenen TOVAG 1120314 projesi ve BAP tarafından desteklenen 17101016 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Hamza NEĞİŞ

04.04.2019

ÖZET

DOKTORA TEZİ

ÇUMRA OVASI, ÇUMRA SERİSİNİN TOPRAK KALİTE İNDİSLERİNİN BELİRLENMESİ

Hamza NEGİŞ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cevdet ŞEKER

2019, 189 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Cevdet ŞEKER

Prof. Dr. Gökhan ÇAYCI

Prof. Dr. Bilal ACAR

Prof. Dr. Ayşen AKAY

Dr. Öğr. Üyesi Sevim Seda YAMAÇ

Günümüzde, gıda güvenliği ve güvenilirliği sürdürülebilir toprak yönetimine önemli ölçüde bağlı bulunmaktadır. Son 20 yılda sürdürülebilir toprak yönetiminde, toprak kalitesi kavramı kullanılmaya başlanmıştır. Toprak kalitesi yaklaşımı, toprağın sadece ürünlerin yetiştirilmesi için uygun bir ortam olması değil, aynı zamanda etkileşimde bulunduğu diğer ekosistem unsurlarıyla olan ilişkilerini de kapsamaktadır. Farklı arazi yönetimi uygulamalarının ve arazi kullanımlarının etkileriyle ilgili, sürdürülebilirliğin güvenilir ve niceliksel değerlendirmesi için bütünsel bir endeksin geliştirilmesiyle toprak kalitesi ortaya çıkmıştır. Toprak kalitesi, toprağın işlevlerini ne kadar iyi yerine getireceğinin bir ölçüsü olup, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine dayalı göstergelerle değerlendirilmesini sağlamaktadır. Toprak kalitesi ve dolayısıyla tarımsal sürdürülebilirliği, farklı toprak işleme sistemleri ve ürün rotasyonları tarafından etkilenmektedir. Bununla birlikte, sayısız toprak özelliklerinin incelenmesi ve entegrasyonu karmaşıklıklar oluşturmaktadır. Düzenli toprak testi toprakta bitki besin maddelerinin durumunu değerlendirmek için yararlı olmakla birlikte, toprakların kalitesi veya sağlığını açıklayamadığı için mevcut ekosistemde, kullanım altında bulunan arazilerde toprak kalitesi faktörlerinin geliştirilmesi ve skorlama fonksiyonlarının oluşturulması gerekmektedir.

Bu nedenle yapılan çalışma, bölgemizde verim potansiyeli yüksek olan Çumra Ovası, Çumra serisinde, iki farklı yetiştirme döneminde (2013-2014 yılları), buğday ve şeker pancarı yetiştirilen arazilerdeki yürütülmüştür. Bu amaçla, çalışma alanı topraklarının kalite faktörleri ve skor fonksiyonlarının oluşturulması için fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin ölçüm ve analizleri yapılmıştır. Ölçümü yapılan fiziksel özellikler; toprak tekstürü, hacim ağırlığı, tane yoğunluğu, gözeneklilik, tarla kapasitesi, solma noktası, faydalı su, agregat stabilitesi, alt ve üst toprak katmanının penetrasyon direnci, kimyasal özellikler; pH, tuz içeriği, toplam kireç, toplam azot, amonyum ve nitrat azotu, yarayışlı fosfor, ekstrakte edilebilir demir, bakır, mangan ve çinko, ekstrakte edilebilir kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum, biyolojik özellikler; toplam organik karbon, aktif karbon, potansiyel mineralize olabilir azot, kök sağlığı, solunum, katalaz aktivitesi, üreaz aktivitesi, dehidrogenaz aktivitesi ve mikoriza sporu sayısıdır.

Buna göre, toprakların kalitelerinin belirlenmesi için seçilen fiziksel özellikler; faydalı su içeriği, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi ve penetrasyon direnci, kimyasal özellikler; yarayışlı fosfor, mangan, potasyum, bakır ve pH, biyolojik özellikler; aktif karbon, kök sağlığı değeri, potansiyel mineralize olabilir azot ve organik madde olarak belirlenmiştir. Seçilen özelliklerin her biri için skorlama modelleri oluşturulmuş, buna göre Çumra serisi kalite faktörlerinin ortalama toprak kalite skorları

0.32-1.00 arasında değişmiş, en düşük kalite skoru penetrasyon direnci, en yüksek kalite skoru da K ve Mn'dan elde edilmiştir. Tüm çalışma alanının ortalama toprak kalite skoru 0.63 çıkmış, bu skora fiziksel özelliklerin katkısı %22.86 (ortalama skor 0.415), biyolojik özelliklerin katkısı %29.75 (ortalama skor 0.537) ve kimyasal özelliklerin katkısı ise %47.37 (ortalama skor 0.860) olmuştur. Hesaplanan toplam kalite skorları kullanılarak farklı bitki yetiştirilen alanlardaki farklı amenajman uygulamalarının etkileri belirlenmiştir. Ayrıca, elde edilen minimum veri setinin toprak kalitesinin zamansal değişkenliğinin izlenmesinde, mevcut ve potansiyel problemlerin belirlenmesinde, verimliliğin ve sürdürülebilirliğin devamı veya artırılmasında kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çumra ovası, Toprak kalitesi, Toprakların sürdürülebilir kullanımı, Toprak sağlığı.



ABSTRACT

Ph.D THESIS

DETERMINATION OF ÇUMRA SERIES SOIL QUALITY INDICES IN ÇUMRA PLAIN

Hamza NEGİŞ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY IN SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

Advisor: Prof. Dr. Cevdet ŞEKER

2019, 189 Pages

Jury

Prof. Dr. Cevdet ŞEKER

Prof. Dr. Gökhan ÇAYCI

Prof. Dr. Bilal ACAR

Prof. Dr. Ayşen AKAY

Assist. Prof. Dr. Sevim Seda YAMAÇ

Nowadays, food safety and reliability increasingly depend on soil sustainable management. In the last two decades, the concept of soil quality started to be used in sustainable soil management. The soil quality concept requires the development of a holistic index for the reliable and quantitative assessment of soil sustainability related to the impacts of different land management practices and land uses. Soil quality is a measurement used to calculate how well the soil will perform its functions and ensures the assessment of soils based on their physical, chemical and biological characteristics. Soil quality and thus agricultural sustainability are affected by different tillage systems and crop rotations. However, the examination and integration of numerous soil properties is complex. The regular soil test is useful for assessing the condition of plant nutrients in the soil but cannot explain the overall quality or health of the soil.

Therefore, this study was conducted in the Çumra series of Çumra Plain endowed with a high soil fertility potential, whereby wheat and sugar beet were grown in two different growing period (2013-2014 years). In this regard, soil physical, chemical and biological measurements and analysis were performed for developing soil quality factors and scoring functions. Determined physical properties were soil texture, bulk density, particle density, porosity, field capacity, permanent wilting point, available water capacity, aggregate stability, penetration resistance of upper and lower soil layers; Chemical properties were pH, salt content, lime content, total nitrogen, ammonium and nitrate nitrogen, available phosphorus, extractable micronutrients (iron, copper, manganese and zinc), extractable exchangeable cations (calcium, magnesium, sodium and potassium) and biological properties including total organic carbon, active carbon, potential mineralizable nitrogen, root health, soil respiration, catalase activity, urease activity, dehydrogenase activity and number of mycorrhizal spor.

In the light of these measurements, the selected physical properties for determining soil quality were physical properties including available water content, bulk density, aggregate stability and penetration resistance; chemical properties including available phosphorus, manganese, potassium, copper and pH and biological properties including active carbon, root health, potential mineralizable nitrogen and organic matter. Scoring equations were developed for each of the selected features. Based on developed equations the average quality scores of the Çumra series quality indicator ranged from 0.32 to 1.00 and the lowest quality score was observed on penetration resistance, while the highest quality score was obtained from Mn and K. The mean quality score of the whole study area was 0.63 and the

contribution of physical characteristics to the score was 22.86% (mean score 0.415), biological characteristics was 29.75% (mean score 0.537) and chemical characteristics was 47.38% (mean score 0.860). By using the determined total quality scores, the effects of different management practices under different plant growing areas have been determined. In addition, it has been shown that the minimum data set obtained can be used to monitor the temporal variability of soil quality, determine the current and potential problems, and maintain or increase efficiency and sustainability.

Keywords: Çumra Plain, Soil quality, Sustainable soil use, Soil health.



ÖNSÖZ

Günümüzde toprakların aşırı ve kapasitelerinin üzerinde kullanılması geri dönüşümü zor olan büyük problemlere yol açmaktadır. Tarım topraklarımızın kapasitelerine uygun kullanımı, ülke refahının gelecekteki durumunun belirlenmesinde önemli etken olacaktır. Son yıllarda bu problemlerin çözümü için toprak kalitesi kavramı geliştirilmiştir. Bu kavramın kullanımı ile tarım altındaki topraklarımızın sürdürülebilir kullanımının devamı ve/veya kapasitelerinin arttırılması için belirlenecek indikatörlerin seçimi son derece önemli olacaktır. Bu nedenlerden dolayı, toprak kalite kavramının geliştirilmesi ve kullanımı için bu Doktora Tez çalışması gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenen fazlasını sunan her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm, statüsünü hakkıyla yerine getiren kıymetli danışmanım Prof. Dr. Cevdet ŞEKER'e teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum. Ayrıca görüş, öneri ve uyarıları ile çalışmanın sağlıklı bir şekilde yürütülmesine sağladıkları katkılardan dolayı TİK üyeleri Sayın Prof. Dr. Bilal ACAR ve Sayın Prof. Dr. Ayşen AKAY hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Yine çalışmamda konu, kaynak ve yöntem açısından bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren kıymetli bölüm hocalarıma hayatım boyunca bana her konuda destek sağlayan başta Annem olmak üzere ablalarıma da teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmamın ve tez yazım süresinde daima desteğini hissettiğim, sevgili eşim Hale İnci ÖZTÜRK NEGİŞ' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hamza NEGİŞ
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Toprak Kalitesi Kavramı	4
2.2. Toprak Kalitesi Nedir ve Gelişmekte olan Dünyada Niçin Önemlidir?	5
2.3. Toprak Kalitesi Göstergeleri ve Değerlendirme Kriterleri	9
2.4. Toprak Kalitesinin Belirlenmesinde İndikatör Seçimi	13
2.5. Skorlama Fonksiyonlarına Genel Bakış	31
3. MATERYAL VE YÖNTEM	33
3.1. Materyal	33
3.1.1. Araştırma yerinin genel özellikleri	33
3.1.2. Araştırma yerinin iklim özellikleri	35
3.2. Yöntem.....	37
3.2.1. Örnekleme modeli ve şekli	37
3.2.2. Yapılan analizler ve metotları	40
3.2.2.1. Fiziksel analiz metotları	40
3.2.2.2. Kimyasal analiz metotları	44
3.2.2.3. Biyolojik analiz metotları	45
3.2.3. Toprakların kalite değerlendirilmesi ve istatistiksel analizler	54
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	58
4.1. Çalışma Alanı Topraklarının Fiziksel Özellikleri.....	58
4.2. Çalışma Alanı Topraklarının Kimyasal Özellikleri	65
4.3. Çalışma Alanı Topraklarının Biyolojik Özellikleri	71
4.4. Çalışma Alanı Topraklarının Pedolojik Özellikleri	80
4.5. İndikatör Seçimi ve Minimum Veri Setinin Oluşturulması.....	85
4.6. Skorlama Eğrilerinin Oluşturulması	101
4.7. Seçilen Toprak Özelliklerinin Skorlanması	105
4.7.1. Tarla kapasitesi değerinin skorlanması	105
4.7.2. Hacim ağırlığı değerinin skorlanması	107
4.7.3. Agregat stabilitesi değerinin skorlanması	109
4.7.4. Penetrasyon direnci değerinin skorlanması	111

4.7.5. Yarıyışlı fosfor değerinin skorlanması.....	113
4.7.6. Mangan değerinin skorlanması.....	115
4.7.7. Potasyum değerinin skorlanması.....	117
4.7.8. Bakır değerinin skorlanması.....	119
4.7.9. pH değerinin skorlanması.....	121
4.7.10. Aktif karbon değerinin skorlanması.....	123
4.7.11. Kök sağlığı değerinin skorlanması.....	125
4.7.12. Potansiyel mineralize olabilir azot değerinin skorlanması.....	127
4.7.13. Organik madde değerinin skorlanması.....	129
4.8. Toprak Kalite İndeksi.....	131
4.9. Ortalama Kalite Skoru.....	149
4.10. Ortalama Toprak Kalite Skorunun Bitki Bazlı Karşılaştırılması.....	153
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	154
5.1 Sonuçlar.....	154
5.2 Öneriler.....	155
KAYNAKLAR.....	156
ÖZGEÇMİŞ.....	175

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

C:	Kil
SCL:	Kumlu Killi Tın
CL:	Killi Tın
SC:	Kumlu Kil
Pb:	Hacim Ağırlığı
Pk:	Tane Yoğunluğu
kPa:	Kilo Paskal
cm:	Santimetre
ppm:	Parts Per Million
mg kg⁻¹:	Miligram/Kilogram
g cm⁻³:	Yoğunluk, Kütle/Hacim
%:	Yüzde
μ:	Mikro
g:	Gram
kg:	Kilogram
pH:	Hidrojen İyonlarının Antilogaritması
Na⁺:	Değişebilir Sodyum
K⁺:	Değişebilir Potasyum
Ca⁺⁺:	Değişebilir Kalsiyum
Mg⁺⁺:	Değişebilir Magnezyum
KDK:	Katyon Değişim Kapasitesi
P:	Fosfor
K:	Potasyum
Cu:	Bakır
Fe:	Demir
Mn:	Mangan
Zn:	Çinko
NH₄-N:	Amonyum Azotu
NO₃-N:	Nitrat Azotu
CO₂:	Karbondioksit

Kısaltmalar

OM:	Organik Madde
AC:	Aktif Karbon
PMN:	Potansiyel Mineralize Olabilir Azot
TN:	Toplam Azot
P:	Porozite
TK:	Tarla Kapasitesi
FS:	Faydalı Su
AS:	Agregat Stabilitesi
PD:	Penetrasyon Direnci
YP:	Yarayışlı Fosfor
Ort:	Ortalama
Min:	Minimum
Mak:	Maksimum
FKT:	Fırın Kuru Toprak Ağırlığı
Ac:	Çumra Serisi
TK₁₀:	-10 kPa da Toprakta Tutulan Su Miktarı
TK₃₃:	-33 kPa da Toprakta Tutulan Su Miktarı
SN:	-1500 kPa da Toprakta Tutulan Su Miktarı
FS₁₀₋₁₅₀₀:	TK ₁₀ Değerinden SN Değeri Çıkarılarak Elde Edilen Topraktaki Faydalı Su Miktarı
FS₃₃₋₁₅₀₀:	TK ₃₃ Değerinden SN Değeri Çıkarılarak Elde Edilen Topraktaki Faydalı Su Miktarı
EC:	Elektriki İletkenlik
OC:	Organik Karbon
KSD:	Kök Sağlığı Değeri
ÜEA:	Üreaz Enzim Aktivitesi
KEA:	Katalaz Enzim Aktivitesi
DEA:	Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi
MSS:	Mikoriza Spor Sayısı
TBA:	Temel Bileşen Analizi
SMAF:	Soil Management Assessment Framework
CSHA:	Cornell Soil Health Assessment
Kum₀₋₂₀:	0-20 cm Derinlikteki Kum Miktarı
Kil₀₋₂₀:	0-20 cm Derinlikteki Kil Miktarı
Silt₀₋₂₀:	0-20 cm Derinlikteki Silt Miktarı
Kum₂₀₋₄₀:	20-40 cm Derinlikteki Kum Miktarı
Kil₂₀₋₄₀:	20-40 cm Derinlikteki Kil Miktarı
Silt₂₀₋₄₀:	20-40 cm Derinlikteki Silt Miktarı
PD₀₋₂₀:	0-20 cm Penetrasyon Direnci
PD₂₀₋₄₀:	20-40 cm Penetrasyon Direnci
Kireç₀₋₂₀:	0-20 cm Kireç Miktarı
Kireç₂₀₋₄₀:	20-40 cm Kireç Miktarı
KMO:	Kaiser-Meyer Olkin
h:	Hue
c:	Chorama
RI:	Redness İndeksleri

1. GİRİŞ

Toprak, tarımsal üretkenliği ve ekosistem fonksiyonunu destekleyen dinamik bir yaşam sistemidir (Doran ve Jones, 1996; Doran ve Zeiss, 2000). İnsanların yaşamları tarihsel olarak incelendiğinde karalar üzerinde yaşamışlardır ve bu yaşam biçimi toprağa bağlıdır. İnsanların beslenmesinin en büyük kaynağı olan toprakların bozulması halinde de birçok uygarlığın tarihte çöküşünün başladığını görmekteyiz. İklim değişikliğinin ve artan küresel nüfusun modern kaygıları göz önüne alındığında, kapsamlı araştırmalar, doğal ekosistem işleyişini desteklemek ve aynı zamanda her zamankinden daha fazla insanı beslemek üzerine kurulmuş olup, ayrıca yapılan araştırmaların iklim değişikliğini hafifletmek için topraklarımızı nasıl yöneteceğimiz sorusuna odaklanmıştır (Janzen, 2006).

Küresel olarak topraklar, arazi kullanımı değişikliği, toprak bozunumu ve yoğun yönetiminden kaynaklanan önemli ve çeşitli tehditlerle karşı karşıya kalmaktadır. Toprak karbon kaybı, besin maddelerinin derinlere sızması, tuzlanma, asit biriktirme, ağır metal kirliliği, erozyon, sıkışma ve su depolama kapasitesi, en önemli zorluklar olarak belirlenmiştir (Smith ve ark., 2016). Bu faktörlerin her biri, toprak ortamındaki çeşitli değişkenler üzerinde karmaşık etkilere sahiptir. Yoğun tarla trafiğinden gelen sıkıştırma, artan hacim ağırlığı, azalan gözeneklilik, değişmiş besin hareketliliği ile C ve N döngüsü, azalan kök sağlığı ve toprak biyolojik çeşitliliği, düşük mikrobiyal biyokütle üretimi ile sonuçlanmaktadır (Nawaz ve ark., 2013).

Toprak koruma kavramı, Avrupa'da 1800'lerin başlarında ciddi bir araştırma konusu olarak ortaya çıkmıştır. Yirminci yüzyıl boyunca araştırmacılar, verimi korumak veya artırmak için büyük ölçüde toprağın kimyasal özelliklerine odaklanan "toprak kalitesi" konusuna ilgi duymaya başlamışlardır. Toprak kimyasına olan bu odaklanma, sentetik kimyasal girdilerin kullanımının artmasına neden olmuştur.

Ancak yoğun tarımsal faaliyetler; toprak biyolojisi, kimyası ve fizik alanındaki bir dizi olumsuz eğilim ile bağlantılıdır. Yoğun yönetim tipik olarak fazla gübrelerin uygulanmasını gerektirse de aşırı toprak işleme, erozyon ve azalan toprak organik maddesi nedeniyle topraklarda besinlerin tutulmasını azaltmıştır (Moebius-Clune ve ark., 2016). Yüksek inorganik azot girdisi, toprak yıkanması meydana geldiği zaman, toprak biyolojisi ve çevre üzerinde, çeşitli ve kademeli etkilere sahiptir (Herzog ve ark., 2006; Le Féon ve ark., 2010). Aşırı azotlu gübreleme, mikrobiyal toplulukta genellikle mantarların biyo kütlelerini azalttığı ve bakterilerin baskın olduğu sistemlere yol açtığı

belirtilmiştir (Bardgett ve McAlister, 1999). Toprakların kapasitelerinden daha fazla kullanımı, toprak biyo çeşitliliğinin beslenme seviyelerini azaltarak, fonksiyonel grupların biyo kütlelerini azaltır (Tsiafouli ve ark., 2015). Ayrıca yoğun yönetim, bitki örtüsünü azaltarak veya tamamen yok edilerek toprak agregatlarının bozulmasını artırır ve ayrıca toprak organik maddesini azaltır (Wander ve Nissen, 2004).

Fiziksel toprak göstergeleri açısından, yüksek yoğunluklu toprak işleme, düşük mahsul dönüşü ve düşük organik madde girişi toprak hacim ağırlığını artırır (Wilson ve ark., 2011), suya dayanıklı agregatları ve su tutma kapasitesini azaltır (Acín-Carrera ve ark., 2013). Suya dayanıklı agregatlar yönetim uygulamalarına özellikle duyarlı olup, 30 µm'den büyük toprak gözenekleri yerçekimi tarafından tahliye edilen makro ve mikro-gözenekleri temsil eder ve yoğun yönetimden olumsuz etkilenir. Azaltılmış toprak işleme, toprakta daha iyi su sızmasına / hareketine izin vererek ve özellikle yüksek kil içeriğine sahip topraklar için sağlıklı kök gelişimini teşvik ederek, toprağın fiziksel niteliklerini iyileştirir (Moebius ve ark., 2007).

Tarımsal yönetim kararları, arazi yöneticisinin bilgi, anlayış ve inançlarından doğar (Ingram ve ark., 2010). Her ne kadar topraklar zamanla sınırlanan doku, derinlik, ana madde, yerel iklim, ekoloji ve topografya gibi doğal özelliklere sahip olsa da yönetim kararları toprağı büyük ölçüde etkiler (Doran, 2002). Geçtiğimiz yüzyıldaki tarımsal yönetim ve bu yönetimin getirdiği değişimler toprakları olumsuz yönde etkilemiştir. Değişim geniş bir şekilde çiftlik içi besin ihtiyacı döngüsünden insan beslenmesine yani çiftlik dışına olan girdilere geçiş sağlamış ve bu geçiş artan ihtiyaçlar doğrultusunda çiftçilerin daha fazla kimyasal girdi kullanması sonucunu doğurmuştur. Toprak sağlığı kavramı da toprak sorunlarının daha kapsamlı bir şekilde ele alınması ihtiyacından kaynaklanmıştır.

Son yıllarda bu problemleri çözmek ve verimliliği arttırmak için “Toprak Kalitesi” kavramı geliştirilmiştir. Toprak kalitesi belli bir ekosistem içinde yer alan toprağın doğasından kaynaklanan ve belli bir yönetim altındaki kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan fonksiyonlarının kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Özellikle uygulanan amenajmana bağlı olarak bu kapasitenin olumlu veya olumsuz yönde etkilenmesi söz konusudur. Toprak kalitesini belirlemede toprağın üç temel dinamik özelliğinden kaynaklanan verilerden yararlanılmaktadır. Bunlar toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleridir. Toprak kalite faktörlerini belirlemede minimum veri seti kullanımının ekonomi, iş gücü ve üretilen veri kalitesi açılarından en iyi sonucu verdiğini çeşitli kaynaklarda belirtilmiştir. Toprağın fiziksel özelliklerinden; toprak

tekstürü, su tutma kapasitesi, havalanma, sıkışma, yoğunluk, hidrolik özellikler, agregasyon durumu, kıvam özellikleri, yüzey kabuklanması vb; kimyasal özelliklerinden; pH, tuz içeriği, toplam azot, çözünebilir karbon, mineral azot, ekstrakte edilebilir fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, mikro elementler, kirletici elementler, katyon değişim kapasitesi vb., biyolojik özelliklerinden; toplam karbon, aktif karbon, potansiyel mineralize olabilir azot, mikrobiyal karbon, mikrobiyal azot, toprak solunumu, biyolojik aktivite, enzim aktiviteleri, kök gelişimi, çimlenme ve çıkış oranları vb., toprak kalite faktörleri arasında sayılmaktadır.

Yapılan çalışmada; Çumra Ovasındaki yaygın seri olan Çumra serisinde, iki farklı yetiştirme döneminde (2013-2014 yılları), buğday ve şeker pancarı yetiştirilen arazilerdeki toprakların daha önceki çalışmalarda toprak kalite kriteri olarak değerlendirilmiş olan ve toprak kalite kriterine aday olabileceği düşünülen özelliklerin ölçümü ve analizleri yapılmıştır. Ölçümü yapılan fiziksel özellikler; toprak tekstürü, hacim ağırlığı, tane yoğunluğu, gözeneklilik, tarla kapasitesi, solma noktası, faydalı su kapasitesi, agregat stabilitesi, alt ve üst toprak katmanının penetrasyon direnci, kimyasal özellikler; pH, tuz içeriği, toplam kireç, toplam azot, amonyum ve nitrat azotu, yarayırlı fosfor, ekstrakte edilebilir demir, bakır, mangan ve çinko, ekstrakte edilebilir kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum, biyolojik özellikler; toplam organik karbon, aktif karbon, potansiyel mineralize olabilir azot, kök sağlığı, solunum, katalaz aktivitesi, üreaz aktivitesi, dehirogenaz aktivitesi ve mikoriza sporu sayısıdır. Ölçümü yapılan pedolojik özellikler; 20-40 cm derinlikteki toprak tekstürü ve kireç miktarı, 0-20 ve 20-40 cm derinlikteki toprak rengi ile ilgili L, a, b, h, c ve RI değerleridir. Yapılan bu ölçümler ile Çumra Ovasında bulunan, toprakların fiziksel, kimyasal, biyolojik ve pedolojik özelliklerini yansıtacak, birbirleri ile kıyaslanmalarını sağlayacak ve zamanla meydana gelecek değişimlerin izlenmesine uygun olarak kalite skorları elde etmek için toplam veri seti ve bu veri setindeki indikatörlerin skorlanması için regresyonla matematiksel eşitlikler geliştirilmiştir.

Aynı zamanda, çalışma ile Konya bölgesinde toprak kalitesinin artırılması ve korunması işlemi için başka araştırmalara temel oluşturabilecek nitelikte sonuçlara ulaşılmış, bu sayede ileriye dönük planlamaların doğruluk ve etkinliğinin artırılması için veriler üretilmiştir. Ayrıca, elde edilen minimum veri setinin toprak kalitesinin zamansal değişkenliğinin izlenmesinde, mevcut ve potansiyel problemlerin belirlenmesinde, verimliliğin ve sürdürülebilirliğin devamı veya artırılmasında kullanılabileceği ortaya konmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Toprak Kalitesi Kavramı

Toprak kalitesi kavramı, 1990'lı yıllarda, erozyon kontrolüne yönelik faaliyetlerin sürdürülebilir arazi kullanımında yetersiz kalmasından ve sürdürülebilirliğe artan ilgiden dolayı geliştirilmiştir (Karlen ve ark., 2003). Toprak kalitesi terimini açıklayabilmek için toprağın sahip olduğu çoklu fonksiyonları bilmek ve tarımsal aktivite ile toprak kalitesi arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamak gerekir. Son yıllarda toprak kalitesi denilince toprağın bitkisel üretimdeki yeri ve çevre sağlığı açısından toprağın anlaşılmalıdır (Gil-Sotres ve ark., 2005). Toprak kalitesi konusunda günümüzde iki kavram vardır (Karlen ve ark., 1997). İlki toprağın sahip olduğu özelliklerinin fonksiyonu olarak kapasitesi, (Doran ve Parkin, 1994), ikincisi ise, kullanıma uygunluk kavramıdır (Pierce ve Larson, 1993; Acton ve Gregorich, 1995). Kapasite; toprağın oluşumunu belirleyen iklim, topografya, vejetasyon ve ana materyal gibi toprak yapan faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan kendi bünyesinde barındırdığı özellikleridir. Bu özellikler, toprak etütleri ile ölçülen ve tekstür, eğim, strüktür, renk gibi kavramlarla belirtilir. Kullanıma uygunluk ise, dinamik bir kavram olup insan aktivitesi ve yönetiminden etkilenen bir özelliktir. Bu kavram, çokça toprak sağlığı olarak da adlandırılmaktadır. Bu iki kavram arasındaki sınır tam olarak açık olmasa da toprak kalitesi; toprağın sahip olduğu özelliklerin bir fonksiyonu olarak tanımlanırken, toprak sağlığı ise bu kavramlara ek olarak toprakların sürdürülebilir bitkisel ve hayvansal üretimi, su ve hava kalitesini, insan ve hayvan sağlığını destekleyebilme açısından koruma ve geliştirme kabiliyeti olarak dikkate alınmaktadır.

Toprak kalitesi birçok araştırmacı tarafından tanımlanmıştır. Bu tanımlardan en çok kullanılanlardan bazıları şöyledir. Parr ve ark. (1992), toprak kalitesini, toprakların uzun vadede çevreye ve doğal kaynaklara zarar vermeden, insan ve hayvan sağlığını geliştirme, devamlı ve sürdürülebilir güvenli gıda maddeleri üretme yetenekleri olarak tanımlamışlardır. Arshad ve Coen (1992)'de benzer şekilde, toprak kalitesini korunan sağlıklı bir çevrede bitkisel üretimler için döngüdeki suyun, minerallerin ve enerjinin optimum seviyelerde depolandığının kabul edildiği bir toprağın sürdürülebilirlik kapasitesi olarak tanımlamışlardır. Doran ve Parkin (1994), belli ekosistem ve arazi kullanımı altındaki toprakların, çevresel kalitenin sürdürülmesi, bitki ve hayvan sağlığının korunmasındaki fonksiyonlarının bir göstergesi olarak tanımlamıştır. Karlen ve ark. (1997), ise toprak kalitesini, her bir toprak tipinin sahip olduğu özelliklerin

fonksiyonu olarak toprakların sürdürülebilir bitkisel ve hayvansal üretim yapma, insan ve çevre sağlığını geliştirme, su ve hava kalitesini artırma yetenekleri olarak belirtmişlerdir. Toprak kalitesi, toprağın sahip olduğu özellikler tarafından belirlenir. Örneğin; toprağın derinliği, toprağın tabii olarak sahip olduğu bir özelliktir ve kolayca değiştirilemez. Dinamik özelliklerin etkilediği toprak kalitesi ise toprağın kullanımına bağlı olarak değişir. Dolayısıyla, toprak kalitesi; agroklimatik faktörler, hidrojeoloji ve üretim tekniklerinin bir fonksiyonudur ve toprak derinliği, su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı, yarayışlı besin maddesi miktarı, organik madde miktarı, mikrobiyal kütle, karbon ve azot içeriği, toprak yapısı, infiltrasyon hızı, ürün verimi gibi birçok özellik tarafından belirlenir. Bu özellikler arasındaki korelasyon nedeni ile çok az özellik toprak kalitesi indikatörü olarak belirlenmiştir ve bugüne kadar yapılan çalışmalarda toprak kalitesinin seviyesini belirleme ve sayısal olarak ifade etme açısından yapılan çalışmalar yetersiz kalmıştır (Alexander ve McLaughlin, 1990; Arshad ve Coen, 1992; Hornsby ve Brown, 1992; Yang ve ark., 2010; Ayoubi ve ark., 2011; Askari ve Holden, 2014).

2.2. Toprak Kalitesi Nedir ve Gelişmekte olan Dünyada Niçin Önemlidir?

Tarihsel olarak toprak kalitesi, erozyon önleme ve besin yönetiminin verime göre kıyaslandığı bir fonksiyondur. Engelleyici önlemler ve mekanik bariyerler erozyonun önlenmesinde en seçkin yollardır. Besin yönetimi ise toprak laboratuvarları tarafından gerçekleştirilen kimyasal analizler genellikle pH, makro ve mikro besin ölçümünden ve ürüne özgü gereksinimlere bağlı olarak değerlendirmelerden oluşmaktaydı. Bu da verim artışı ile ölçülen besinlerin artan bir optimizasyonunun göstergesiydi. 1990'larda önemli hale gelen toprak kalitesi kavramı, toprağın, biyosferin önemli bir bileşeni olduğu konusundaki artan farkındalığı yansıtıyordu (Doran ve Jones, 1996).

Yirminci yüzyılın ortalarındaki başarılı yeşil devrim, başta pirinç ve buğday olmak üzere modern yüksek verimli çeşitler getirdi, ancak daha sonra gelişmekte olan dünyadaki diğer birçok temel mahsulüde içine katarak genişlemiştir (Eswaran ve ark., 1997; Lal, 2009). Baskın genlerin dahil edilmesi ve yeni yüksek verimli çeşitler girdi yoğunlaştırılmasının harmanlanabilir verimleri ve kişi başına kalori alımını önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür.

Ancak yeşil devrim istenmeyen bir sonuç doğurmuştur. Bu da yeni bir devrimi garanti eden doğal kaynakların yıkılması ve azalması ile sonuçlanmıştır. Yoğun tarım yapılmasının sonuçlarından sonra toprak kalitesinin günümüzde popüler olmasını teşvik etmiştir. İklim değişikliği veya diğer verim azaltıcı etkiler karşısında toprak kalitesinin oluşumunu destekleyen, tarımın yoğunlaştırılmasının etkilerini görmek ve izlemek için giderek daha fazla kabul görmektedir (Hobbs, 2007). Sanchez ve Swaminathan (2005) çiftçilerin verimliliğini artırma seçeneklerinden ilki olarak toprak sağlığının geri kazanılmasını önermektedir. Ayrıca, sağlıklı insanlar ile sağlıklı topraklar arasındaki önemli bir bağlantıya dikkat çekerek, bozulmuş bir toprak kaynağının daha geniş etkilerini göstermektedir. Birçok araştırmacı, üreticinin tarım ekosistemini baltaladığı ve küresel iklimi etkilediği için toprakların kalitesindeki bu hızlı düşüşü küresel bir tehdit olarak görmektedir (Lal, 1990).

Birçok sektör yaptıkları araştırmalarda, aktif olarak bu azalan ve kırılgan doğal kaynağa sürdürülebilir bir şekilde uygun ve bütünsel çözümler aramaktadır (Warkentin, 1995; Carter ve ark., 1997; Karlen ve ark., 2003). Bu yeni bir arayış değildir, çünkü yüzyıllardır araştırmacılar topraklara ait bir kalite sınıflandırması yapılması ayrıca kalitesi belirlenen toprakların etkin yönetim biçiminin belirlenmesi ve sürdürülebilirliklerinin devamı için, toprakların sınıflandırılmasının önemli bir ön koşul olduğunun üzerinde durmuşlardır. Tarih, toprak korumaya yaklaşımlarından dolayı ya gelişen ya da perişan olmuş toplumları belirtmektedir (Magdoff ve Van Es, 2000; Montgomery, 2012).

Toprak kalitesinin bu artan takdir ve anlayışı, tarımsal uygulamalar için önemli toprak faktörlerinin yanı sıra çok çeşitli tarımsal, sosyoekonomik ve coğrafi ortamlarda geçerli olan ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesini içerir. Bu faktörler, toprağın hem kullanım hem de insan yönetimi tarafından kısa bir süre içinde kolayca değiştirilebilen dinamik niteliklerini ve ana materyal, iklim, biyolojik canlı, topografya ve zaman da dahil olmak üzere, Jenny (1946) tarafından açıklanan doğal fiziksel özellikleri içerir. Toprağın karmaşıklığı ve sağlığı konusundaki bu artan anlayış, toprak kalitesini incelemeye ve yeniden tanımlamaya yönelik Amerika Toprak Bilimi Derneği (SSSA) gibi önde gelen kuruluşları yönlendirmiştir (Karlen ve ark., 1997; Wander ve Drinkwater, 2000). Tarihsel olarak toprak kalitesi kavramı, dar bitki besleyici ve erozyona odaklanmış açıklamadan (Andrews ve ark., 2004), toprak sisteminin fiziksel, biyolojik ve kimyasal özelliklerini içeren daha kapsamlı bir değerlendirmeye kadar ilerlemiştir. Ölçülebilir toprak kalitesi, insan sağlığı değerlendirmesine benzer (Larson

ve Pierce, 1991) ve doğrudan veya tekil bir ölçüm değildir. Toprak kalitesine benzer şekilde insan sağlığına yönelik bir değerlendirme, kan basıncı, vücut ısısı ve nabız hızı gibi kolayca ölçülen sistem fonksiyonları ile aşamalı olarak arttırılır. İnsanların ilk olarak ölçülen ve bu ölçümlere göre değerlendirilen bu göstergeler arttırılabilir. Ancak insan sağlığı konusunda oldukça bilgilendirici mesajlar veren bu dış göstergeler rutin daha ileri değerlendirmelerle arttırılabilir, oldukça bilgilendirici kan ve idrar kimyasalı; optimum anlayışa ve dolayısıyla optimal olarak uygun iyileştirmeye yol açar. Benzer şekilde, kantitatif bir toprak değerlendirmesi, toprak kalitesi kavramının faydasını arttırmakta ve aynı zamanda, toprak kalitesine katkıda bulunan toprak fonksiyonlarının daha iyi anlaşılması temelinde bozucu işlemlerin spesifik azaltma seçeneklerini genişletmektedir. Etkili bir iyileştirme işleminden önce, bozulmayı temel olarak anlamak gerekmektedir.

Tarihsel toprak besin miktarları ve dengesinin ötesinde bütüncül toprak kalitesi göstergeleri sağlayan ve toprak kalitesi değerlendirmesinde fiziksel, biyolojik ve kimyasal özellikleri içeren ve bu önemli dinamik ve doğal faktörleri ölçmek için tanısal testlere izin vermesi önemlidir (Doran ve Safley, 1997). Toprak kalitesinin uygun karakterizasyonunda bir diğer önemli faktör, araştırmanın laboratuvarından çiftçi uygulayıcısının ölçülebilir alanına taşınmasıydı. Artan teknolojik yetenek ve toprakların genel anlayışı, toprak kalitesi kavramlarının ve protokollerinin rafine edilmesiyle sonuçlanmıştır (Warkentin, 1995). Toprak kalitesinin değerlendirilmesinin öncelikli olarak protokol ve araştırma teşebbüsleri Doran ve Zeiss (2000) tarafından kontrol edilen bir araştırma kapsamında yönetim ve tarım sistemlerinin uzun vadeli etkilerini toprakta yaptığı etkileri anlamaya ve bu etkilerin nelere etki ettiğini anlamaya çalışan güvenilir çok disiplinli araştırmalara yol açmıştır (Wander ve Drinkwater, 2000).

Yapılan araştırmalar, öncelikle toprak verimliliğinin azaltılmasının nedenlerini temel toprak kalitesi süreci olarak belirlemeye odaklanmış olup, sürdürülebilir çözümlerin formülasyonlarını geliştirmeye çalışmışlardır. Sürdürülebilir toprak verimliliği, tarihsel besin arzı ve dengesinin ötesinde, ek olarak arazi sahipleri tarafından bu doğal kaynağın geliştirilmesine ve korunmasına tarımsal kaynağın yeniden canlandırılması ve sürdürülebilir yoğunlaşmanın önlenmesine yol açan ve arazi sahipleri tarafından ek faydalar içeren bütüncül çözümler sunmaktadır. Ölçülebilir toprak kalitesi protokolleri bu nedenle gelişmiş ekosistem hizmetlerine, azalan toprak erozyonuna, bozulmayı ve kirlenmeyi sınırlamaya katkıda bulunacaktır (Elliot, 1994; Harris ve ark., 1996; Burger ve Kelting, 1998).

Magdoff ve Van Es (2000); Gugino ve ark. (2009) tarafından listelenen sağlıklı toprakların uygunluk göstergeleri şunlardır:

- ✓ İnfiltrasyon, drenaj ve su tutma kapasitesini içeren su dinamikleri, besin, lif ve yem üretimi için besin tutma ve sağlayabilme yeteneği
- ✓ Topraktaki biyolojik çeşitlilik
- ✓ Bitki zararlılarının ve toprak patojenlerinin azaltılması
- ✓ Zararlı kimyasalların uzaklaştırılması
- ✓ Karbon tutulması

Toprakların izlenmesi ve sonuç yönetimini hedefleyen toprak kalitesi anlayışı, ilk olarak sanayileşmiş ülkelerin dikkatini çekmiştir (Karlen ve ark., 2003). Sanayileşmiş tarımsal sistemlerinde ve başlangıçta araştırma kurumlarının bu bütünsel sürdürülebilirlik endişeleri, gelişmekte olan dünya için aynı derecede önemlidir. Ne yazık ki, gelişmiş dünyanın artan toprak kalitesi bütünsel toprak kalitesi anlayışının aksine, gelişmekte olan dünyadaki temel çaba toprak kalitesinin ölçüsü olarak erozyonun ve besin arzının / dengesinin kontrolüne yönelik dar bir hedef olmaya devam ediyor. Gelişmekte olan ülkelerdeki sürdürülebilirlik eğilimlerini tartışan Sherwood ve Uphoff (2000), toprak erozyonunun önlenmesinde istenen etkiye sahip olabilecek etkili toprak sağlığı yönetimi uygulamalarından ziyade; toprak erozyonundan sonra kalan toprakların kimyasal verimliliğine odaklanmaya devam ettiği endişelidir. Özellikle, toprakların verimliliği, makro ve mikro besin (kimyasal) rezervlerine dayanan toprak verimliliğini, kireçleme, çiftlik gübresi, fosfor ve kükürtün verim sınırlayıcı besin dengesizliklerini azaltması gibi çözümleri içerir. Verimlilikteki bu düşüş, kısmen, su tutma kapasitesi veya besin döngüsü gibi temel dinamik toprak işlevleri üzerindeki zararlı antropojenik etkilerden kaynaklanabilir ve bunun da tarımsal topraklarda oluşan yorgunluktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, topraklarının düşük verimliliği; kaba doku, düşük su ve besin tutma kapasitesi, toprak pH'sı, yüksek gübre kullanımı ve besin eksiklikleri gibi doğal ve dinamik fiziksel, kimyasal ve biyolojik kısıtlamalara bağlanmaktadır.

Artan nüfus baskısı ve sınırlı arazi kullanılabilirliğinin bir sonucu olarak, gelişmekte olan dünya, sınırlayıcı ve sınırlı topraklarımızın sürdürülebilir ve bütünsel sağlığını geliştiren uygulamaları benimsemeye başlamıştır (Dumanski ve Pieri, 2000). Toprak kalitesinin bu çağdaş kapsayıcı ve doğru ölçümü, yönetimini de belirttiği için,

tarımsal arazi yöneticilerinin birincil kaynağının daha da bozulmasını önleyen etkin bir yönetimine yol açacaktır.

Önemli tanımlayıcılar olan “toprak sağlığı” ve “toprak kalitesi” kavramları; günümüzde eş anlamlı olarak kullanılmaktadır (Harris ve Bezdicek, 1994). Son zamanlarda toprak ile ilgili çalışmalarda “sağlık” teriminin çiftçiler tarafından, toprağın “kalite” terimi ise bilim adamları tarafından tercih edildiği öne sürülmüştür (Magdoff ve Van Es, 2000).

2.3. Toprak Kalitesi Göstergeleri ve Değerlendirme Kriterleri

Ekosistem ve toprakta işlev görmek ve optimum kapasiteyi sağlamak için toprak kalitesi indikatörlerini gösteren ana toprak fonksiyonları Tablo 2.1 'de gösterilmiştir (Magdoff ve Van Es, 2000; Gugino ve ark., 2009). Genel toprak sağlığı test için yapılan ve fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizler toplamda otuz dokuz toprak sağlığı göstergesi Tablo 2.2’de gösterilmiştir. Sınırlamaları azaltmak, üretkenliği sürdürmek, çevresel kaliteyi korumak ve bitki ve hayvan sağlığını teşvik etmek için toprak kalitesinin göstergeleri iyi yönetilemediğinde, toprak verimliliğinde kısıtlamalara neden olabilir (Tablo 2.3). Ek olarak, göstergelerin testleri, değerlendirilmesi ve sayısallaştırılması bilimsel olarak savunulabilir yüksek standartta değerlendirmelere dayanmalıdır (Lal, 1997). Bu bilimsel titizlik, toprak yönetimi uygulamalarının sürdürülebilirlik ve toprak kalitesi üzerindeki çok yönlü etkisinin belirlenmesinde zaman içindeki değişimi ölçmeyi ve değerlendirmeyi de mümkün kılacaktır (Karlen ve ark., 1997; Magdoff ve Van Es, 2000; Karlen ve ark., 2014). Değerlendirmelerin daha geniş çapta benimsenmesi ve uygulamasının teşvik edilmesi, araştırmacılar dışındaki kullanıcılar için nispeten kolay ve uygun fiyatlı, minimal altyapı gerektiren protokollerin sağlanmasıyla mümkün olacaktır (Moebius-Clune ve ark., 2011).

Tablo 2.1. Sağlıklı bir toprağın özellikleri ve tanımlayıcıları (Gugino ve ark., 2009)

Tanımlayıcılar	Sağlıklı Bir Toprağın Özellikleri
İyi Toprak	Toprağın fiziksel üretimine uygunluğu bağlamında genel fiziksel karakterini ifade eder.
Yeterli derinlik	Yeterli derinlik, köklerin büyüüp işlev görebileceği toprak profilinin kapsamını ifade eder. Sıkıştırma tabakası veya geçmiş erozyonun sonucu olarak sığ derinliğe sahip bir toprak, havadaki aşırı dalgalanmalara karşı daha hassastır, bu nedenle mahsulün kuraklığa veya su stresine maruz kalmasına neden olur.
Yeterli ancak aşırı miktarda besin kaynağı olmayan	Optimum bitki gelişimi için ve sistem içerisinde besinlerin dengeli bir şekilde dolaşımını sağlamak için yeterli ve erişilebilir bir besin kaynağı gereklidir. Aşırı besin maddeleri, sızıntı ve potansiyel yer altı suyu kirliliğine, yüksek besinsel akış ve sera gazı kayıplarının yanı sıra bitkilere ve mikrobiyal topluluklarda toksisiteye neden olabilir.
Bitki patojeni ve böcek zararlıları popülasyonunun az olması	Tarımsal üretim sistemlerinde, bitki patojenleri ve zararlıları hastalığa ve üründe hasara neden olabilir. Sağlıklı bir toprakta, bu organizmaların popülasyonu düşük ve/veya etkin değildir. Bitki patojenleri, hiper parazitizm için diğer toprak organizmalarının doğrudan etki etme sonucu ortaya çıkabilir. Ayrıca, sağlıklı bitkiler kendilerini (haşere bağışıklık sistemine benzer) çeşitli zararlılara karşı daha iyi savunabilirler.
İyi toprak drenajı	Aşırı bir yağmurdan sonra bile, sağlıklı bir toprak, iyi toprak yapısının ve farklı boyutlardaki gözenek alanlarının yeterli bir şekilde dağılmasının bir sonucu olarak daha hızlı tahliye olur, ancak aynı zamanda bitki alımı için yeterli suyu tutar.
Yararlı toprak mikroorganizmalarının geniş popülasyonu	Toprağın işleyişi için toprak mikropları önemlidir. Besin döngüsüne, organik maddenin ayrışmasına, toprak yapısının korunmasına, bitki zararlılarının biyolojik olarak bastırılmasına yardımcı olurlar. Sağlıklı bir toprak, bu işlevleri yerine getirmek ve böylece sağlıklı bir toprak statüsünün korunmasına yardımcı olmak için yüksek ve çeşitli faydalı organizma popülasyonlarına sahip olacaktır.
Yabancı ot baskısı	Yabancı ot baskısı, mahsul üretiminde önemli bir kısıtlamadır. Yabancı otlar, bitki büyümesi için gerekli olan su ve besin maddeleri ile rekabet eder. Yabancı otlar, bitkinin oluşumuna, hasat ve yetiştirme işlemlerine müdahale edebilir, güneş ışığını bloke edebilir ve patojen ve zararlılara neden olan hastalıkların başlamasına neden olabilir.
Ürüne zarar verebilecek kimyasal ve toksik madde içermeyen	Sağlıklı topraklar, zararlı kimyasallardan ve toksinlerden yoksundur ya da bu tür kimyasalları stabil organizma maddesi ve çeşitli mikrobiyal topluluklardaki zenginliği nedeniyle bitki alımı için kullanılamaz hale getirebilir ve/veya bağlayabilir.
Bozulmaya karşı dayanıklı	Sağlıklı ve iyi agregatlaşmış bir toprak, rüzgar ve yağmurdan kaynaklanan erozyon, aşırı yağış, aşırı kuraklık, araç sıkışması, vb. gibi olumsuz olaylara karşı daha dirençlidir.
Elverişsiz koşullar oluştuğunda esnek yapıya sahip olan	Toprak kısıtlamalarının planlanan rotasyonları kısıtlaması veya değiştirmesi durumunda, ıslak toprak koşullarında hasat etme gibi olumsuz bir olaydan sonra sağlıklı bir toprak daha hızlı toparlanacaktır.

Tablo 2.2. Toprak sağlığı testi için değerlendirilen otuz dokuz toprak sağlığı göstergesi (Gugino ve ark., 2009)

Fiziksel indikatörler	Biyolojik indikatörler	Kimyasal indikatörler
Hacim ağırlığı	Kök sağlığı değerı	pH
Makro porozite	Organik madde içeriği	Fosfor
Orta porozite	Yararlı nematod popülasyonu	Potasyum
Mikro porozite	Zararlı nematod popülasyonu	Magnezyum
Faydalı su kapasitesi	Potansiyel mineralize olabilir azot	Kalsiyum
Residual porozite	Partikül organik madde	Demir
Hidrolik geçirgenlik	Aktif karbon	Alüminyum
Kuru agregat büyüklüğü (<0.25 mm)	Yabancı ot varlığı	Mangan
Kuru agregat büyüklüğü ($0.25-2$ mm)	Toprak proteini	inko
Kuru agregat büyüklüğü ($2-8$ mm)		Bakır
Agregat stabilitesi ($0.25-2$ mm)		Azot
Agregat stabilitesi ($2-8$ mm)		Tuzluluk
Penetrasyon direnci ($0-20$ cm)		
Penetrasyon direnci ($20-40$ cm)		
İnfiltrasyon hızı		

Tablo 2.3. Genel toprak sağlığı test kaynağında tanımlanan toprak kalitesi için analizler (Gugino ve ark., 2009)

	<p>Agregat Stabilitesi: Toprak agregalarının ıslanđında ve yağmur damlaları çarparken ne kadar ayrılmaya karşı direnç gösterdiğinin bir lusudur. Bilinen bir ağırlık toprağı içeren 0.5 mm elek ile 2.0 mm arasında bir elek üzerinde sürekli yağmur yağan bir yağmur simülasyonu yağmurlama sistemi kullanılarak ölçülür. Kararsız agregatlar elek içinden geçer. Elek üzerinde kalan toprağın payı toplam agregat stabilite yüzdesini verir.</p>
Fiziksel	<p>Faydalı Su Kapasitesi: Bozulmuş bir toprak numunesinin bitki kullanımı için saklayabileceği su miktarını yansıtır. Tarla kapasitesinde depolanan su ile solma noktası arasındaki farktır ve basınç kapları kullanılarak ölçülür.</p> <p>Yüzey Sertliği (0-20 cm): Bir el penetrometresi kullanılarak belirlenen maksimum toprak yüzeyinin penetrasyon direncinin olarak bir ölçüsüdür.</p> <p>Yüzey Altı Sertliği (20-40 cm): 20 ila 40 cm derinlikteki toprakta bir el penetrometresi kullanarak karşılaşılan maksimum direncin olarak bir ölçüsüdür.</p>
Biyolojik	<p>Organik Madde: Bitkiler ve toprak faunası dahil canlı organizmalardan elde edilen herhangi bir materyaldir. Toplam toprak organik maddesi, iyi ayrışmış humus dahil hem canlı hem de l maddeden oluşur. OM yüzdesi, bir toprağın bir fırında yaklaşık 500°C'ye maruz kalmasından sonraki ağırlıktaki değişime bağlı olarak yanma kaybı ile belirlenir.</p> <p>Aktif Karbon: toprağın mikrobiyal topluluğu için bir karbon ve enerji kaynağı olarak kolayca bulunabilen toprak organik maddesinin fraksiyonunun bir ölçüsüdür. Aktif karbon, mahsul ve toprak yönetimindeki değişikliklere verilen ve genellikle toplam organik madde içeriğinden çok daha kısa sürede yanıt veren, toprak sağlığının bir “nc göstergesi” dir. Toprak numunesi potasyum permanganat (koyu renkli renkli) ile karıştırılır ve aktif karbonu okside ettiği için renk (absorbans) bir spektrofotometre kullanılarak ölçülür.</p>
	<p>Potansiyel Mineralize Olabilir Azot: yedi gün boyunca toprak mikrobik topluluğu tarafından organik bir formdan bitkide mevcut bir inorganik forma dönüştürülen (mineralize edilmiş) azot miktarıdır. Toprak biyolojik aktivitesinin bir ölçüsü ve bitki için hızla mevcut olan azot miktarının bir göstergesidir.</p> <p>Kök Sağlığı Derecelendirmesi: Fusarium, Pythium, Rhizoctonia ve Thielaviopsis gibi kök patojenlerin büyüklük, renk, doku ve semptomların yokluğu ve hasar ile gösterilen köklerin niteliğinin ve işlevinin bir ölçüsüdür. Alınan tohumlar, dört hafta boyunca sera içindeki toprak numunesinin bir kısmında büyütülür. Düşük oranlar (1 ila 3), sağlıklı kökleri gösterir, nk patojenler zararlı seviyede bulunmaz ve / veya topraktaki faydalı mikroorganizmalar tarafından bastırılır.</p>
Kimyasal	<p>Toprak Kimyasal Bileşimi: Standart bir toprak testi analiz paketi pH seviyesini, bitki besin maddelerini ve toksik elementleri ölçer. Ölçülen seviyeler yeterlilik ve fazlalık çerçevesinde yorumlanır.</p>

2.4. Toprak Kalitesinin Belirlenmesinde İndikatör Seçimi

Toprak kalitesini değişen miktarlarda etkileyen birçok özellik olduğundan ve bunların hepsini kullanmak mümkün olmadığından, toprak kalitesini belirlemek için kullanılacak indikatörlerin seçimi çok önemlidir. Bununla ilgili olarak Doran ve Jones (1996), toprak kalitesinin belirlenmesinde mümkün olduğunca az parametrenin kullanılmasını önermişlerdir. Bu parametreler arasında tekstür, kök derinliği, infiltrasyon oranı, hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi gibi fiziksel özellikler; pH, toplam karbon, tuzluluk, besin elementleri miktarları gibi kimyasal özellikler; mikrobiyal kütle, mineralize olabilir N, toprak solunumu gibi biyolojik özellikler bulunmaktadır. Genellikle fiziksel ve fiziko-kimyasal özellikler topraklar çok ağır bir değişime uğramadıkça önemli bir farklılık göstermezler (Filip, 2002). Halbuki biyolojik ve biyokimyasal parametreler, var olan herhangi bir bozulma durumunda çok zayıf değişmelere bile duyarlıdır. Bu nedenle, toprakların doğal özelliklerine bağlı olarak kapasiteleri veya çeşitli kullanımlara uygunlukları değerlendirilirken, fiziksel ve kimyasal özelliklerin yanında biyolojik ve biyokimyasal indikatörlerinde değerlendirilmesi gerekir (Klein ve ark., 1985; Nannipieri ve ark., 1990; Yakovchenko ve ark., 1996).

Toprak kalitesi ile ilgili yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde toprak kalite faktörü ve indikatörleri olarak kullanılan özellikler şunlardır. Toprağın fiziksel özelliklerinden; tekstür, kütle yoğunluk, su tutma, havalanma, sıkışma, hidrolik özellikler, agregasyon durumu, kıvam özellikleri, yüzey kabuklanması (Larson ve Pierce, 1991; Arshad ve Coen, 1992; Doran ve Parkin, 1994; Kay ve ark., 1996; Burger ve Kelting, 1998; Powers ve ark., 1998); kimyasal özelliklerinden; pH, tuz içeriği, toplam organik karbon, toplam azot, organik azot, çözünebilir karbon, mineral azot, toplam fosfor, ekstrakte edilebilir amonyum, nitrat, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, mikro elementler, kirletici elementler, katyon değişim kapasitesi (Doran ve Parkin, 1994; Larson ve Pierce, 1994; Reganold ve Palmer, 1995; Harris ve ark., 1996); biyolojik özelliklerinden; mikrobiyal karbon, mikrobiyal azot, toprak solunumu, biyolojik aktivite, enzim aktiviteleri, kök gelişimi, çimlenme ve çıkış oranları (Doran ve ark., 1994; Doran ve Parkin, 1994; Fauci ve Dick, 1994; Gregorich ve ark., 1994; Linden ve ark., 1994; Blair ve ark., 1995; Dick ve ark., 1996; Harris ve ark., 1996; Rice ve ark., 1996) ve genetik özelliklerden de; toprak rengi, strüktür tipi, genetik olarak oluşmuş geçirimsiz katmanın kalınlığı ve derinliği, A horizonunun kalınlığı, kireç birikme horizonunun derinliğinin kullanılabileceği bildirilmiştir (Doran ve Parkin, 1994; Brejda ve ark., 2000a; Brejda ve ark., 2000b; Qi ve ark., 2009).

Son 15-20 yılda ise gerek toprakların verimli kullanımı ve gerekse sürdürülebilirliğini belirlemede iki farklı yaklaşım yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır (Doran ve Parkin, 1994; Doran ve Jones, 1996; Wienhold ve ark., 2009). Bunlardan bir tanesi toprak özelliklerini kendi birimlerinden arındırarak, bu özelliklerin karşılığı olan skorlar oluşturulması ve bu skorların birleştirilmesi ile toprağın toplam kalite skorunun elde edilmesine dayanmaktadır (Gugino ve ark., 2009; Moebius-Clune ve ark., 2011). Bu yaklaşımda toplam toprak özelliklerinden elde edilen toprak kalitesi skor puanları, daha önceden belirlenmiş olan skor fonksiyonlarına göre değerlendirilmektedir. Bu tip skorlamalar da en önemli noktalardan bir tanesi, skorlamaların farklı alanlara uygulanması için mutlaka kabul gören analiz protokollerine uyulmasının gerekliliğidir. Bu skorlama ile toprağın mevcut durumu belirlenerek o anki verimlilik durumu ve kısıtları ortaya konulabilmektedir. Bu tür bir skorlamada değişkenin fazlalığı önemli bir dezavantaj olarak görülse de verimlilik açısından toprak bir bütün olarak değerlendirildiğinde son derece kullanışlı bilgiler üretilebilmektedir.

Ben-Hur ve ark. (1985), agregat stabilitesinin toprağın değişebilir sodyum yüzdesine bağlı olarak değişim gösterdiğini, özellikle de değişebilir sodyum yüzdesinin >5.2 olduğu durumlarda sodyumun agregatları oluşturan birincil parçacıklar arasında bulunan bağları zayıflattığı ve agregat stabilitesinin önemli ölçüde azaldığını, bu sebeple agregatların damlalarının çarpma etkisine maruz bırakıldıklarında kolayca dağıldıklarını ortaya koymuşlardır.

Parr ve ark. (1992), bir toprak kalite indeksinde toprak özellikleri, üretim potansiyelleri, çevresel faktörler, insan ve hayvan sağlığını etkileyen kriterler, erozyon hassasiyeti, biyolojik çeşitlilik, gıda güvenliği ve kalitesi, yönetim pratiklerine ait faktörlerin bulunması gerektiğini bildirmişlerdir. Ancak bu faktörlerden hangilerinin nasıl kullanılacağı ve bu faktörlerden hangilerinin toprak kalitesini belirlemede yeterli bir şekilde ölçülebileceği hala tartışma konusudur.

Brejda ve ark. (2000b), ABD’ de merkez ve güney platolarında bölgesel toprak kalite faktör ve indikatörlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada 20 özelliği analiz etmişler ve toprak kalite indikatörlerini ve bu indikatörlerden arazi kullanımına en hassas olanları belirlemede faktör analizi ile diskriminant analizi tekniklerini kullanmışlardır. Araştırmacılar toplam organik karbon ve toplam N’ un bölgesel ölçekte toprak kalitesinin belirlenmesinde en hassas faktörler olduğunu bildirmişlerdir.

Saviozzi ve ark. (2001), birbirine bitişik tarım, orman ve doğal çayır alanlarında toprak kalitesinin karşılaştırılması amacıyla yaptıkları çalışmada birçok biyolojik parametreyi incelemişlerdir. İşlenmemiş alanlarda doğal çayır alanlarının ormanlara göre daha yüksek

kalite parametrelerine sahip olduklarını, indekslerin yönetim pratiklerinden önemli ölçüde etkilendiğini ve enzim aktivitelerinin organik karbonla yakın ilişki gösterdiğini, ancak organik karbondan daha duyarlı olmadığını göstermişlerdir.

Andrews ve ark. (2002), Kuzey Kaliforniya’da sebze üretimi yapılan alanlarda toprak kalite indeksleme çalışmalarında, minimum veri set oluşturmada değişik metotları karşılaştırmışlardır. Bu amaçla veri azaltma yöntemleri olarak uzman görüşünü ve temel birleşenler analizini test etmişlerdir. Buna göre, farklı amenajmanlar altında çoklu regresyon analizine dayalı olarak minimum veri setinin oluşturulmasında, uzman görüşü ve temel birleşenler analizi arasında önemli farklılık bulunamamışlardır. İndikatörlerin dikkatli seçimi yapıldığı takdirde az sayıda özelliğin en iyi arazi yönetim türünü belirlemede basit-lineer olmayan skorlama indeksleri kullanıldığında yeterli sonuç verdiğini bildirmişlerdir.

Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı (MEDALUS) projesi kapsamında; MEDALUS Toprak Kalite İndeks parametreleri coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak Beypazarı topraklarına uygulanmış ve çalışma alanının toprak kalite indeksleri belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının toprak kalite indeks değerlerinin dağılımı sırasıyla %54.6’sı yüksek %31.9’u orta ve %13.5’i düşük olarak bulunmuştur. Typic Haploxerepts, Typic Xerohents, Typic Xerofluvents ve Fluventic Haploxerepts’ler de yüksek, Typic Calcixerepts ve Gypsic Haploxerepts’ler de orta ve Lithic Xerohents’ler de düşük toprak kalite indeksleri gözlemlendiği belirtilmiştir. Çalışmada, Toprak Kalite İndeksi parametresi olarak ana materyal özelliği, arazinin eğimi, toprak derinliği ve toprak tekstürü kullanılmıştır (Bayramin, 2003).

Ruf ve ark. (2003), toprak kalitesi değerlendirmede kullanılacak biyolojik bir sınıflama sistemi şeması üzerinde yaptıkları çalışmalar sonucunda toprak makro ve mezo faunasının belli bir alandaki topraklar için spesifik olduğunu ve toprakların biyolojik kalitelerinin değerlendirilmesinde kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Birkás ve ark. (2004), toprak işlemenin sıkışma, solucan ve diğer toprak kalite parametreleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada; toprak işlemenin üç yılda üst toprakta sıkışmaya neden olduğunu ve bu sıkışmanın beş yılda yüzeye ve derine doğru arttığını, solucan sayısının bozulmamış ve sıkışmamış toprakta yüksek olduğunu, dolayısıyla sadece gerekli miktarda toprak işlemenin toprak kalitesi, ürün yetiştiriciliği ve toprak muhafazası arasında bir uyum yaratacağını bildirmişlerdir.

Cambardella ve ark. (2004), Güneydoğu Iowa’da lős yığıntılar üzerinde oluşan toprakların kalite özellikleri üzerine toprak işlemenin etkilerini incelemişler ve konvansiyonel

yönteme göre toprağın çizgi şeklinde yırtılması ile işlenen alanlarda toprak kalitesinin daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Logsdon ve Karlen (2004), konvansiyonel ve toprak işlemez tarımın toprak kalite indikatörü olarak hacim ağırlığı üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, toprak işleme sistemi ve arazi pozisyonunun hacim ağırlığı üzerine önemli etkisinin olmadığını, dolayısıyla hacim ağırlığının çalışma alanlarında toprak kalite parametresi olarak kullanımının uygun olmadığını bildirmişlerdir.

Liebig ve ark. (2004), Kuzey Amerika'da büyük kuzey ovalarında toprak işleme ve ekim sisteminin toprak kalite indikatörlerine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada 0-7.5 cm deki toprak özelliklerine farklı yönetim pratiklerinin önemli etkiler yaptığını; devamlı bitkiyle kaplı ve sıfır toprak işlemenin bitki besin elementleri, erozyon ve toprak suyu üzerine konvansiyonel yöntemlere göre pozitif etki yaptığını bulmuşlar ve söz konusu alanda azaltılmış toprak işleme ve yoğun bitki örtülü üretim sisteminin toprak kalitesini geliştirebileceğini bildirmişlerdir.

Nael ve ark. (2004), İran'da arazi bozulmasına toprak kalite parametrelerinin tepkisi ve yersel dağılımı üzerine yaptıkları çalışmada korunmuş orman ve çayır alanlarında, işlenen topraklara göre daha yüksek kalite parametreleri tespit etmişlerdir.

Özbek (2004), sulamaya açılacak Aşağı Pasinler Ovasının 6103 ha'lık bölümünde yer alan toprakları, toprak kalite indeks parametreleri bakımından değerlendirmek ve gerekli toprak-su yönetim sistemlerinin seçimine ışık tutmak amacıyla, topraklarda ölçülebilen fiziksel ve kimyasal özellikleri ile görsel karakteristikleri dikkate alınarak kalite skor değerleri belirlemiştir. Aşağı Pasinler Ovası topraklarının kalite skor değerleri bakımından ikinci derecede önemli toprak kaynağına sahip olduğu; pH, organik madde ve temel bitki besin elementleri bakımından degrade olduğu; üst toprak derinliği, erozyon ve su tutma kapasitesi gibi parametreler bakımından düzeltilebilir veya bozulmuş olduğu; toprak tekstürü, drenaj ve taban suyu kalitesi gibi toprak kalite parametreleri bakımından ise kaliteli toprak kaynağına sahip olduklarını tespit etmiştir. Sonuç olarak toprakların kalitelerini belirlemek için seçilen toprak, su ve bitki özellikleri ile ilgili 17 farklı toprak kalite kriterlerinin tümü bir bütün halinde değerlendirilerek araştırma alanının 2.05'lik toprak kalite skoruna sahip olduğu bulunmuştur.

Masto ve ark. (2007), Hindistan'da uzun süre kimyasal ve çiftlik gübresi kullanımının, organik karbon, toprak kalitesi ve verim üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, kimyasal gübre ile çiftlik gübrelerinin birlikte uygulamasının suda çözünebilir C, mikrobiyal biomas C

ve N, dehidrojenaz ve alkalin fosfotaz gibi enzim aktivitelerini önemli ölçüde artırdığını bulmuşlardır.

Govaerts ve ark. (2006), Meksika’ da buğday ve mısır tarımı yapılan yüksek arazilerdeki toprakların kalitelerinin belirlenmesinde minimum veri seti yöntemini kullanmışlardır. Konvansiyonel tarım tekniklerinin uygulandığı alanlarda özellikle fiziksel bozulmaya bağlı olarak orta seviyede skorlar bulmuşlar, minimum veri seti ve ilgili araçlarının toprak kalitesinin değerlendirilmesinde ve izlenmesinde gerekli bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Günal ve Erşahin (2006), toprak biliminde toprağın doğal yapısını bozmadan, hızlı, güvenilir ve tekrarlanabilir analiz tekniklerinin geliştirilmesinin sürdürülebilir tarım için gerekli olan güncel veri tabanlarının vakit kaybedilmeden oluşturulması için gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Bu amaçla yaptıkları çalışmada, bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinden kolorimetre ile elde edilen sayısallaştırılmış renk parametrelerinin toprak özelliklerini tahmin etme yeteneklerini araştırmışlardır. Dört farklı toprak profilinden horizon esasına göre aldıkları yirmi dokuz toprak örneğinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri laboratuvarında belirleyerek her horizondan alınan bozulmuş ve bozulmamış (agregat halindeki) toprak örneklerinde kolorimetre yardımı ile renk okumaları yapılmışlardır. Renk okumalarında belirlenen L, a ve b renk parametreleri yardımı ile kroma, hue ve renk farklılıklarını hesaplanmışlardır. Buna göre, bozulmuş ve bozulmamış örneklerin renklerinin birbirlerinden istatistiksel olarak önemli derecede farklılık gösterdiğini bulmuşlardır. Bozulmamış ve bozulmuş örneklerde hesaplanan renk değerleri ile kroma ve dithionitle ekstrakte edilebilir Fe arasında sırasıyla; 0.58 ve 0.66 R² değerleri, renk farklılığı ile organik madde arasında 0.35 R² değeri bulmuşlar, ilişkilerin tümünde P<0.001 çıkmıştır.

Rezaei ve ark. (2006), İran’da mera alanlarında toprak kalitesinin değerlendirilmesinde minimum veri set kullanmışlar ve bitki değişkenliğinin toprak fiziksel özelliklerine kimyasal özelliklerinden daha hassas olduğunu bulmuşlardır.

Shukla ve ark. (2006), faktör analizi ile toprak kalitesinin değerlendirilmesine yönelik çalışmada, toprak agregasyonunun ve organik maddenin kalite belirlemede en baskın faktörler olduğunu saptamışlar ve özellikle organik maddenin çalıştıkları her iki derinlikte önemli ilişki vermesinden dolayı, toprak kalitesinin izlenmesinde önemli bir rol oynadığını ifade etmişlerdir.

Tiwari ve ark. (2006), tarafından yapılan bir çalışmada, Nepal Orta Dağı, Pokhare Khola havzasının toprak özellikleri, toprak besin rezervleri ve toprak kalitesi üzerine, arazi kullanımı ve ürün tiplerinin etkileri değerlendirilmiştir. Buna ek olarak (178 hane) çiftçilerin

toprak kalitesi ve verimlilik yönetimi algılarını anlamak için bir anket yapılmıştır. Bunun sonucunda; yağmurla beslenen terasların (Bari) arazi kullanımları arasında en yüksek besin rezervlerine ve en yüksek toprak kalitesi indeksine (SQI = 0.59) sahip olduğunu bulmuşlar, ardından sırasıyla ormanlar (SQI = 0.45) ve sulanan çeltik arazileri (Khet) (SQI = 0.23) yer almıştır. Araştırmacılar toprak kalitesini belirleyen en önemli indikatörün organik madde olduğunu, çiftçilerin toprak kalitesini değerlendirirken ürün miktarını ve karlılığını dikkate aldıklarını, toprak özelliklerinin kullanıldığı kalite değerlendirmelerinde ise topraktaki besin elementi miktarının göz önünde bulundurulduğunu ifade etmişlerdir.

Yemefack ve ark. (2006), değişken toprak işleme sistemlerinin bulunduğu alanlarda toprak dinamiklerinin karakterize edilmesinde minimum veri setinin geliştirilmesine yönelik yaptıkları çalışmada, minimum veri seti yönteminin toprak dinamiklerinin ve toprak kalite değerlendirmelerinde kullanılabilir bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Erkossa ve ark. (2007), Caffee Doonsa da 6 yıl boyunca dört farklı toprak işleme metodunun toprak kalitesi (SQ) üzerine etkilerini belirlemek için çalışmışlar ve SQ değerlendirilmesi için ise Soil Management Assessment Framework (SMAF) metodunu kullanmışlardır. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalite indikatörleri SMAF prosedürlerine göre seçilmiş ve skorlanmıştır. Analiz edilen indikatörler arasından mikrobiyal biokütle karbonu, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, toprak organik karbonu (Corg), pH, faydalı su kapasitesi ve yarıyıllı fosfor olmak üzere 7 indikatör minimum veri seti olarak seçilmiştir. Araştırmacılar arazi yönetimindeki değişikliklerin toprak kalitesine istatistiksel bir etkisinin olmadığını, toprak kalitesi üzerine arazi yönetim metodlarının performanslarını değerlendirmek için SMAF'ın sağlam bir araç olabileceğini, fakat toprak özelliklerine ve ürün sistemlerine göre bazı değişikliklerin yapılabileceğini vurgulamışlardır.

Li ve ark. (2007), Yangtze nehri deltası topraklarında arazi kullanımındaki değişimleri ve toprak özelliklerini kullanarak toprak kalitesinin belirlenmesinde minimum veri seti modelinin kullanılması üzerine yaptıkları çalışmada modelin tüm şartlarda toprak kalitesinin belirlenmesinde maksimum uygunluk gösterdiğini bildirmişlerdir.

Mairura ve ark. (2007), Orta Kenya'da bilimsel ve çiftçi yaklaşımlarına göre kalite indikatörlerinin birbiriyle uyumunu sağlamak için yaptıkları çalışmada 15 toprak özelliğini faktör analizine tabi tutmuşlar ve bunlardan 4 ana faktörün toprak kalitesinde değişkenliğin %68'ini açıkladığını saptamışlardır.

Zornoza ve ark. (2007), fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal özelliklere uyguladıkları çoklu regresyon analizi ile İspanya'da 4 farklı orman alanında toprak kalitesini incelemişler

ve toprak özellikleri ile kalite arasında 2 farklı regresyon modeli çıkartarak, çoklu regresyon analizinin toprak kalitesini belirlemede kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Idowu ve ark. (2008), toprak kalitesinin arazi, laboratuvar ve VNIR ile belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmada 39 potansiyel parametreyi incelemişler ve VNIR metodu ile bazı toprak kalite parametrelerinin kolay ve ucuz şekilde belirlenebileceğini ancak tüm özelliklerin yerini alamayacağını bildirmişlerdir.

Karlen ve ark. (2008), Iowa'da küçük havza ölçeğinde toprak kalitesini değerlendirdikleri çalışmada, toprak kalite indeksini hesaplamada SMAF yöntemini kullanmışlar, çalıştıkları alanların ortalama toprak kalite indeksini 100 üzerinden 87 olarak hesaplamışlardır. Araştırmacılar SMAF'ın yönetim pratik uygulamalara iyi cevap veren bir skorlama yöntemi olduğunu bildirmişlerdir.

Lu ve ark. (2008), toprak kalitesinin değerlendirilmesinde yeni bir istatistikî yöntem olan pozitif matriks faktörizasyon tekniği denemişler ve söz konusu faktörün toprak kalitesinin değerlendirilmesinde yeni çoklu değişken yaklaşımı olarak kullanılabileceğini önermişlerdir.

Sharma ve ark. (2008), yarı kurak tropikal bir bölgedeki Alfisol topraklarda, doğal yağışlarla yetiştiriciliğin yapıldığı alanda, uzun dönemde toprak yönetim tekniklerinin ve organik gübrelemenin toprak kalitesi üzerine etkilerini belirlemek için 21 adet indikatör verisi kullanarak çalışma yapmışlardır. Burada geleneksel ve azaltılmış toprak işleme yöntemlerinin toprak kalitesine etkisinin olmadığını; ancak, her iki toprak işleme yönteminde de kompost ve yeşil gübre uygulamalarının toprak kalitesini artırdığını bulmuşlardır.

Moreno ve ark. (2009), Güneybatı İspanya'da zeytin tarımı yapılan alanlarda uzun süreli toprak yönetiminin biyolojik toprak kalite indikatörleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Zeytin ve meyve bahçesi tarımı yapılan alanlarda bitki örtülü- örtüsüz, kimyasal kullanımının olduğu ve olmadığı alanlarda bakteri popülasyonu ve 6 enzim aktivitesini analiz etmişlerdir. Bitki kaplı alanlarda daha büyük bakteri bioması ve yaygınlığını bulmuşlar, herbisid kullanılan alanlarda mikrobiyal fonksiyonların azaldığını ancak diğer biyolojik parametrelerin etkilenmediğini ifade etmişlerdir.

Qi ve ark. (2009), Çinde Jionsgu şehrindeki tarım alanlarında toprak kalite indislerini değerlendirmişler ve bu amaçla entegre kalite indeksi, Nemeru kalite indeksi, toplam veri seti, minimum veri seti ve Delphu veri setini indikatör seçimi metotlarını kullanmışlardır. Regresyon analizleri sonucu entegre veri seti metodunun Nemeru Kalite İndeksinden daha iyi sonuç verdiğini; toplam veri seti yönteminin entegre indeksi ile en uygun korelasyon

gösterdiğini, ancak minimum veri seti yönteminin de söz konusu indeksle kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Marzaioli ve ark. (2010), Güney İtalya'da Akdeniz kıyısındaki alanlarda farklı arazi kullanım türlerinde toprak kalitesindeki değişimi belirledikleri çalışmada, sayısal kalite indeksi ve çoklu regresyon analizi olmak üzere iki farklı yaklaşım kullanmışlardır. Toprak kalitesinin belirlenmesinde kullanılacak toprak özelliklerinin saptanmasında, kümeleme analizi ve temel bileşenler analizi kullanarak belirledikleri minimum veri seti yöntemini kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre devamlı ürün yetiştiriciliği olan alanlarda çalifunda ve karışık orman alanlarına göre en düşük toprak kalite skorlarını elde etmişlerdir.

Rashidi ve ark. (2010), İran Varamin Bölgesinde bazı toprak kalite parametrelerini incelemişler ve yüksek skorlara sahip, pH, yarayırlı fosfor ve yarayırlı potasyumun en uygun kalite parametreleri olduğunu; inceledikleri bazı parametrelerin kalite indikatörü olarak kullanılamayacağını ve düşük skorlara sahip agregat stabilitesi, faydalı su içeriği ve organik madde miktarının uzun süreli toprak işleme sonucu toprakların bozulduğunun göstergesi olarak ortaya çıktığını bildirmişlerdir.

Yang ve ark. (2010), Kore'de organik tarım alanlarında toprak kalitesinin değerlendirilmesinde minimum veri seti yöntemini kullanarak yaptıkları çalışmada, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, pH, EC ve rutubet içeriğini diğer faktörler arasından toprak kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek parametreler olarak belirlemişlerdir.

Ayoubi ve ark. (2011), Kuzey İran'da yer alan Golestan şehrinde lösten oluşmuş dik eğimli arazilerde toprak kalitesi olarak kullanılabilecek özelliklerin faktör analizi ile belirlenmesi ve arazi kullanımındaki değişikliklerin toprak kalitesine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada 4 farklı kullanım altında yer alan arazilerden alınan topraklarda 14 toprak özelliğini analiz etmişlerdir. Ağırlıklı ortalama çap, suya dayanıklı agregat stabilitesi, organik madde ve toplam N'un kalite indikatörü olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, ormandan açılan ve tarım arazisi olarak kullanılan alanlarda toprak kalitesinin düştüğünü, yeniden ormanlaştırmanın ise toprak kalitesini artırdığını saptamışlardır.

Mojiri ve ark. (2011), İran'da eğim ve arazi kullanımındaki değişikliklerin toprak kalitesine etkisini araştırdıkları çalışmada uzun süre kültüre alınmış topraklarda organik karbon, organik madde, toplam azot, faydalı fosfor, mikrobiyal solunum ve ekstrakte edilebilir Fe miktarında düşme olduğunu bulmuşlardır.

Blecker ve ark. (2012), kurak ve yarı kurak bölgede vejetasyon gelişimini toprak kalite indisleriyle ilişkilendirmiş ve bu amaçla minimum veri seti ve temel bileşenler analizi

kullanmışlardır. Bu yöntemle elde edilen toprak kalite skorlarının madencilik gibi bitki örtüsünü bozan faaliyetlerin bulunduğu alanlarda yeniden bitkilendirme çalışmalarında kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Are ve ark. (2013), Nijerya'da yağmur ormanları ekolojisinde tahrip edilmiş ve yanmış alanlarda SMAF ve Multiple Variable Indicator Transform (MVIT) tekniklerini kullanarak toprak kalitesini değerlendirmişler ve her iki yöntemle de yanmanın toprak kalitesini %11.3 ile %24.8 arasında azalttığını bulmuşlardır.

Li ve ark. (2013), Çin'in subtropikal bölgelerinde toprak kalitesini belirlemek ve bir protokol oluşturmak için 114 çeltik tarlasından topladıkları örneklerde, fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ile verim arasında Pearson korelasyon analizi ve temel bileşenler analizi yaparak bölgede kalitenin belirlenmesinde kullanılacak indikatörleri saptamışlardır. Organik madde, faydalı N, elverişli fosfor, kolay alınabilir K ve kum içeriğini minimum veri seti olarak belirlemişler ve kalitedeki değişimin %77.9'unun bu faktörlere bağlı olarak belirlenebildiğini saptamışlardır.

Özgöz ve ark. (2013), toprak amenajman faaliyetlerinin toprak kalitesi üzerinde olumlu veya olumsuz etkilere sahip olabileceğini belirtmişler, uzun dönemdeki tarımsal faaliyetlerin toprak kalitesine olan etkilerinin ölçülmesinde agregat stabilitesi, hacim ağırlığı, toprak tekstürü, faydalı su kapasitesi, pH, elektriksel iletkenlik, organik madde ve yarayışlı fosforu kullanmışlardır. Bu amaçla, doğal çayır ve ona komşu üç farklı bitki rotasyonu altındaki tarım arazilerinden 0-15 cm ve 15-30 cm olmak üzere iki farklı derinlikten örneklemeler yapmışlardır. Buna göre, 0-15 cm ve 15-30 cm derinliklerde, tarım arazisi topraklarının kalite skorlarını sırasıyla; 71 ve 70, çayır arazisi topraklarının kalite skorlarını ise 73 ve 69 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, uygulanan 50 yıllık tarımsal faaliyetlerin toprak organik maddesinde önemli kayıplara neden olduğu, ancak toprak kalitesinde sürdürülebilirliği tehdit eden bir durum olmadığını vurgulamışlardır.

Riches ve ark. (2013), Avustralya'da bağcılık yapılan alanlarda toprak kalite indikatörü olarak toprak organik karbon, potansiyel mineralize olabilir azot ve mikrobiyal kütle gibi biyolojik özellikleri kullanmışlardır. Ancak, söz konusu alanlarda bu indikatörlerin asmanın yetişmesi ile ilgili toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin tam olarak açıklanmamasından dolayı bağcılıkta rutin kalite izlenmesinde kullanılmayacağını bildirmişlerdir.

Yao ve ark. (2013), Çin'in kuzey Jiangsu Eyaletindeki kıyı tarım alanında bireysel toprak kalitesi (SQ) göstergeleri üzerine arazi kullanımı ve farklı ürün rotasyon sistemlerinin etkisini fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler kullanarak araştırmışlar, toprak kalitesi

indeksi (SQI) modeli kullanılarak SQ üzerine rotasyon sistemlerinin etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla 0-10 cm derinlikten alınan topraklarda 17 adet indikatör özellik belirlenerek analiz edilmiş, yeraltı suyu özelliklerini belirlemek için 60 örnekleme bölgesinde incelemeler yapılarak temsil kabiliyeti dikkate alınan 10 adet toprak profili açılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ürün rotasyonunun toprak profil özelliklerine ve aynı zamanda toprak kalitesine önemli ölçüde etki ettiği saptanmıştır. Sonuç olarak, pamuk-arpa rotasyonu ile kıyaslandığında pirinç-kolza rotasyonunda toprakların daha yüksek organik madde içerdiği, pamuk-arpa rotasyonunun pirinç-kolza rotasyonundan daha yüksek SQI (0.523'ye karşı 0.422) sahip olduğu belirlenmiştir. Tüm rotasyon sisteminde SQ indikatörlerin en çok katkıya sodyum absorpsiyon oranı, elektriki iletkenlik ve taban suyu derinlik seviyesi parametreleri vermiştir. Sonuç olarak kıyı tarım alanlarında SQ, pamuk-arpa rotasyonunda çeltik-kolza rotasyonundan daha fazla etkilenmiş, minimum veri seti olarak; toprak organik karbon yoğunluğu, faydalı potasyum içeriği, hacim ağırlığı, taban suyunun seviyesi ve mineral kapsamı önerilmiştir.

Baridón ve Casas (2014), yaptıkları çalışmada Arjantin'in Formosa topraklarında tarımsal kültürdeki gelişmeye bağlı olarak ortaya çıkan arazi kullanımlarındaki değişikliğin toprak kalitesine etkilerini ve bu alanlarda toprak kalitesini tahmin etmek için kullanılacak parametreleri araştırmışlardır. Subtropikal Argiudolls ve Hapludolls toprak sınıfı üzerinde 25 yıl boyunca orman, tarım, meyve plantasyonu ve mera olarak kullanılan alanlardaki değişimler belirlenmiştir. Yapılan karşılaştırmalarda toprak özellikleri olarak pH, elektriksel iletkenlik, toplam organik karbon, parçacık halinde organik karbon, toplam azot, agregat stabilitesi, hidrolik iletkenlik, solunum, dehidrogenaz ve üreaz enzim aktivitesi özellikleri kullanılmıştır. Temel bileşenler analizi ve korelasyon analizi ile yapılan değerlendirme sonucunda toplam organik karbon, agregat stabilitesi ve dehidrogenaz aktivitesinin işlemeli tarımdan en çok etkilenen toprak özellikleri olduğu ve bunların tamamının organik madde ile ilgili olduğu belirtilmiştir.

D'Hose ve ark. (2014), patates, hayvan pancarı, silajlık mısır ve Brüksel lahanası ekimi yapılan alanlarda altı yıl süreyle çiftlik kompostu ilavesinin toprak kalitesine etkisini araştırmışlardır. Söz konusu uygulamanın toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek, özellikle toprak kalitesinde belirleyici faktörler olan toprağın toplam organik karbonunu ve azotunu artırarak toprak kalitesini yükselttiği gibi aynı zamanda ürün verimini de artırdığını rapor etmişlerdir.

Hazarika ve ark. (2014), Hindistan'daki subtropik iklim etkisi altında bulunan yerlerde, doğal yaprağını döken ormanlardan tropikal meyve bahçelerine kadar farklı arazi

kullanımlarında toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin nasıl değişeceğini araştırmışlardır. Buna göre doğal orman örtüsü altındaki topraklarla kıyaslandığında, meyve bahçesi olan alanlarda toprakların fiziksel özellikleri %12-31.3 arasında, kimyasal özellikler %8.8-61.5 arasında, solucan yoğunluğu %32-58.7 arasında, solucan kütlesi %43.6-68 arasında ve toprak enzim aktivitesi %8.8-54.1 arasında bir azalış gösterdiği belirtilmiştir. Meyve bahçesi arazilerinde hacim ağırlığı %12-14 arasında, faydalı P %104-296 arasında, DTPA-Fe içeriğinin ise %36.3-81.4 arasında önemli ölçüde arttığı bulunmuştur. Ayrıca toprak kalitesindeki değişkenliğin sırasıyla en fazla arazi kullanım değişkenliği, meyve bahçesi yaşı ve en az da meyve ağacı çeşidinden etkilendiği ifade edilmiştir. Meyve bahçelerinde Toprak Bozulma İndeksinin (SDI) %-35.3 ten-77.8'e değiştiği, bunun doğal orman örtüsü altındaki topraklarla kıyaslandığında toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri açısından önemli bir bozulma meydana geldiğini, meyve bahçesi yaşının artışına paralel olarak ($r=0.57^*$, $P<0.01$) toprak kalitesinin arttığını bulmuşlardır. SDI değerinin etkileyen en önemli faktör olan toprakların organik karbon içeriği ile solucan sayısı, toprak enzim aktivitesi ve pH arasında önemli pozitif korelasyonlar bulmuşlardır.

Karlen ve ark. (2014), beş farklı tarımsal deneme istasyonunda, çeşitli toprak kalite indikatörlerini kalite parametresi olarak değerlendirmişlerdir. Ayrıca toprak kalitesine gübre kullanımı, toprak işleme faaliyetleri ve ürün rotasyonunun etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar 10 adet indikatör kullanarak kalite skorlarını belirlemek için SMAF metodunu kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada toprak kalitesinin su havzaları bazında izlenmesinin mümkün olduğunu ve bunun toprak sağlığı ve muhafaza programlarının etkinliği için takip edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Liu ve ark. (2014), toprak verimliliği düşük olan Albik topraklarda, toprak kalitesinin belirlenmesi için yaptıkları çalışmada, (1) Albik topraklar için minimum veri seti oluşturulmuş, (2) toprak kalite indeksi kullanılarak toprakların kalite durumu değerlendirilmiş ve (3) ürün verimi üzerine kirecin etkisi değerlendirilmiştir. Yıllık ürün verimine dayanarak topraklar yüksek, orta ve düşük verimlilikte olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. 82 adet toprak örneği alınmış ve 26 adet fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametre analizi yapılmıştır. Temel bileşenler analizi ile toprak kalitesi üzerine en çok etki eden ve minimum veri setine giren özellikler olarak; organik madde (OM), toplam azot (TN), pH, dehidrogenaz ve arbuscular mikoriza miktarı saptanmıştır. Toprak kalitesi ile verimlilik sınıfları arasındaki korelasyon katsayısı sırasıyla; 0.76, 0.62 ve 0.50 olarak bulunmuştur. Yüksek verim gösteren arazilerde hacim ağırlığının düşük, pH, organik madde, toplam N, enzimatik ve mikrobiyolojik aktivitelerin yüksek olduğu; buna karşılık düşük verim alınan toprakların buna zıt özellikler

gösterdiğini belirtmişlerdir. pH, organik madde, toplam N'un bu alanlarda verimi kısıtlayan faktörler olarak ortaya çıktığını, ayrıca çalışılan tüm topraklarda K hariç, tüm elverişli P, Si, Zn'nin yeterli seviyelerde olduğunu, bu durumun planlayıcılar tarafından verimi kısıtlayan faktörlerin değerlendirilmesi sırasında göz önünde tutulması gerektiğini bildirmişlerdir.

Pulido Moncada ve ark. (2014), farklı coğrafik alanlarda, toprak kalitesi (SQ) ile ilişkili değişkenlik gösteren toprağın strüktür parametrelerini tanımlamak ve SQ değerlendirmesi için bir çerçeve oluşturmada ve toprağın yapısal özelliklerinin belirlenmesin de karar ağacı yönteminin potansiyel gücünü test etme amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bunun için görsel olarak değerlendirilebilen, toprak strüktürü ile ilgili doygun hidrolik iletkenlik (Ks) gibi toprak fiziksel özelliklerinin de tahmin edilmesini de sağlayabilecek SQ çerçevesinin karar aşamalarını test etmeye çalışmışlardır. Arazide görünür toprak özellikleri ile hacim ağırlığı (BD), hava kapasitesi, bitkiye faydalı su kapasitesi (PAWC), Ks, agregat stabilitesi (WSA), tane büyüklüğü dağılımı, toprak organik karbonu (SOC) ve katyon değişim kapasitesi (CEC) gibi sınırlı sayıdaki toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile SQ değerlendirilmiştir. Tropik bölgelerde Ks değeri SQ değerlemesinde en belirleyici özellik iken, WSA, SOC ve PAWC değerleri toprak kaliteleri arasındaki farkı açıklamada anahtar değişkenler olmuştur. Ilıman bölge topraklarında PAWC değeri algoritmik ağaç şeması yöntemiyle seçilen tek belirleyici faktör olur iken, SOC, kil ve CEC toplam veri setinden oluşturulan modelin ayırt edici değişkenleri olmuştur.

Mukherjee ve Lal (2014), Ohio'da üç farklı tarımsal araziden aldıkları 72 adet toprak örneğini kullanarak, üç farklı kalite indeks metodunu karşılaştırmışlardır. Burada basit katkı, ağırlıklı katkı ve temel bileşenler analizine dayalı istatistikî metotları kullanarak toprak kalitesini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar toprak kalitesinin arazi ve uygulamalara bağlı olarak değiştiğini, her üç yöntemle de kalitenin derinlikle önemli bir değişiklik göstermediğini ve temel bileşenler analizinin kullanıldığı yöntemin verim ile daha yüksek korelasyon gösterdiğini bulmuşlardır.

Paz-Kagan ve ark. (2014a), İsrail'de, kuzey Negev Çölü kıyılarında üç farklı arazi kullanım türünde (ağaçlandırma, geleneksel otlatma ve kırsal tarım) toprak kalitesini karşılaştırarak değerlendirmişlerdir. Bu amaçla fiziksel, biyolojik ve kimyasal olmak üzere 14 adet farklı toprak özelliği kullanılarak oluşturulan toprak kalite indeksinin SQI değişimi, 350–2500-nm aralığındaki spektral yansıma ölçümleri kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma topraklarının kum, silt ve kil yüzdeleri, NH₄ ve NO₃ içerikleri ve pH'sının çok iyi bir şekilde ($R^2 > 0.80$) tahmin edilebileceği, bakiye su, toprak organik maddesi, elektriki iletkenlik ve potasyum kapsamının iyi bir şekilde ($0.5 < R^2 < 0.80$) tahmin

edilebileceği, potansiyel aktif karbon, fosfor ve hidrolik iletkenliği zayıf tahmin edilebileceği ($R^2 < 0.5$) belirtilmiştir. Sonuç olarak toprak kalitesinin değerlendirilmesinde spektral yansıma ölçümünün hızlı ve güvenilir araç olarak potansiyele sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Paz-Kagan ve ark. (2014b), yarı kurak bir alanda yaptıkları çalışmayla toprak kalite indeksi (SQI) ve toprak üstü net vejetasyon üretkenliğini (ANPP) kullanarak ekosistemin arazi kullanımındaki değişikliğe tepkisini belirlemeye çalışmışlardır. Bunun için doğal haldeki arazilerden insan baskısı altındaki arazilere kadar farklı arazilerde ekosistemin tepkilerini ölçmüşlerdir. Bu araziler şu şekilde oluşturulmuştur: (1) otlatmadan doğal ekosisteme geçen, (2) doğal ekosistemden otlatmaya geçen, (3) kuru tarımdan doğal ekosisteme geçen ve (4) kuru tarımdan otlatmaya geçen. Araştırma topraklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinden 14 tanesi ölçülerek bunlardan SQI sayısal olarak elde edilirken, ANPP ise vejetasyon örneklemeinden çıkartılmıştır. Tüm geçişlerde SQI ve ANPP arasında güçlü ilişkiler olduğu bulunmuştur ($0.70 < R^2 < 0.85$; $P < 0.05$). Otlatmadan doğal ekosisteme geçişlerde hem SQI ve hem de ANPP değişkenlerinde bir artış şeklinde kendini gösterirken; tüm tarımsal sistemlerden daha az yoğunluktaki otlatma veya doğal sistemler gibi amenajman sistemlerine geçildiğinde hem SQI ve hem de ANPP değerlerinde değişiklik veya bir düşüş görülmediği belirtilmiştir.

Rahmanipour ve ark. (2014), tarım arazilerinde toprak kalite indeksinin değerlendirilmesi ile ilgili çalışmada iki farklı metodu kıyaslamışlardır. Bunun için, Birleştirilmiş Kalitesi İndeksi (IQI) ve Nemoro Kalitesi İndeksi (NQI) modellerini toplam veri seti (TDS) ve minimum veri setini (MDS) yöntemlerini kullanarak test etmişlerdir. Veri setleri, pH, elektriksel iletkenlik (EC), organik madde (OM), katyon değişim kapasitesi (CEC), $CaCO_3$ içeriği (TNV), kadmiyum (Cd), kobalt (Co), kurşun (Pb), krom (Cr) gibi ağır metal içeriği ve toprak erodibilite faktöründen (K) oluşan 10 toprak kalite indikatörünü içermektedir. Çalışmada MDS'e dahil olan göstergelerin seçiminde temel bileşenler analizi kullanılmıştır. Test edilen toprak kalite indekslerinin, toprak kalitesi üzerine arazi yönetim uygulamalarının etkilerini değerlendirmede uygun bulunmuştur. Yapılan karşılaştırma analizleri sonucunda, toprak kalitesini tahmin etmede IQI indeksi NQI indeksinden, TDS'in de MDS den daha yüksek uygunluk gösterdiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, IQI MDS yaklaşımının, toprak kalitesi üzerine arazi kullanım pratiklerinin etkisini ölçmede uygun bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Ray ve ark. (2014), Hindistan'da Indo-Gangetic Ovası'nda toprak ve arazi kalitesini belirlemek için yaptıkları çalışmada, toprak kalite indikatörlerinin veya minimum veri setinin oluşturulması amacıyla temel bileşenler analizini kullanmışlardır. Ovanın alt ve üst

kısımlarında farklı kalite değerleri buldukları gibi, üst toprakta daha dar aralıkta, alt toprakta ise daha geniş aralıkta değişen kalite skorları hesaplamışlardır. Arazi kalitesini çeltik tarımı altındaki topraklarının %17.49'unda düşük, %72.66'sında orta, %5.30'unda yüksek ve %1.68'inde ise çok yüksek, buğday tarımı altındaki topraklarının %7.44'ünde düşük, %70.21'inde orta, %19.24'ünde yüksek ve %3.12'sinde ise çok yüksek olarak bulmuşlardır. Temel bileşenler analizi sonucu hesaplanan toprak kalite indeksinin, 0-15 cm toprak derinliğinde, çalışma alanı topraklarının %11.88'inde düşük, %61.85'inde orta, %21.24'ünde yüksek ve %5.27'sinde ise çok yüksek olarak hesaplanmıştır.

Swanepoel ve ark. (2014), Güney Afrika'nın Cape Bölgesi'nde, çayır örtüsü altındaki mera alanlarında yaptıkları çalışmada, meranın sürdürülebilir kullanımını tehdit eden işaretler bulunduğu dikkat çekerek sürdürülebilirlik için toprak kalitesi yaklaşımını kullanmışlardır. Bunun için çayır örtüsü altındaki meradan toplanan 142 adet örnekte kalitenin sayısallaştırılması için toprakların çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini ölçmüşlerdir. Buna göre temel bileşenler analizini kullanarak en hassas indikatörlerden oluşan bir minimum veri seti oluşturmuşlardır. Bu indikatörlerden bir toprak kalite indeksi geliştirmek için doğrusal skorlama fonksiyonlarını kullanmışlardır. En hassas göstergelerin, büyükten küçüğe doğru; ekstrakte edilebilir P>çakıl içeriği>su tutma kapasitesi (WHC)>değiştirilebilir asitlik (EA)> toprak organik maddesi (SOM) = penetrasyon direnci (PR)> değiştirilebilir Mn olduğunu belirtmişlerdir. Toprak kalite indeksini, (SQI); $SQI=0.13 (PR)+0.16 (Çakıl)+0.15 (WHC)+0.14 (EA)+0.17 (P) + 0.12 (Mn) + 0.13 (SOM)$ denklemiyle hesaplamışlardır. Geliştirilen toprak kalite indeksinin Güney Afrika'nın Cape Bölgesi'ndeki mera alanları için uygun olduğunu, ayrıca benzer çayır örtüsü altındaki diğer meralar içinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Viana ve ark. (2014), Amazon Ormanlarının dünya için önemine rağmen toprak kalitesi hakkında çok az çalışma olduğunu belirttikleri araştırmalarında Brezilya Amazon Ormanları'nda 4 farklı restorasyon yapılmış alanda 13 adet toprak kalite indikatörünün doğruluklarını ve hassasiyetlerini belirlemişlerdir. Bu 4 farklı alan; bozulmuş (DEGR), 2 adet restorasyon yapılmış alan (REST1 ve REST2) ve bozulmamış orman (FORE) olarak belirlenmiştir. Bu 4 farklı alanın toprak kalitesi üzerine farklı etkileri bulunmuştur. Hacim ağırlığı, toplam azot ve değişebilir potasyumun önemli seviyede ($P<0.001$) toprak kalitesine en çok etki eden özellikler olduğunu, değişimin % 70 oranında bu üç özelliğe bağlı olarak ortaya çıktığını, toprak hacim ağırlığının DEGR> REST1>REST2>FORE sırasında azalma gösterdiğini, toprağın toplam azot değerinin ise FORE>REST1>REST2>DEGR şeklinde bir

sıralamaya sahip olduğunu, sonuçta restorasyona bağlı olarak daha düşük hacim ağırlığı ve daha yüksek N ve K içeriklerinin ortaya çıktığını ifade etmişlerdir.

Zdruli ve ark. (2014), taşların temizlenmesi ve ezilmesi ile ıslah edilen dokuz farklı alan ile iki doğal habitat alanında, taş temizlemenin toprak kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, ıslah çalışması yapılan alanlarda toprakların kalitesinde düşüş olduğunu saptamışlardır. Arazideki örtü değişikliğini takip eden 15 yılın sonunda, en önemli değişimin %57'lik azalma ile toprak organik maddesinde ve %32'lik azalma ile toplam azot içeriğinde olduğunu; toprak strüktürünün tarıma açılan yerlerde bozulmaya uğradığını; ancak doğal alanlardaki topraklarla kıyaslandığında toprak tekstüründeki değişikliğin önemsiz olduğu saptanmıştır.

Askari ve ark. (2015a), toprağın strüktürel kalitesinin belirlenmesinde maliyet ve zaman bakımından daha kolay olan görünür (VIS) ve yakın kızılötesi (NIR) spektroskopisi uygulama yönteminin kullanımındaki avantajları ortaya koymak için bir çalışma yürütmüşlerdir. İrlanda'da 20 şer adet tarım ve mera alanından alınan topraklarda, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalite özelliklerini belirlemek için toplamda 21 adet analiz yapmışlar, daha sonra görünür ve yakın kızılötesi spektrumlarla ölçümler yaparak, toprak kalitesi ile ilişkili göstergeleri tahmin etmek için modeller geliştirmişlerdir. Toprak organik karbonu, penetrasyon direnci, magnezyum içeriği, agregat büyüklüğü dağılımı ve karbon-azot oranı regresyon analizi ile minimum veri seti olarak belirlenmiştir. Toprak organik karbonu ile mükemmel tahmin modelleri ($R^2=0.94$), magnezyum içeriği ve karbon-azot oranı ile iyi bir tahmin modeli ($R^2=0.70$), agregat büyüklüğü dağılımı ve penetrasyon direnci ile daha düşük bir tahmin modeli ($R^2=0.64$) geliştirmişlerdir. Toprak spektrum ölçümleri ile toprak yapısal göstergelerinin tahmini için kabul edilebilir yüksek doğrulukta modeller üretilmiştir. Bu nedenle İrlanda'da ekilebilir ve mera alanlarında toprağın yapısal kalitesini belirlemek için pratik, hızlı, düşük maliyetle ve nicel bir yaklaşım olarak spektroskopik ve kemometrik tekniklerin bir arada kullanımının uygun olabileceğini bildirmişlerdir.

Askari ve ark. (2015b), mera arazilerinde toprak kalitesinin sayısallaştırılması için yaptıkları çalışmada 21 toprak özelliğini kullanarak doğrusal ve doğrusal olmayan fonksiyonlarla toprak özelliklerini skorlamışlardır. Kalite parametresi olarak seçilecek toprak özelliklerinin belirlenebilmesi için temel bileşenler analizi uygulanmış ve bunun sonucunda toprak organik maddesi, C-N oranı ve hacim ağırlığının minimum veri seti olarak kullanılabileceğini, çayır örtüsü altında kullanım yoğunluğu arttıkça toprak kalitesinin azaldığını bulmuşlardır.

Askari ve ark. (2015b), toprak kalitesinin belirlenmesi için daha hızlı ve nicel bir yöntem olan görünür (VIS) ve yakın (NIR) kızılötesi spektroskopi yöntemlerinin toprak kalitesinin tahmininde ve izlenmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu amaçla, işlenen ve mera arazilerinde spektral veriler ile toprak kalitesi ile toprak özellikleri arasında yüksek, orta ve düşük regresyonlu tahminler üretmişlerdir. Toprak kalite indikatörlerinin mera arazilerinde toplam organik karbon ve karbon azot oranından, işlenen arazilerde ise toplam azot, karbon azot oranı, ekstrakte edilebilir magnezyum ve agregat büyüklüğü dağılımından yüksek doğrulukta; mera arazilerinde hacim ağırlığından iyi bir şekilde, işlenen arazilerde penetrasyon direnci, toprak solunumu ve toprak hacim ağırlığından orta derecede tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir. Mera arazilerinde ve işlenen arazilerde toprak kalitesini yüksek doğrulukta ($R^2=0.92$ ve $R^2= 0.89$) tahmin etmişlerdir. Araştırmada toprak kalitesini yorumlamada geleneksel laboratuvar yöntemlerinden ziyade daha güvenilir ve ayırt edici özellik barındıran VIS-NIR spektroskopi yönteminin, toprak güvenliği, toprak sağlığı, toprak koruma ve toprak kalitesinin tahmini ve izlenmesinde uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Askari ve Holden (2015), mevcut toprak yönetim uygulamalarının etkilerini değerlendirmek ve sayısal toprak kalite indeksini belirlemek için yaptıkları çalışmada 20 adet ekilebilir alanda geleneksel veya minimum toprak işleme ile mono kültür veya ürün rotasyonunun uygulandığı alanlarda toprak kalitesi veri seti olarak 22 adet toprak özelliğini ölçmüştür. Temel bileşenler analizi ile toplam azot, karbon-azot oranı, magnezyum içeriği, agregat büyüklüğü dağılımı, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci ve toprak solunumunu minimum veri seti olarak belirlemişler, daha sonra söz konusu indikatörleri 4 farklı indekste, doğrusal veya doğrusal olmayan modellerle skorlamışlardır. Bağımsız değişkenlerin korelasyon katsayısı $R^2<0.7$ olarak bulunmuştur. Dört farklı toprak kalite indeksi önemli ölçüde farklılık göstermiştir ($P<0.05$). Çalışmada İrlanda topraklarının kalitesi üzerine ürün rotasyonu ile kombinasyon halinde minimum toprak işlemenin olumlu etki gösterdiğini, mono kültürün toprak kalitesine olumsuz tesir ettiğini saptamışlardır.

Benintende ve ark. (2015), üç farklı toprak ordosu üzerinde yürüttükleri çalışmada, toprak kalite indikatörleri olarak biyolojik değişkenlere örnekleme zamanının etkisini araştırmışlardır. Bunun için ilkbaharda ve sonbaharda 0-15 cm derinlikten, homojen alanlardan aldıkları toprak örneklerinde, mikrobiyal biomas C ve N (MBC, MBN), solunum (Resp), metabolik CO_2 (qCO_2), potansiyel N mineralizasyonu (PNM-AI), toprak organik C (TOC) ve toplam toprak N'u (TON) ölçümleri yapmışlardır. Çalışma alanı toprakları için seçilen toprak biyolojik özelliklerinin, ilkbahar ya da sonbahar örneklenmelerinde değişiklikler gösterdiğini bildirilmiştir. Genellikle ilkbahar örneklemeleri ile kıyaslandığında

biyolojik özelliklerin sonbaharda daha yüksek kararlılık gösterdiğini, bu nedenle çalışmada diskriminant analizi ile toprakları alt gruplara ayırmada sonbahar örneklemelerini kullandıklarını belirtmişlerdir. Burada TOC ve TON verilerinin yüksek hata oranı verdiğiinden diskriminant analizinde kullanımı uygun bulunmamış, bunların tersine düşük hata oranı veren PMN-AI, MBC ve MBN verileri kullanılarak topraklar beş farklı guruba ayrılmıştır. Bunlardan PMN- AI ve MBC beş toprak gurubunu ayırmada en etkili biyolojik özellikler olmuş, PMN- AI özellikle tarımsal amaçlar için toprakların ayrılmasında kullanılabilirliği ortaya konmuştur.

Nakajima ve ark. (2015), Ohio'da siltli tın tekstürdeki farklı yönetim altındaki topraklarda, toprak skorlama fonksiyonu kullanılarak toprak işleme ve drenaj sistemlerinin toprak kalitesi üzerine etkileri araştırmışlardır. Yüzey toprak işlemede 2 farklı yöntem belirlenmiştir. İşlemesiz tarım ve derin toprak işleme. Drenaj faktörü ise; drenaj olan ve drenajı olmayan şeklinde ikiye ayrılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda toprak kalitesini değerlendirmede ayırt edici özelliklerin doymuş hidrolik iletkenlik ve toprak organik karbon içeriği olduğu vurgulanmıştır. Toprak kalitesinin drenaj farklılığından etkilenmediği, ancak toprak kalite indeksinin mısır verimi ile yüksek korelasyon ($R = 0.62$, $P < 0.05$; $n = 12$) gösterdiği ortaya konmuştur. Toprak kalite indekslerinin tarımsal verimliliğin değerlendirilmesi için etkili ve kullanışlı bir araç olduğu belirtilmiştir.

Sánchez-Navarro ve ark. (2015), yarı kurak Akdeniz ekosistemindeki toprakların kalitesini belirlemek için uygun bir indeks geliştirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, sürdürülebilirlikle ilişkili olduğu düşünülen farklı fiziksel ve biyokimyasal toprak özelliklerini toprak kalite parametreleri olarak değerlendirmişlerdir. Bu amaçla toprakların tekstürleri, agregat stabilitesi, -33 ve -1500 kPa'daki su tutma kapasitesi, faydalı su, hacim ağırlığı, tane yoğunluğu, gözeneklilik, bitki örtüsü, organik karbon, azot, pH_w , pH_{KCl} , elektriksel iletkenlik, kation değişim kapasitesi, sodyum, potasyum, magnezyum, demir, bakır, mangan, çinko gibi besin elementlerinin faydalı konsantrasyonları ile dehidrogenaz aktivitesini ölçmüşlerdir. Temel bileşenler analizi ile kaliteye en çok etki eden özellikleri belirleyip minimum veri seti oluşturarak, toprak kalitesini belirlemişlerdir. Minimum veri seti içerisinde fiziksel özelliklerde gözeneklilik ve faydalı su kapasitesi; kimyasal özelliklerden organik karbon ve faydalı potasyum kapsamı en hassas özellikler olarak yer alırken; Cu, bitki örtüsü, kation değişim kapasitesi, pH_w , dehidrogenaz aktivitesi ve $CaCO_3$ içeriğinin de kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, belirlenen indeks ile topraktaki değişikliklerin erken belirlenmesi ve ayrıca bu şekilde insan etkilerini izlemenin mümkün olabileceğini bildirmişlerdir.

Ngo-Mbogba ve ark. (2015), Kamerun'un nemli tropikal orman bölgesinde yaptıkları bir çalışmada, 8 farklı arazi örtü-tipi altındaki toprakların özelliklerini ve toprak kalitesini değerlendirerek bunlar arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Toprak kalitesinin arazi kullanımdan önemli ölçüde etkilendiğini, bölgede toprak kalitesinin %85 oranında organik madde, elverişli fosfor, kalsiyum ve pH'ya bağlı olarak değiştiğini, toprak kalitesinin bitkisel atıkların yakılması ile oluşan külden bitki besin elementlerince zenginleşme şeklinde önemli ölçüde etkilendiğini bildirmişlerdir.

Sacco ve ark. (2015), geleneksel tarımdan organik tarıma geçişi değerlendirmek için, yeşil gübreleme ile ticari organik gübre kullanılan alan ile sığır gübresi uygulanan alanda, altı yıllık bir sürenin sonunda yapılan uygulamaların toprak kalitesi ve verime etkilerini incelemişlerdir. Buna göre organik tarımda geleneksel tarıma göre verimin daha düşük olduğunu, bunun nedenini ise organik maddenin mineralizasyon ile ortama daha az besin elementi sağlamasıyla ilişkilendirmişler, ayrıca kimyasal gübrelerin kullanıldığı konvansiyonel tarıma göre organik tarımda toprak kalitesinde herhangi önemli bir değişiklik olmadığını saptamışlardır.

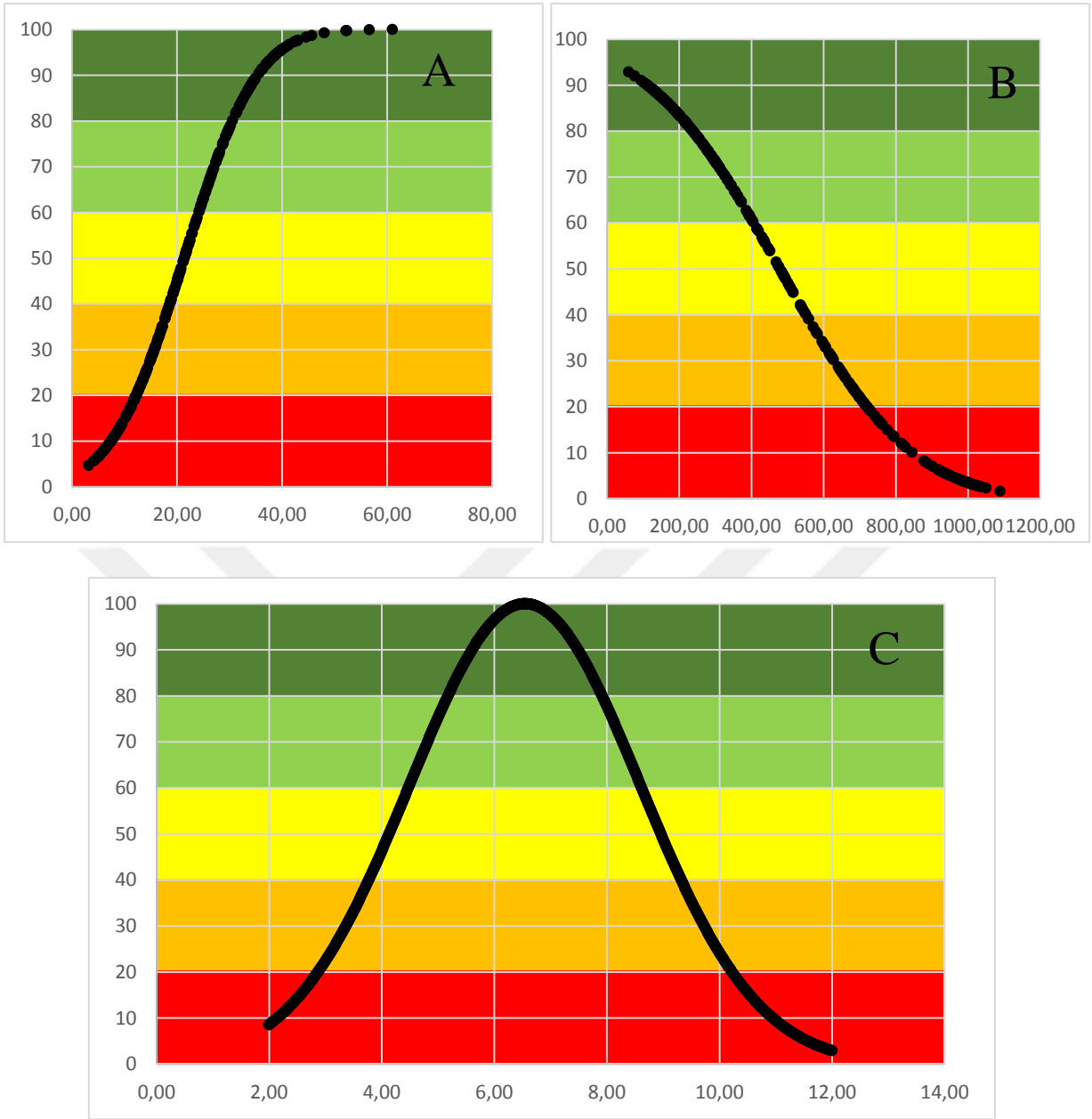
Singh ve ark. (2015), Hindistan'da New Ganj alüviyal topraklarında dengeli gübrelemenin Hint kenevirinde besin alımı, lif miktarı ve toprak kalitesi üzerine etkilerini belirlemek için yürüttükleri çalışmada farklı gübreleme programlarından sonra toprak kalitesini belirlemek için temel bileşenler analiz ile minimumun veri seti oluşturmuşlardır. Seçilen özellikler için lineer veya lineer olmayan skorlar belirleyerek toprak kalite indeksini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar dengeli gübrelemeye bağlı olarak toprak kalitesi ile kenevirin lif verimi arasında önemli pozitif ilişki bulmuşlardır.

Shirani ve ark. (2015), fiziksel toprak kalite parametrelerinin belirlenmesinin zor ve pahalı olması nedeniyle, daha kolay ve ucuz olarak belirlenebilecek özelliklerden diğer indikatörlerin tahmin edilebilmesi için melez bir algoritma geliştirmeye çalışmışlardır. İran Baft Ovası'nda yarı kurak bölgede tarımsal toprakların fiziksel kalitesini etkileyen en etkili parametreleri tespit etmek için bir algoritma oluşturmuşlar ve toprağın faydalı su potansiyeline etki eden özellikleri belirlemişlerdir. Bu amaçla karar ağaçları ve parçacık kümeleme optimizasyonu algoritmaları yöntemleri ile toprakların fiziksel kalite parametresi olarak, havalanma kapasitesi, bitkiye faydalı su kapasitesi, oransal tarla kapasitesi, toprakların organik madde, kil ve kum içeriklerini kullanarak tahmin etmişlerdir. Söz konusu model ile toprakların su ve havalanma kapasiteleri ile organik madde, kum ve kil fraksiyonları arasında sırasıyla; R^2 değerleri 0.91, 0.90 ve 0.96 olan yüksek ilişkiler bulmuşlardır. Geliştirdikleri algoritmanın toprak kalitesinin belirlenmesindeki toprak fiziksel parametrelerin tahmininde

kullanılabileceğini, ancak sonuçların başka alanlarda ve diğer toprak özellikleri için de test edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

2.5. Skorlama Fonksiyonlarına Genel Bakış

Toprak kalitesi puanlama fonksiyonları, kümülatif bir normal dağılım eğrisi kullanılarak değişen toprak sağlığı göstergelerinin yüksek hassasiyetli laboratuvar değerlendirmesinin, 1'in (100) yüksek iyi optimum sonuç ve 0'in düşük zayıf sonuç olmasıyla yüzde oranına dönüştürülmesine izin verir. Yüzdeler eşiklerin sıralamasına ek olarak, derecelendirmelere tanımlama kolaylığı için uygun bir nominal renk derecesi verilir; bunlar aşağıdaki gibidir, *Çok düşük* (skor <20, renk kırmızı), *Düşük* (> 20 <40, renk portakal), *Orta* (> 40 <60, sarı renk), *Yüksek* (> 60 <80, renk yeşil) ve *Çok yüksek* (> 80, renk koyu yeşil) Şekil 1. Puanlama işlevleri artan değer *daha iyi*, azalan değer *daha iyi* ve optimum alan şeklindedir. Örneğin, organik madde, aktif Karbon ve agregat stabilitesi gibi göstergelere daha iyi uygulanacağını gösterir; yüzey ve alt katman toprak sıkışması gibi göstergeler ve kök sağlığı değerlendirmesinde kök patojenlerinin belirtilmesi için daha azının uygulanması daha iyidir. Düşük veya yüksek pH değerinin genel olarak istenmediği pH gibi göstergeler için optimum seviyeler uygulanması gerekmektedir (Andrews ve ark., 2004; Schindelbeck ve ark., 2008; Gugino ve ark., 2009; Schindelbeck ve van Es, 2010; Moebius-Clune ve ark., 2011).



Şekil 2.1. Toprak özelliklerine göre değişen puanlama grafikleri. A: Arttıkça artan skor grafiği, B: Azaldıkça artan skor grafiği, C: Optimum grafiği.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

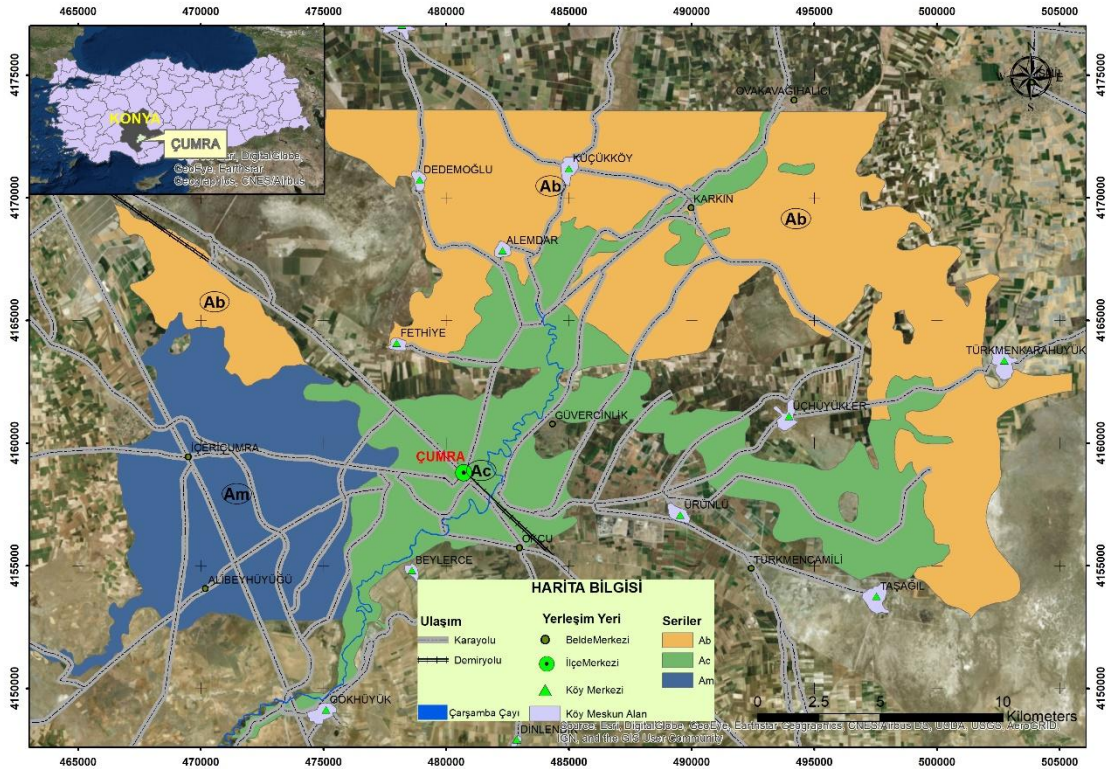
3.1.1. Araştırma yerinin genel özellikleri

Toprak kalitesi ile ilgili olarak yapılan bu çalışma, Büyük Konya Ovası içerisinde yer alan, yaklaşık 280.000 ha'lık bir alana sahip olan Çumra Ovası'nda, sulu tarım yapılan ve verimlilik potansiyeli yüksek olan Çumra serisi (7.000 ha) üzerinde yürütülmüştür (Şekil 3.1).

Araştırmanın yürütüldüğü alanın belirlenmesinde detaylı toprak etüt raporları ve haritaları (1:15.000) kullanılmıştır (De Meester, 1970). Çalışma alanı fizyografik olarak homojen, düz alüviyal ova yapısındadır. Seri ve faz seviyesinde hazırlanmış olan bu detaylı toprak haritasında çalışma alanının belirlenmesinde serilerin yaygınlık durumu, verim potansiyelleri ve toprakların oluştukları ana materyallerin özellikleri göz önünde bulundurulmuştur.

Buna göre; Çumra Ovası'nda araştırmanın yapıldığı toprak serisinin özellikleri şunlardır:

Çumra serisi (Ac): Çarşamba nehri alüviyal yelpazesi toprakları, alüviyal ana materyal üzerinde oluşmuş, derin kil tekstürlü topraklardır. Alanı yaklaşık 7000 ha olup, sulu tarım yapılan Çumra ovasının %10'unu temsil etmekte ve deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1011 m'dir. Serideki bazı alanlarda drenaj ve toplulaştırma çalışması bulunmaktadır.



Şekil 3.1. Çumra ovası yer buldur haritası

Çumra Ovasında yetiştirilen bitki deseni çok çeşitlilik göstermektedir. Sulu tarıma geçilmeden önce ve halen sulamanın yapılamadığı alanlarda yağışın yetersiz olması nedeniyle buğday-nadas sistemi uygulanmakta, bazı alanlarda nadas yılında kavun ve nohut ekimi de yapılmaktadır. Sulu tarım yapılan alanlarda ise yaklaşık altmış yıldır şeker pancarının ana bitki olarak ekildiği üçlü veya dörtlü ekim nöbeti sistemi uygulanmaktadır. Bu ekim nöbetinde yer alan ikinci bitki ise buğdaydır. Bunun dışındaki bitkilerin ekimi ise daha çok çiftçi tercihlerine göre değişmektedir. Bunlar duruma göre arpa, fasulye, kavun, karpuz, silajlık mısır, domates, patlıcan, biber, havuç, kabak, ayçiçeği vb. bitkiler şeklinde olmaktadır. Son on yılda ise dane mısır yetiştiriciliği de ekim nöbeti içerisinde yer almaktadır. Bölgede uygulanan ekim nöbeti içerisinde yaygın olarak buğday hasadından sonra şeker pancarı yetiştiriciliği yer almaktadır. Bölgede dörtlü ekim nöbeti uygulanarak aynı araziye 4 yılda bir şeker pancarı ekilmekte, ayrıca şeker pancarı hasadından sonra tekrar buğday yetiştiriciliği de yapılabilmektedir. Buğday tarımında toprak bir defa pullukla işlenmekte, sonra kazayağı ve tırmık çekilerek tohum yatağı hazırlanmakta ve sonra ekim yapılmaktadır. Ekim sonrası gübreleme ve ilaçlama için iki defa daha araziye girilmektedir. Gübrelemede $12-15 \text{ kg da}^{-1}$ saf azot (üç parça halinde), $5-8 \text{ kg da}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ ve $4-5 \text{ kg da}^{-1}$

K₂O uygulanmaktadır. Şeker pancarı tarımında ise bir defa diskaro çekilmekte, bir ya da iki defa pullukla toprak işlenmekte, daha sonra ilkbaharda kombikürümlerin çekilmesinden sonra ekim yapılmaktadır. Zaman zaman tohum yatağı merdane ile de sıkıştırılmaktadır. Ekim sonrası iki defa makinalı ara çapa, bir ya da iki defa ise el çapası yapılmakta, daha sonra iki, ya da üç defa gübreleme ve ilaçlama için araziye girilmektedir. Gübrelemede 15-20 kg da⁻¹ saf azot (üç parça halinde), 8-10 kg da⁻¹ P₂O₅ ve 6-8 kg da⁻¹ K₂O uygulanmaktadır. Yoğun toprak işlemeye dayanan bu sistemde topraklarda önemli seviyelerde bozulmalar görülmektedir (Şeker ve Karakaplan, 1999).

3.1.2. Araştırma yerinin iklim özellikleri

Büyük Konya Ovasının iklim özellikleri, yazları sıcak ve kurak; kışları, soğuk ve kar yağışlıdır. Çalışma bölgesinde, uzun yıllar ortalamasına göre, en yüksek sıcaklık Temmuz ayında (39.9°C), en düşük sıcaklık Şubat ayında (-26.3°C) ölçülmüştür. Ortalama nispi nem %64, ortalama yağış toplam 297 mm, yıllık ortalama buharlaşma ise 1000 mm'dir. Çalışmanın yapıldığı alan olan Çumra yöresinde 2013 yılının iklimsel verilerine göre, en yüksek sıcaklık Haziran ve Eylül aylarında (34.9°C) ölçülürken, en düşük sıcaklık Aralık ayında (-14.40°C) ölçülmüştür. Ortalama nispi nem % 55, ortalama yağış toplam 204 mm'dir. Çalışma alanında, 2014 yılının iklimsel verilerine göre, en yüksek sıcaklık Temmuz ayında (37.6°C) ölçülürken, en düşük sıcaklık Şubat ayında (-7.7°C) ölçülmüştür. Ortalama nispi nem % 57 ve ortalama yağış toplam 408 mm'dir. Çumra Ovası'nın uzun yıllara göre ortalama iklim değerleri Tablo 3.1.'de, çalışmanın yapıldığı 2013 ve 2014 yıllarına ait iklim değerleri Tablo 3.2. ve tablo 3.3.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Çumra Meteoroloji İstasyonu'nun (1971-2014) yılları arası aylık iklim verileri (MGM, 2019)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Maksimum Sıcaklık (°C)	Minimum Sıcaklık (°C)	Nispi Nem (%)	Yağış (mm)	Rüzgar Hızı (m s ⁻¹)	Buharlaşma (mm)
1.	-0.2	19.0	-23.7	76.6	33.8	1.0	*
2.	1.3	21.1	-26.3	71.9	27.2	1.2	*
3.	5.8	28.2	-18.6	63.8	28.9	1.3	*
4.	11.2	31.5	-9.7	59.0	37.2	1.2	48.4
5.	15.8	33.8	-1.2	57.9	33.9	1.0	126.2
6.	20.0	37.3	3.9	53.1	18.5	1.1	174.0
7.	23.0	39.9	7.1	48.7	4.8	1.2	219.7
8.	22.3	39.2	4.8	49.6	3.4	0.9	206.2
9.	18.0	39.3	-0.4	53.0	7.9	0.8	144.2
10.	12.1	31.8	-6.3	63.6	28.7	0.7	71.5
11.	5.9	25.0	-18.2	71.6	31.5	0.8	6.4
12.	1.6	22.1	-21.8	76.9	41.0	0.9	*
Ortalama	11.40	30.68	9.20	62.98	24.73	1.01	996.60

* Ölçüm yapılmamıştır

Tablo 3.2. Çumra Meteoroloji İstasyonu'nun 2013 yılına ait aylık iklim verileri (MGM, 2019)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Maksimum Sıcaklık (°C)	Minimum Sıcaklık (°C)	Nispi Nem (%)	Yağış (mm)	Rüzgar Hızı (m s ⁻¹)	Buharlaşma (mm)
1.	2.2	15.3	-13.5	78.8	13.4	2.1	*
2.	5.1	19.2	-6.3	70.9	26.4	1.6	*
3.	7.9	24.6	-6.2	55.2	14.8	2.0	*
4.	12.0	28.3	3.0	58.7	61.2	1.6	*
5.	18.8	31.7	7.2	45.8	12.8	1.5	*
6.	21.4	34.9	9.0	39.5	13.0	1.8	*
7.	22.8	34.4	10.6	38.3	4.6	2.1	*
8.	22.6	33.9	12.5	37.0	0.2	1.8	*
9.	18.1	34.9	4.8	41.7	0.2	1.5	*
10.	10.0	30.1	-2.0	52.6	19.4	1.8	*
11.	7.8	22.4	-2.5	65.4	20.6	1.0	*
12.	-2.3	15.4	-14.4	81.0	17.4	1.4	*
Ortalama	12.20	27.09	0.18	55.41	17.0	1.68	*

* Ölçüm yapılmamıştır

Tablo 3.3. Çumra Meteoroloji İstasyonu'nun 2014 yılına ait aylık iklim verileri (MGM, 2019)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Maksimum Sıcaklık (°C)	Minimum Sıcaklık (°C)	Nispi Nem (%)	Yağış (mm)	Rüzgar Hızı (m s ⁻¹)	Buharlaşma (mm)
1.	2.8	19.0	-6.7	80.3	98.4	1.3	*
2.	5.2	20.8	-7.7	60.1	7.6	1.4	*
3.	7.9	22.7	-6.4	56.5	17.8	2.2	*
4.	13.6	29.3	-2.1	45.4	12.2	1.6	*
5.	16.8	29.8	5.8	49.7	32.6	1.8	*
6.	20.3	35.7	10.1	47.7	26.0	1.7	*
7.	25.0	37.6	13.4	36.6	0.	1.7	*
8.	24.9	36.5	13.9	38.4	3.2	1.6	*
9.	18.7	33.7	5.4	54.4	40.4	1.6	*
10.	12.6	25.4	-0.2	65.6	74.4	1.5	*
11.	5.6	21.5	-7.0	72.0	65.8	1.5	*
12.	5.6	15.5	-5.1	79.3	29.8	1.9	*
Ortalama	13.24	27.29	1.09	57.17	34.01	1.65	*

* Ölçüm yapılmamıştır

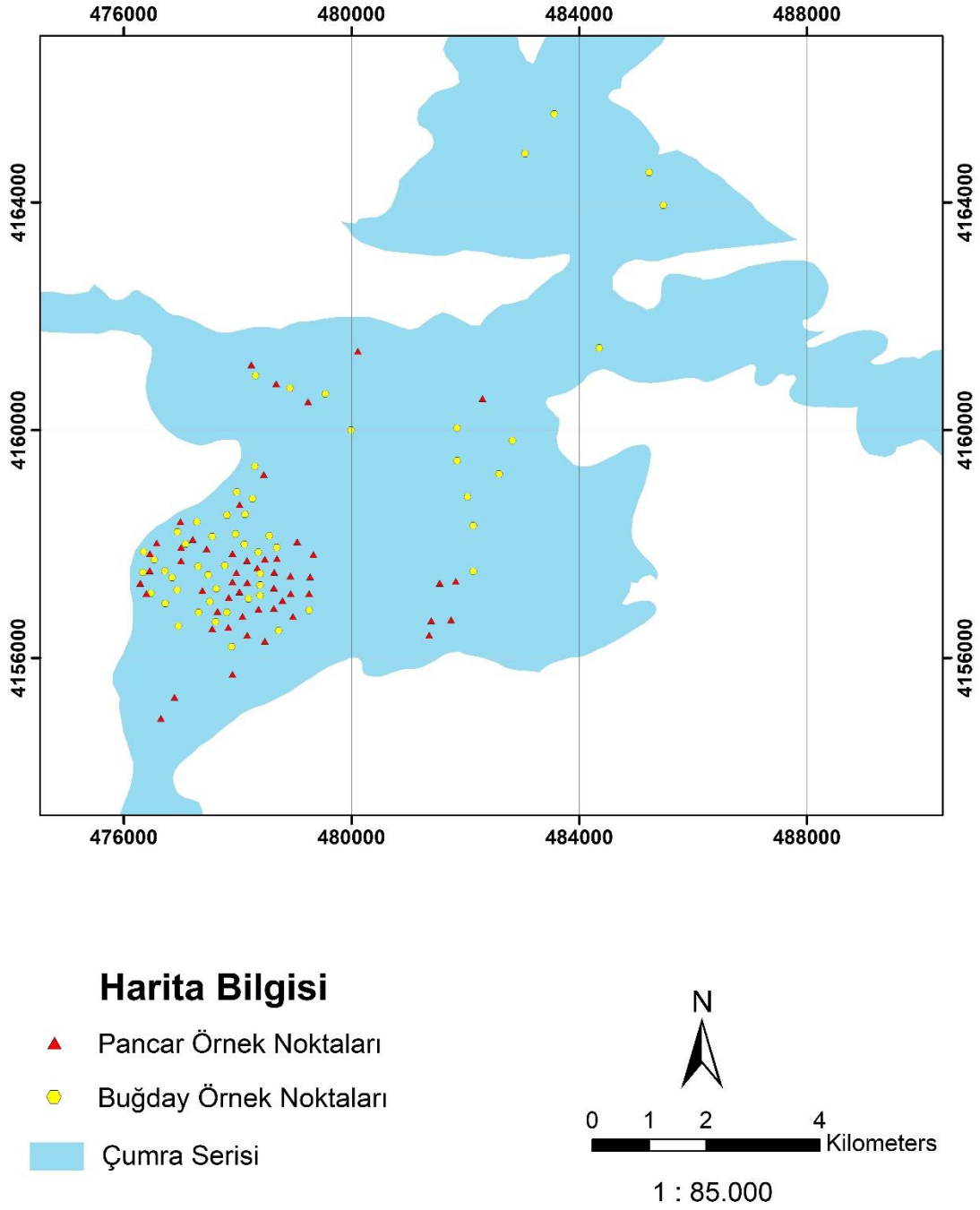
3.2. Yöntem

3.2.1. Örnekleme modeli ve şekli

Ölçüm ve örnekleme yapılacak olan arazilerin belirlenmesi için, serinin koordinatlı haritası oluşturulmuş olup, 2013-2014 yıllarında buğday ekilen alanların belirlenmesi için Mart ayı içerisinde, şeker pancarı ekilen alanların belirlenmesi için ise Mayıs ayı içerisinde arazi gözlemleri yapılarak seriler içerisinde kalacak şekilde belirlenmiştir. Buna göre, 2013-2014 yılında buğday ekili alanlardan, seride toplam 54 parselde örnekleme ve ölçümler yapılırken; 2013-2014 yılında şeker pancarı ekili alanlarda da yine seride toplam 54 parselde örnekleme ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Aynı şekilde, 2013 ve 2014 yıllarında, buğday ve şeker pancarı ekili alanlardan, seride toplam 108 parselde örnekleme ve ölçümler yapılmıştır. Bölgede uygulanan ekim nöbetinde şeker pancarı esas alınmakta, şeker pancarı ekim alanı büyük ölçüde belirli bir bölgede yer alan farklı tarlaların kümelenmesi ile oluşturulmaktadır. Bir sonraki yıl bölge içinde değişiklik yapılarak başka lokasyon şeker pancarı bölgesi olarak seçilmektedir. Bu işlemler, PANKO Birlik bünyesinde yer alan, ilgili bölgelerdeki Pancar Kooperatifleri tarafından düzenlenmektedir. Bu durum 1. yıl yapılacak örneklemede, örnek noktalarının serinin tamamını yansıtmada yetersiz kalma ihtimalini ortaya çıkarmaktadır. Bunu önlemek için iki yılda yapılan örnekleme ile serinin farklı lokasyonları örneklemeye dâhil edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla iki yıl süre, iki farklı bitki (şeker pancarı ve buğday ekili alanlar) için 108 adet örnekleme noktasından toprak örnekleri alınarak gerekli parametreler belirlenmiştir (Şekil 3.2).

Örneklemenin yapılacağı her bir parselin, farklı noktalarından olmak üzere 0-20 ve 20-40 cm derinlikten bozulmuş örnekler toprakçı küreği yardımıyla, V şeklinde açılan çukurlardan, tüm derinlikten aynı kalınlıkta olacak şekilde alınarak her bir derinlik için ayrı ayrı karışık örnekler oluşturulmuştur. Yüzeyden, 0-20 cm derinlikten alınan karışık örnekler kendi içinde üç adet yaklaşık birer litrelik alt örneklere ayrılmıştır (Karlen ve ark., 2003; Gugino ve ark., 2009). Bu alt örneklerden birisi laboratuvarda kurutulup 2 mm 'lik elekten geçirilerek kimyasal ve bazı fiziksel analizlerde ile renk tayininde kullanılmış, ikincisi biyolojik analizler için soğutucuda saklanarak biyolojik analizlerde kullanılmış, üçüncüsü ise agregat stabilitesi tayini kullanılmak üzere uygun kaplar içerisinde laboratuvara taşınarak, ezme ve eleme işlemi yapılmadan hava-kurusu olarak saklanmıştır. Alt katmandan 20-40 cm derinlikten alınan örneklerde tekstür, kireç tayini ve renk okuması yapılmıştır.

Penetrasyon direnci ölçümleri her bir örnekleme alanında, 0-40 cm derinlikte 108 noktada 5 tekerrürlü olarak toplam 540 noktada yapılmıştır. Ayrıca ölçüm derinliğinden nem tayini için de örnekler alınmıştır. Örnekleme noktalarından, yüzeydeki gevşek toprak ve bitki artıkları temizlendikten sonra, yaklaşık 5-10 cm derinlikten dört adet 100 cm³ lük silindirlerle bozulmamış örnekler alınarak hacim ağırlığı tayini yapılmıştır. Bu şekilde 108 noktadan 4 tekerrürlü olarak toplam 432 bozulmamış örnek alınmıştır. Toprakların penetrasyon ölçümlerinde ve bozulmamış örneklerin alınmasında toprak nemi son derece önemlidir. Toprak çok ıslak olduğunda penetrasyon hassasiyeti azalmakta, çok kuru olduğunda ise ölçüm yapılamamaktadır. Örnekleme zamanında nemin uygun olması için penetrasyon ölçümleri ve bozulmamış örneklerin alınması; buğday ekili alanlarda Nisan ve Mayıs aylarında, şeker pancarı ekili alanlarda ise bitkinin gelişme dönemi içerisinde, sulama zamanında Temmuz ve Ağustos aylarında toprak neminin ölçüm ve örnekleme için uygun olduğu zamanlarda yapılmıştır.



Şekil 3.2. Çumra serisi 2013-2014 yılı buğday ve şeker pancarı ekilen alanlardaki örnekleme noktaları

3.2.2. Yapılan analizler ve metotları

3.2.2.1. Fiziksel analiz metotları

Tekstür tayini: Arazilerden alınan toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra bouyoucos hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Gee ve Bauder, 1986).

Hacim ağırlığı (Pb): Arazilerden alınan bozulmamış örnekler 105 °C'de etüv de sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiş ve tartılan fırın kurusu ağırlığın, örnek hacmine (100 cm³) bölünmesiyle hesaplanmıştır (Blake ve Hartge, 1986b).

Tane yoğunluğu (Pk): Zerre yoğunluğunun tayininde "piknometre yöntemi" kullanılmıştır (Blake ve Hartge, 1986a).

Porozite (P): Laboratuvar analizlerince belirlenen hacim ağırlığı ve kütle yoğunluğundan değerlerinden hesaplama yoluyla bulunmuştur (Eşitlik 1), (Danielson ve Sutherland, 1986).

$$P = 1 - \frac{P_b}{P_k} \times 100 \quad \text{Eşitlik (1)}$$

Tarla kapasitesi (TK₁₀ ve TK₃₃): Havada kurutulmuş toprak örnekleri basınç tablası kullanılarak, 10 kPa (TK₁₀) ve 33 kPa (TK₃₃) basınçta, ağırlıkça toprakta tutulan nem yüzdesi olarak belirlenmiştir (Klute, 1986; Gugino ve ark., 2009).

Solma noktası (SN): Basınç tablası kullanılarak, 1500 kPa basınçta, ağırlıkça toprakta tutulan nem yüzdesi olarak belirlenmiştir (Klute, 1986).

Faydalı su (FS₁₀₋₁₅₀₀ ve FS₃₃₋₁₅₀₀): Laboratuvar koşullarında belirlenen tarla kapasitesi değerlerinden (TK₁₀ ve TK₃₃) solma noktası değeri çıkartılarak bulunmuştur (Eşitlik 2).

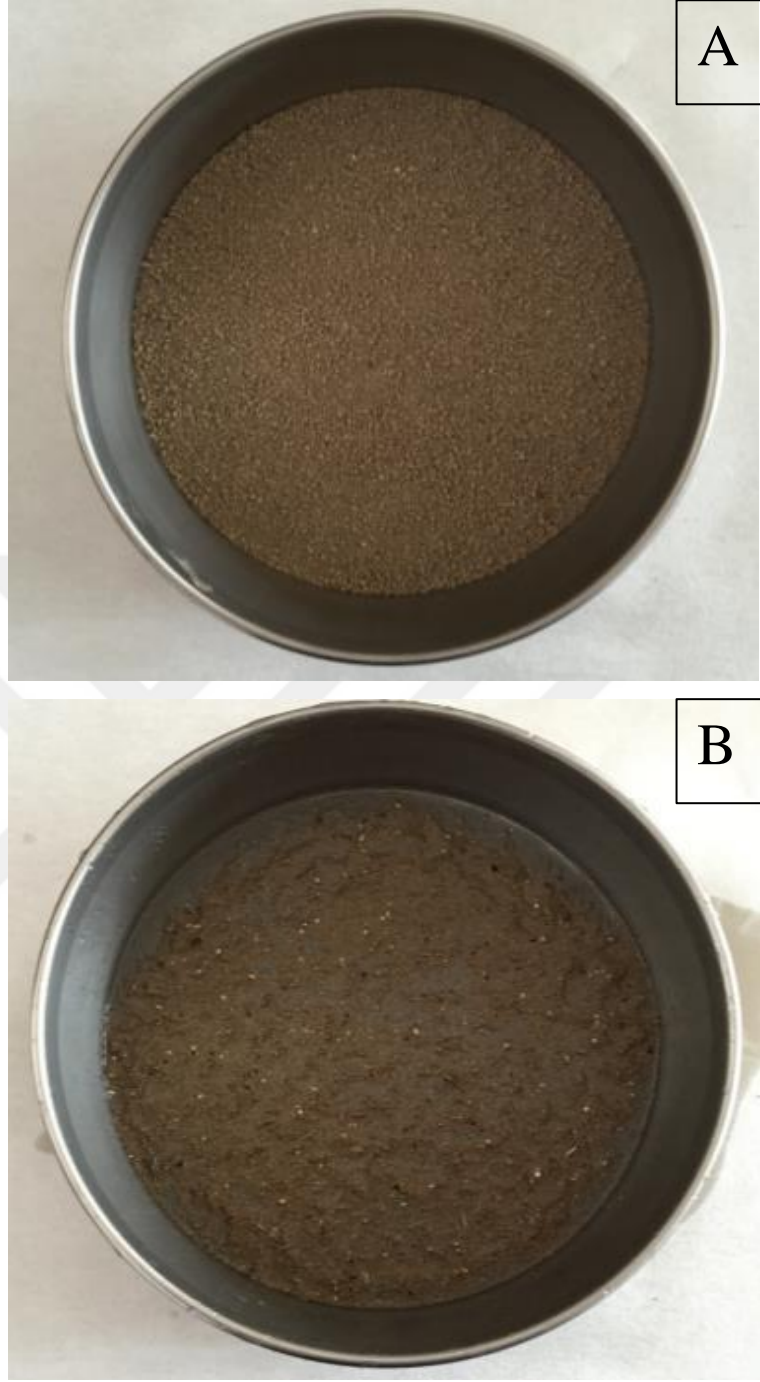
$$FS_{10-1500} = TK_{10} - SN \text{ ve } FS_{33-1500} = TK_{33} - SN \quad \text{Eşitlik (2)}$$

Agregat stabilitesi (AS): Agregat stabilitesi tayininde araziden 0-20 cm derilikten alınan bozulmuş örnekler, 40 °C de fırında kurutulduktan sonra kullanılmıştır. Bunun

için üstte 2.0 mm ve altta da 0.25 mm, en altta elek altlığı olan elek serisi hazırlanmıştır. Hazırlanan seriye üstten ilave edilen kurutulmuş toprak, üste elek açıklığından daha küçük materyal kalmayana kadar yaklaşık 10 dakika elenmiştir. Ayrılan agregatlardan (2-0.25 mm arası) yaklaşık 20 g tartılarak alınmış, agregatlar tek bir tabaka halinde 0.25 mm açıklığa sahip, 20 cm çaplı elek üzerine yayılmış ve yapay yağmur simülatörünün 50 cm aşağısına yerleştirilmiştir (Şekil 3.3 ve 3.4). Hazırlanan agregatları 150 mm saat⁻¹'lik yağış yoğunluğuna sahip yağmur simülatörünün altında 5 dakika bekletilerek toplam 12.5 mm yağış uygulanmıştır. Yapay yağışın ortalama damla çapı 4-5 mm olup, her bir elek üzerindeki agregatlara 0.74 J'lük bir enerji aktarılmıştır. Agregat stabilitesi, stabil agregatların kütesinin toplam örnek kütesine bölünmesiyle bulunmuştur. İşlem öncesi örneklerin kum kapsamları toplam kütlelerinden çıkartılmıştır (Eşitlik 3) (Gugino ve ark., 2009).

$$\%AS = \frac{\text{Stabil agregatlar-Kum}}{\text{Toplam örnek ağırlığı-Kum}} \times 100$$

Eşitlik (3)



Şekil 3.3. Agregat stabilitesi tayini öncesi (A) ve sonrası (B) agregatların görünümü



Şekil 3.4. Agregat stabilitesi tayininde kullanılan yapay yağmur simülatörü

Penetrasyon direnci ölçümleri (PR): Penetrasyon direnci ölçümleri Eijkelkamp firması tarafından üretilen, el ile itilerek toprağa girişi sağlanan penetrologger kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.5). Cihaz 80 cm toprak derinliğinde, 1 cm'lik katmanlar halinde en fazla 10 MPa'a kadar ölçüm yapabilmektedir. Ölçümde 1 cm² uç alanına sahip, 60° açılı ve konik şekilli uç kullanılmıştır (Şekil 3.6). Penetrometre giriş hızı 2 cm s⁻¹ olacak şekilde, her parselden 5 tekerrürlü olarak 40 cm derinlikte ölçümler yapılmıştır. Üst katman penetrasyon direncinin (PD₀₋₂₀) hesaplanması 0-20 cm derinlikteki penetrasyon direnci okumalarının ortalamaları alınarak, alt katman penetrasyon direncinin (PD₂₀₋₄₀) hesaplanması 20-40 cm derinlikteki penetrasyon direnci okumalarının ortalamaları alınarak yapılmıştır. Ölçüm değerleri MPa'dan kPa'ya dönüştürülmüştür.



Şekil 3.5. Dijital el penetrometresinin genel görüntüsü



Şekil 3.6. Dijital el penetrometresinin monitör görüntüsü

3.2.2.2. Kimyasal analiz metotları

pH: Cam elektrotlu, dijital göstergeli pH metre ile 1:1 toprak-saf su karışımında toprakların pH değerleri ölçülmüştür (Kacar, 2009).

Elektriki iletkenlik (EC): 1:1 toprak-saf su karışımında elektrik iletkenlik aleti kullanılarak ölçülmüştür (Kacar, 2009).

Toplam azot (TN): 0.5 mm'lik elekten geçirdikten sonra, örneklerin toplam azot kapsamları Dumas kuru yakma metodu ile LECO CN-2000 cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Wright ve Bailey, 2001).

Amonyum azotu ($NH_4^+ - N$): Toprak örneklerinin $NH_4^+ - N$ içerikleri, 2 N KCl ile ekstrakte edilerek süzükte, Kjeldahl cihazında MgO eşliğinde distilasyonu ile elde edilen çözeltide H_2SO_4 titrasyonu ile belirlenmiştir (Keeney ve Nelson, 1982).

Nitrat azotu ($NO_3^- - N$): Toprak örneklerinin $NO_3^- - N$ içerikleri, 2 N KCl ile ekstrakte edilerek süzükte, Kjeldahl cihazında MgO ve Devarda alaşımı eşliğinde distilasyonu ile elde edilen çözeltide H_2SO_4 titrasyonu ile belirlenmiştir (Keeney ve Nelson, 1982).

Yarayışlı fosfor (YP): Toprakların yarayışlı fosfor kapsamları Olsen metoduna göre belirlenmiştir. Burada pH'sı 8.5'e ayarlanmış, 0.5 M $NaHCO_3$ çözeltisi kullanılarak ekstrakte edilen P miktarına göre oluşan mavi renk intensitesi spektrofotometrede 880 nm dalga boyunda okunarak ölçülmüştür (Olsen ve ark., 1982).

Ekstrakte edilebilir Ca, Mg, Na ve K: Toprak örneklerinin pH'sı 7'ye ayarlanmış 1 N amonyum asetat çözeltisi ile ekstrakte edilebilir Ca, Mg, Na ve K içerikleri, Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Kacar, 2009).

Yarayışlı Fe, Cu, Mn ve Zn: Toprak örneklerinin yarayışlı Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri DTPA ekstraksiyon yöntemi kullanılarak, Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresine belirlenmiştir (Kacar, 2009).

3.2.2.3. Biyolojik analiz metotları

Organik madde (OM): Örneklerin toplam organik karbon (OC) kapsamları Dumas kuru yakma metodu ile LECO CN-2000 cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.7) (Wright ve Bailey, 2001). Ölçülen organik karbonun organik maddeye dönüştürülmesinde organik maddenin %58'inin organik karbon olduğu kabulü

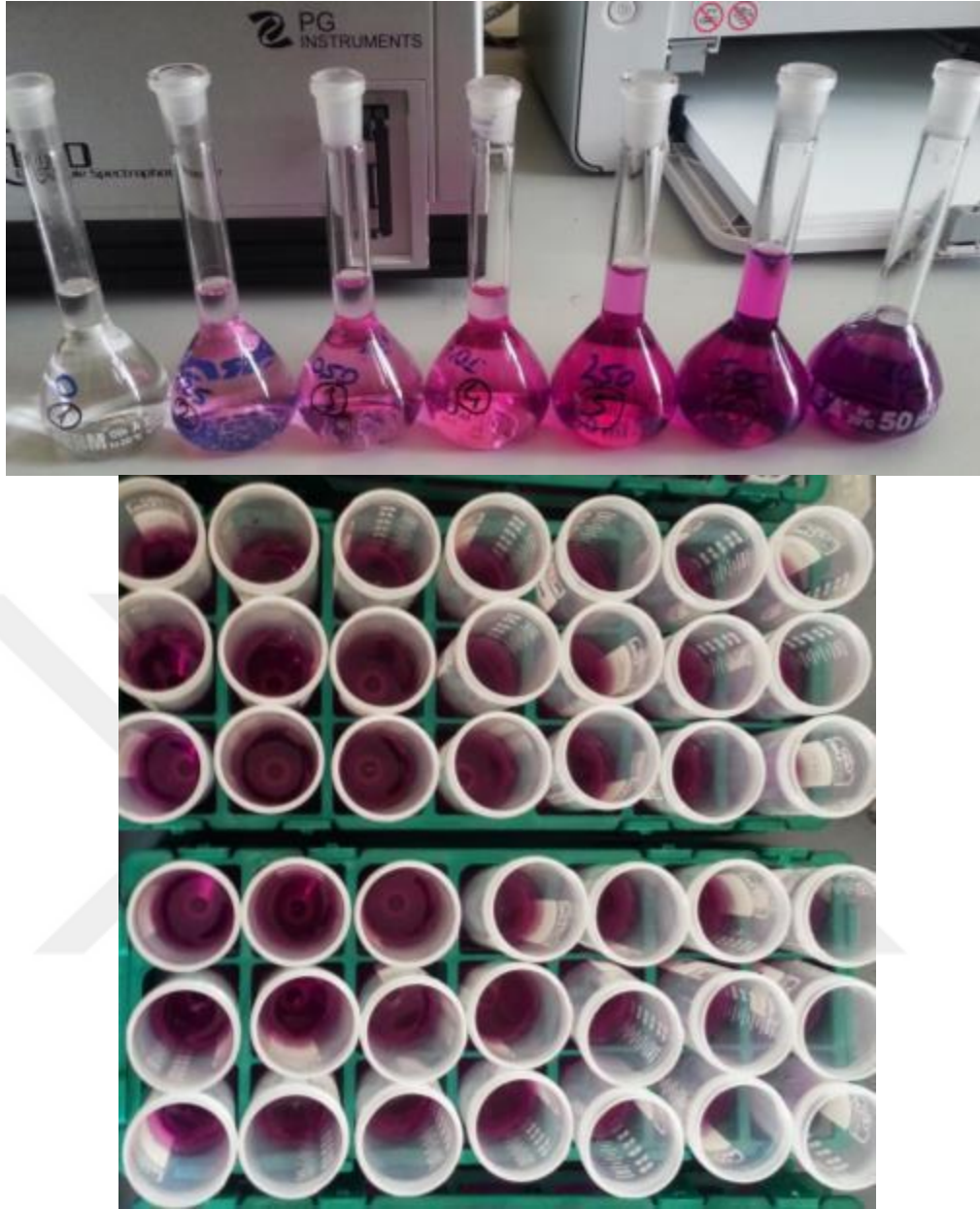
nedeniyle, organik karbon yüzdesinin 1.724 sayısı ile çarpılmasıyla yüzde organik madde hesaplanmıştır (Nelson ve Sommers, 1996).



Şekil 3.7. LECO CN-2000 cihazı

Aktif karbon (AC): Aktif karbon tayininde 2 mm'den elenmiş hava kurusu toprak örnekleri kullanılmıştır. Bunun için 2.5 g fırın-kuru ağırlık karşılığı hava kurusu toprak örneği tartılarak 50 ml'lik santrifüj tüpüne konmuştur. Örnek üzerine 20 ml 0.02 M potasyum permanganat (KMnO_4) solüsyonu ilave edilerek iki dakika çalkalanmıştır. Başlangıçta koyu mor olan örnek rengi oksidasyonla birlikte açılmaya uğramaktadır (Şekil 3.8). Örneklerin KMnO_4 kapsamları, hazırlanan örnekler 5 dakika süreyle santrifüj edildikten sonra seyreltilerek Spektrofotometrede 550 nm dalga boyunda standartlardan hazırlanan doğru kullanılarak okunmuştur. 1 mol KMnO_4 'ün 0.75 mol karbonu (9000 mg C) oksitleyebildiği dikkate alınarak örneklerin aktif karbon içerikleri Denklem 4'e göre belirlenmiştir (Blair ve ark., 1995; Gugino ve ark., 2009).

$$\text{Aktif karbon (mg C kg FKT}^{-1}\text{)} = \frac{[0.02 - (\text{Örnekte okunan } \text{KMnO}_4)] \times (9000 \text{ mg } \frac{\text{C}}{\text{mol}}) \times (0.02 \text{ L çözelti})}{0.0025 \text{ kg FKT}} \quad \text{Eşitlik (4)}$$



Şekil 3.8. Aktif karbon tayininde oksidasyonla oluşan renk değişimi

Potansiyel mineralize olabilir azot (PMN): Potansiyel mineralize olabilir azot tayininde araziden getirilerek +4°C de bekletilen orijinal örnekler kullanılmıştır. Bunun için 8.0 g fırın kuru ağırlık karşılığı doğal nemindeki toprak örneğinde iki tane tartılarak ayrı ayrı 50 ml'lik santrifüj tüpüne konmuş, birinin üzerine 40 ml 2.0 M potasyum klorür (KCl) solüsyonu ilave edilerek 1 saat çalkalanmıştır. On dakika santrifüj edilen örnekten 20 ml süzük çekilerek Kjeldahl cihazında MgO eşliğinde distile edilen çözeltide H₂SO₄ titrasyonu ile NH₄-N ölçülmüştür. Diğer örneğin üzerine ise 10 ml saf su ilave edilerek kapağı kapatılmış, el ile çalkalanarak 30 °C de 7 gün süre ile

soğutmalı-ısıtmalı inkübatörde inkübsayona bırakılmıştır (Şekil 3.9). Yedi günlük anaerobik inkübasyon sonunda, 2 M'lık 40 ml KCl çözelti oluşturmak için, örnek üzerine 2.67 M KCl çözeltisinden 30 ml eklenmiş ve 1 saat çalkalanmıştır. On dakika satrifüj edilen örnekten 20 ml süzük çekilerek Kjeldahl cihazında MgO eşliğinde distile edilen çözeltide H_2SO_4 titrasyonu ile NH_4-N ölçülmüştür. Örneklerde yedinci günde ölçülen NH_4 miktarı başlangıçta ölçülen NH_4 miktarından çıkartılarak, toprağın potansiyel mineralize olabilir azot miktarı hesaplanmıştır (Gugino ve ark., 2009).



Şekil 3.9. Potansiyel mineralize olabilir azot tayininde kullanılan inkübatör

Kök sağlığı değeri (KSD): Kök sağlığı skorlarının belirlenmesi için 2.0 mm'den elenmiş yaklaşık 200 cm'lük toprak örnekleri özel hazırlanmış kapilarite ile sulanan kaplara doldurulmuş ve bu kaplara bölgede kök çürüklüğüne hassas olduğu bilinen Yunus 90 çeşidi fasulye tohumlarından iki adet ekilmiştir (Şekil 3.10, 3.11 ve 3.12). Çıkış sonrası tekleme yapılmıştır. Bitkilerin çiçeklenmeye kadar gelişimleri izlenmiş, çiçeklenme aşamasında kökleri topraktan ayrılarak Gugino ve ark. (2009)'nin açıklandığı gibi, 1'den 9'a kadar değişen kök sağlığı skorları belirlenmiştir (Şekil 3.13). Kök sağlığı değerleri ile kök sağlığı skoru arasında ters orantı bulunmaktadır. Buna göre kök sağlığı değeri arttıkça, kök sağlığı skoru düşmektedir. Kök sağlığı değeri 1 olduğunda kök sağlığı skoru 100, kök sağlığı değeri 9 olduğunda patojenlerin etkin olduğu anlamına gelmekte ve kök sağlığı skoru sıfır değerini almaktadır. Kökler Şekil

3.13, A'daki gibi, beyaz ve iri yapılı sağlıklı hipokotillere sahip ise 1 puan almaktadır. Köklerde Şekil B'deki gibi, hipokotil ve kök dokularının en fazla %10'unda hafif renk değişimi ve lezyonlar var ise 3 puan almaktadır. Kökün görünümü ve lezyonların oranı Şekil A ve B arasında yer alıyor ise 2 puan almaktadır. Şekil C'deki gibi, hipokotil ve kök dokularının yaklaşık %25'inde doku lezyonları var, ancak dokular kalın ve sağlam, çok az çürüme ve hasar mevcudiyetinde 5 puan almaktadır. Kökün görünümü ve lezyonların oranı Şekil B ve C arasında yer alıyor ise 4 puan almaktadır. Kökler Şekil D'deki gibi, ileri derecede çürümüş, hipokotil ve kök %50 civarında zarar görmüş ise 7 puan, %50-75 arası zarar görmüş ise 8 puan, %75'ten daha fazla zarar görmüş ise 9 puan almaktadır. Kökün görünümü ve lezyonların oranı Şekil C ve D arasında yer alıyor ise 6 puan almaktadır (Gugino ve ark., 2009).



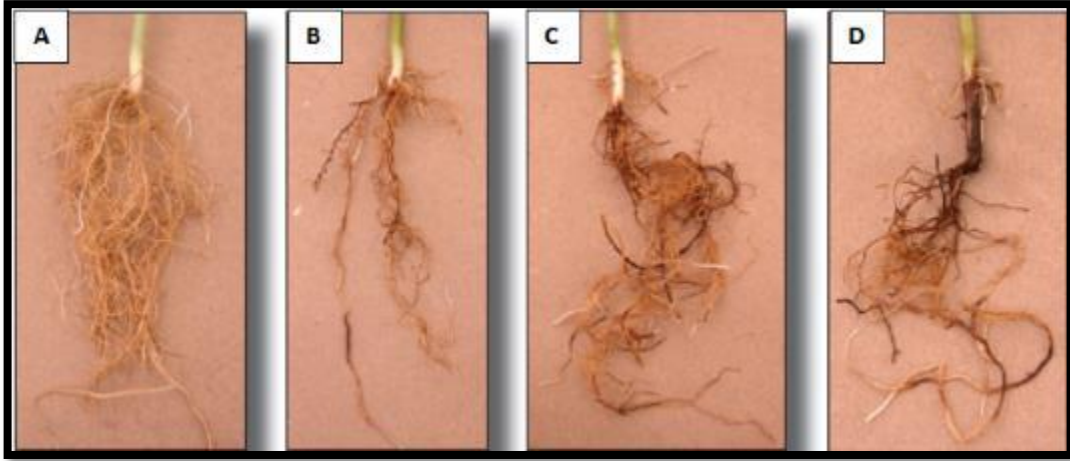
Şekil 3.10. Kök sağlığı çalışmasında kullanılan bitki yetiştirme kapları



Şekil 3.11. Kök çürüklüğüne hassas Yunus 90 çeşidi fasulye bitkisi



Şekil 3.12. Kök sağlığı skorlamasında kullanılan fasulye bitkilerin kökleri



Şekil 3.13. Kök sağlığı skorlamasında kullanılan görsel skala (Gugino ve ark., 2009)

Üreaz enzim aktivitesi (ÜEA): Üreaz enzim aktivitesi tayininde araziden getirilerek +4°C de bekletilen orijinal örnekler kullanılmıştır. Bunun için fırın kuru ağırlık esasına göre tartılan 1 g nemli toprak, 2 ml tampon ve 1 ml substrat çözeltisi ilavesinden sonra, 37°C de 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra örneklere 4 ml sodyum fenolat ve 3 ml sodyum hipoklorit ilave edilerek 15 dakika süreyle 3500 RPM'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj edildikten sonra oluşan rengin intensitesi 578 nm dalga boyunda spektrofotometrede belirlenmiştir (Hoffmann ve Teicher, 1961).

Katalaz enzim aktivitesi (KEA): Katalaz enzim aktivitesi tayininde araziden getirilerek +4°C de bekletilen orijinal örnekler kullanılmıştır. Bunun için fırın kuru ağırlık esasına göre tartılan 5 g toprağa 10 ml fosfat tamponu (pH=7) ilavesinden sonra, %3'lük H₂O₂'den 5 ml ilavesiyle 3 dakikada açığa çıkan oksijen miktarı belirlenmiştir. Şahit örneklerde aynı şekilde tespit edilip ilave olarak %6.5'lük NaN₃ çözeltisinden 2 ml ilave edilerek topraklar steril edilmiştir. Sonuçlar mg O₂ 5 g⁻¹ fırın kuru toprak olarak ifade edilmiştir (Beck, 1971).

Toprak solunumu (CO₂ üretimi, TS): Toprak solunumu tayininde araziden getirilerek +4°C de bekletilen orijinal örnekler kullanılmıştır. Bunun için fırın-kuru ağırlık esasına göre tartılan 100 g toprak alkali çözelti (Ba(OH)₂.8H₂O+BaCl₂) ilave edilerek 30°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmış, sonra CO₂ üretimi alkali çözeltinin HCl ile geri titrasyonu ile belirlenmiş, sonuçlar mg CO₂ 100 g⁻¹ fırın kuru toprak 24 s⁻¹ olarak ifade edilmiştir (Isermeyer, 1952).

Dehidrogenaz enzim aktivitesi (DEA): Dehidrogenaz enzim aktivitesi tayininde araziden getirilerek +4°C de bekletilen orijinal örnekler kullanılmıştır. Bunun için fırın kuru ağırlık esasına göre tartılan 6 g toprağa, 1 ml %0.8'lik TTC (2,3,5 Triphennlytetrazolium chloride, (TPF) ve 2.5 ml glikoz çözeltisi ilavesinden sonra 25°C 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda örneklere 10 ml metil alkol ilave edilerek çalkalanıp süzümüştür. Süzülen örneklerde oluşan açık kırmızı renk yoğunluğu 485 nm dalga boyunda spektrofotometrede belirlenmiş, sonuçlar $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ fırın kuru toprak 24 s^{-1} olarak ifade edilmiştir (Thalman, 1968).

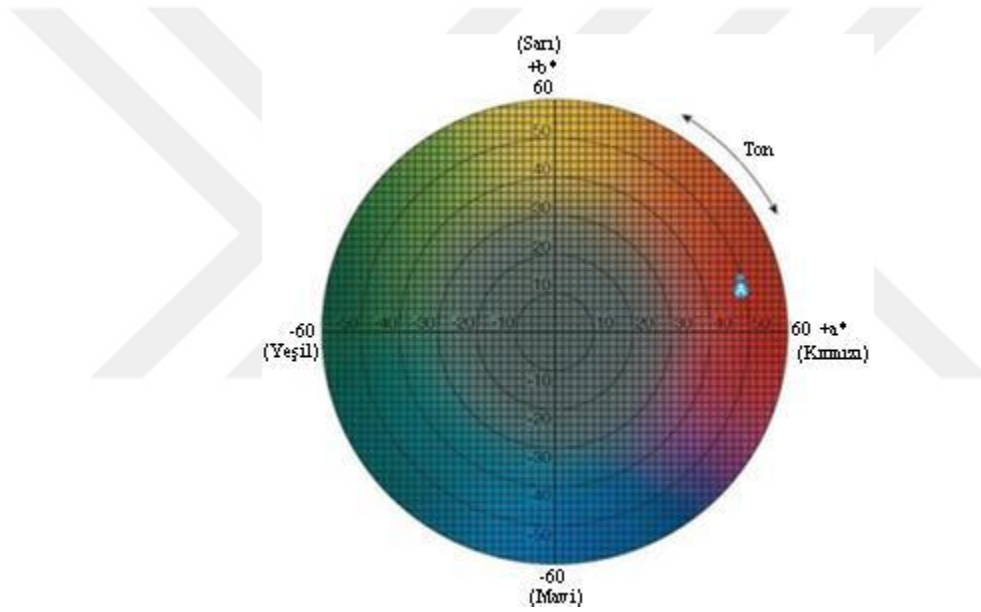
Mikoriza spor sayımı (MSS): Topraktaki mikorizal sporların izolasyonu ve sayımında toprak-su karışımının metal eleklerden geçirilmesi, gravitasyon esasına dayanan ıslak eleme metodu kullanılmıştır. Spor sayımında araziden getirilerek +4°C de bekletilen orijinal örnekler kullanılmıştır. Bunun için fırın kuru ağırlık esasına göre tartılan 100 g toprak örneği 500 ml'lik beherlere konmuştur. Üzerine yeterli miktarda su ilave edilerek yaklaşık 30 dakika bekletilmiş, eğer toprak çok killi veya sıkı agregatlı ise üzerine kalgon çözeltisi ilave edilmiştir. Açıklıkları 250, 100, 50 ve 38 μm olan elek serisine hazırlanan toprak su karışımları iyice çalkalanarak dökümüştür. Eleklerden akan su berraklaşana kadar yıkama yapılmıştır. Eleklerin üzerinde tutulan sporlar ve toprak materyali 100 ml hacmindeki tüplere piset yardımıyla aktarılarak 5 dakika 2000 devir d^{-1} hızda santrifüj edilmiştir. Tüplerin üst kısmındaki çözelti ortamdaki uzaklaştırılmış ve tüplerin dibindeki toprak, spor ve diğer maddeler %50'lik şeker çözeltisi ile yeniden sulandırılarak 2000 devir d^{-1} hızda 1 dakika süre ile santrifüj edilmiştir. Çözeltideki şekeri uzaklaştırmak için örnekler yeniden 38 μm 'lik eleklerle yıkanarak hazırlanan örneklerdeki sporlar x40 büyütme ile mikroskop altında sayılmıştır (Gerdeman ve Nicolson, 1963).

Toprak rengi: Toprak renk parametreleri 2 mm 'lik elekten geçirilmiş olan ve toprak neminin etkisini gidermek için etüvde 40 °C de kurutulmuştur. Bu şekilde hazırlanan her bir örnekte üç tekrarlamalı ve her bir parselden alınan toprakta yine üç tekerrürlü ölçümler yapılmıştır. Renk analizinde toprak örneklerinin L, a, b, hue (h) ($h=\tan^{-1}(b/a)$) ve croma (c) ($c=(a^2+b^2)^{1/2}$) değerlerinin belirlenmesinde Konika Minolta CM-5 model kolorimetre kullanılmıştır (Konika-Minolta, Osaka, Japan). Kırmızılık İndeksi (RI) Barron ve Torrent (1986) tarafından açıkladığı gibi Eşitlik 5 kullanılarak hesaplanmıştır. Şekil 3.14 deki CIELAB renk skalasına göre L parlaklığı (L=0, siyah; L=50, gri ve

L=100, beyaz), +a kırmızılığı, -a yeşilliği ve +b sarılığı ve -b maviliği ifade eder. L değerinde 50 griliği ifade etmekte olup, 100'e doğru artma örneklerde beyazlık, 0'a doğru azalma ise siyahlığın artışı ifade etmektedir. +a değeri arttıkça örneklerde kırmızılık artarken, -a değeri artarken yeşillik artmaktadır. Aynı durum b değeri içinde geçerli olup +b değeri arttıkça örneklerde sarılık, -b değeri arttıkça ise mavilik artış göstermektedir, hue başat spectral renktir ve yansıyan ışığın dalga boyu ile ilgilidir, croma ise rengin saflığının ölçüsüdür (Barron ve Torrent, 1986; Akbuluk ve Çoklar, 2008). Renk analizinde kullanılan toprakların bir görünüm Şekil 3.15'te verilmiştir.

$$RI = \frac{a\sqrt{a^2+b^2}\times 10^{10}}{b\times L}$$

Eşitlik (5)



Şekil 3.14.CIELAB renk skalasında L, a ve b renk alanı renksellik diyagramı



Şekil 3.15. Renk analizinde kullanılan toprakların görünümü

Kireç analizi (CaCO_3): 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden alınan ve 2 mm'lik elekten geçirilen hava kuru örneklerde, 1/3'lük (Hacim/Hacim, asit/su) HCl asit kullanılarak Scheibler Kalsimetresi ile belirlenmiştir. Bunun için topraktaki karbonatların HCl ile reaksiyonu sonucu açığa çıkan CO_2 'in standart sıcaklık ve basınç altındaki hacmi dikkate alınarak hesaplanmıştır (Kacar, 2009).

3.2.3. Toprakların kalite değerlendirilmesi ve istatistiksel analizler

Çalışmada arazide yapılan ölçümler, laboratuvarında yapılan analizler ve ölçümler ile bazı verilerden hesaplama yoluyla bulunan toplam 54 adetlik bir veri seti oluşturulmuştur. Veri seti içerisinde yer alan her bir özelliğin minimum, maksimum ve değişim katsayıları hesaplanmıştır. Bu veri setleri içerisinde 14 adet fiziksel özellik, 15 adet kimyasal özellik, 9 adet biyolojik özellik ve 16 adette pedolojik özellik verisi yer almıştır. Pedolojik özellikler hariç topraklar fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak temel bileşen analizine tabi tutulmuş ve temsil yeteneği yüksek çıkan bileşenler seçilip minimum data setine eklenmiştir. Skorlama algoritmalarının oluşturulmasında sonra, skor değerlerinin sınıflandırılması Gugino ve ark. (2009)'a göre yapılmıştır.

Konya, Çumra yöresindeki, buğday ve şeker pancarı yetiştirilen alanlarda belirlenen toprak kalite skorlarının karşılaştırılmasında MİNİTAB paket programı kullanılmıştır.

Toprak kalitesini belirlemek için kullanılacak indikatörlerin seçimi çok önemlidir. Toprağın tüm özelliklerinin ölçülerek toprak kalitesi kapsamında bir değerlendirmeye tabi tutulması doğru olanıysa da, pratikte uygulanabilir değildir. Zira toprak kalitesinin ölçülmesinde pek çok parametre vardır, her birinin ölçülmesi hem zaman alacak hem de ciddi maliyetleri de beraberinde getirecektir. Bu nedenle indikatörler arasında bir eleme yapılması gerekmektedir. Bu durumda önemli olan husus eleme sonucu indikatör olarak kullanılacak parametrelerin o toprağı en yalın ve en doğru şekilde ifade etmesi gerekmektedir. Bu nedenle toprak kalitesini belirlemek için seçilecek indikatörlerde aranan kriterler:

- ✓ Kolayca ölçülebilmeli
- ✓ Toprak fonksiyonlarına bağılı olarak değişim gösterebilmeli
- ✓ Herkes için kabul edilebilir olmalı
- ✓ Arazi şartlarında kolayca uygulanabilmeli
- ✓ İklim ve arazi yönetimindeki değişimlere duyarlı olmalıdır
- ✓ Bozulma faktörlerinin alt ve üst seviyelerine duyarlı olmalı
- ✓ Bozulmanın tam seviyelerini yansıtabilmeli

Bozulmaya neden olan faktörlere verilen tepkinin değişim yönü açısından tutarlı olmalıdır (Elliot, 1994). Nortcliff (2002), indikatörlerin iyi seçilememesi durumunda toprak kalitesinin değerlendirilmesinde sorunlar yaşanacağını belirtmiştir. Bununla ilgili olarak Doran ve Jones (1996) toprak kalitesinin belirlenmesinde en az sayıda veri kullanılmasını önermişlerdir. Toprak kalitesinin ve diğer çevresel verilerin değerlendirilmesinde çoklu değişkenli regresyon analizi (Doran ve ark., 1994; Li ve Lindstrom, 2001) temel bileşenler ve faktör analizi (Brejda ve ark., 2000b; Shukla ve ark., 2004), diskriminant analiz (Brejda ve ark., 2000a) ve kümeleme analizi (Einax ve Soldt, 1999) gibi birçok metot kullanılmıştır.

Bu nedenlerle çalışma sonucunda elde edilen 54 adetlik toplam veri setinden minimum veri setinin oluşturulmasında, öncelikle toplam veri seti dört gruba ayrılmıştır. Birinci grupta fiziksel, ikinci grupta kimyasal, üçüncü grupta biyolojik özellikler ve dördüncü grupta ise pedolojik özellikler yer almıştır. İlk aşamada ayrılan her guruba toplanan verilerin temel bileşenler analizine uygun olup olmadığını

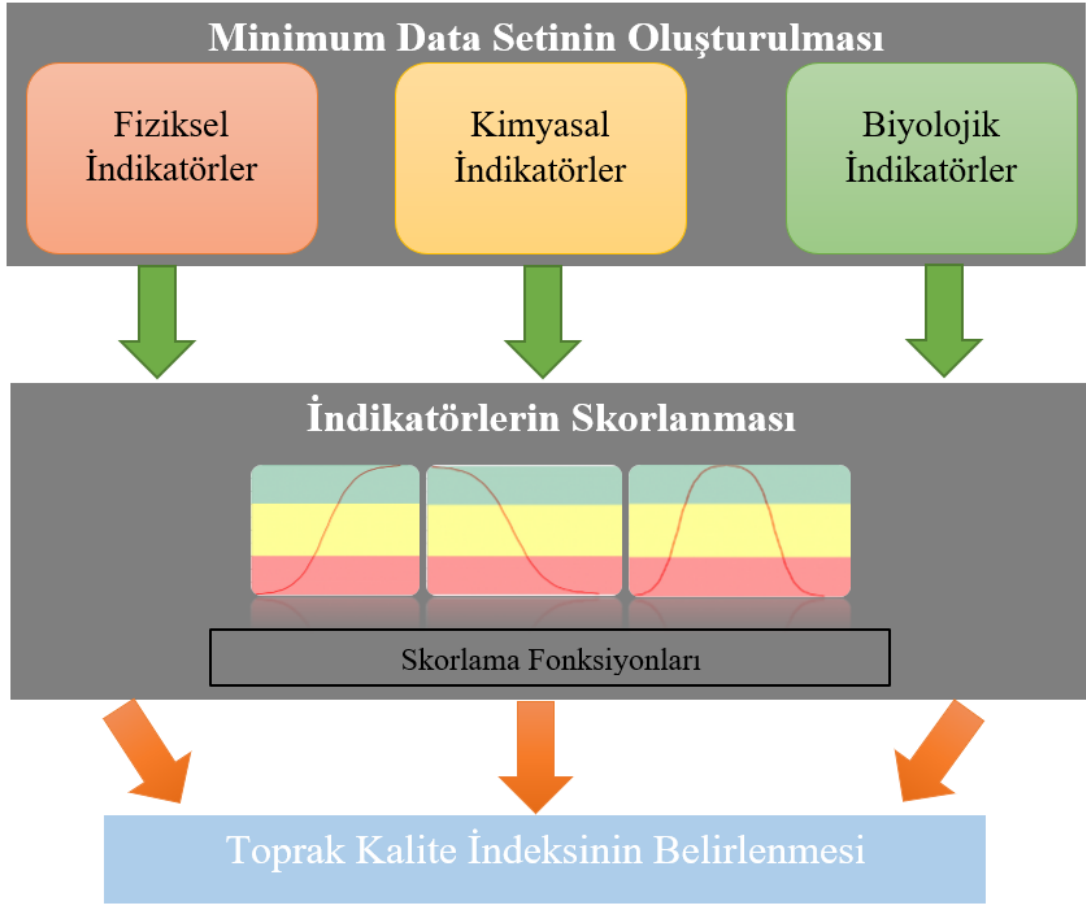
belirlemek için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett küresellik testi uygulanmıştır (Tatlıldil, 2002).

Yapılan KMO ve Bartlett küresellik testinde tüm özellikler 0.5'in üzerinde değerler alarak testi geçmişlerdir. İkinci aşamada ise minimum veri setinin oluşturulması için her dört veri grubuna da temel bileşenler analizi (TBA) uygulanmış ve veri setlerinin korelasyon matrisleri oluşturulmuştur (SPSS 22). Böylece minimum veri setinde yer alabilecek parametrelerin belirlenmesinde TBA ile belirlenen bileşen yükleri, korelasyon yük toplamları, veriler arası korelasyonlar, analiz yöntemleri dikkate alınarak her bir seri için minimum veri setleri önerileri hazırlanmıştır.

Temel bileşenler analizi çok değişkenli analizin en eski ve en çok bilinen tekniğidir. Temel bileşenler analizi ile değişkenlerin ortak etkilerinin görüldüğü daha az sayıdaki yeni değişkenler ya da temel bileşenler oluşturulur. Böylece temel bileşenler analizi ile değişkenler arası bağımlılık yapısı ortadan kaldırılır. Çoklu değişkenli istatistiksel analizde n tane bireye ilişkin p tane değişken (özellik) incelenmektedir. Bu değişkenlerden birçoğunun birbirleriyle ilişkili olması ve değişken sayısının çok yüksek olması nedeniyle yorum yapmak güçleşmektedir. Bu durumda değişkenler arasında bağımlılık yapısının yok edilmesi ya da boyut küçültme amacıyla temel bileşenler analizi yapılır (Ersungur ve ark., 2007; Özdamar, 2013).

Temel bileşenler analizi ile amaç p tane değişkeni önemli bir bilgi kaybına neden olmadan, bu değişkenleri temsil edebilecek daha az sayıda değişken indirgeyerek değişkenlere etki eden genel faktörleri elde etmektir. Her biri n ölçümünde p değişkeninin oluşturduğu bir sistem düşünüldüğünde sistemin toplam varyansı p değişkeninin tümü tarafından açıklanır. Toplam değişkenliğin önemli bir kısmı $k(k \leq p)$ bileşen tarafından açıklandığı durumlarda k bileşen orijinal p değişkeni temsil edebilir. Bu durumda n ölçümündeki p değişken önemli bir bilgi kaybı olmaksızın n ölçümündeki k değişkene indirgenmiş olur. Bu çalışmada da yukarıdaki yaklaşımdan gidilerek çok sayıdaki özellik arasından kaliteyi belirlemek ve izleyebilmek için kullanılacak toprak özellikleri temel bileşenler analizi ile seçilmiştir.

Temel bileşen analizi ile seçilen özelliklerin skorlanması için ilk olarak özellikler 0-1 arasında farklı metotlar ile sayısallaştırılmıştır. Bu sayısallaştırma işleminden sonra Curve expert programı kullanılarak seçilen her bir indikatör için skorlama algoritmaları oluşturulmuştur. Bu kapsamda yapılan işlemlerin sıralaması Şekil 3.18'de belirtilmiştir.



Şekil 3.18. Toprak kalite indeksi oluşturulma şeması

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Çalışma Alanı Topraklarının Fiziksel Özellikleri

Çalışma alanından alınan toprak örneklerinin 2013 ve 2014 yıllarına ait fiziksel özellikleri sırasıyla Tablo 4.1-4.4 de belirtilmiştir. Buna göre araştırma konusu toprakların kil içerikleri oldukça yüksek olup %21.10 ile %65.40, arasında dağılım göstermiştir. Toprakların silt içerikleri %12.50 ile %33.02, arasında, kum içerikleri ise %9.60 ile %66.40, arasında değişmiştir. Çalışma alanından toplanan 108 adet örneğin 87 adedi kil (C), 11 adedi killi tın (CL), 8 adedi kumlu killi tın (SCL) ve 2 adedi kumlu kil (SC) tekstür sınıfında yer almıştır. Toprakların aynı seri içinde kum kil ve silt miktarlarının geniş bir aralıkta değişim göstermesi bölgenin alüviyal karakteri ile uyumluluk görülmektedir. Ortalama değerler dikkate alındığında serinin ince bünyeye sahip olduğu görülmektedir

Araştırma konusu toprakların hacim ağırlığı değerleri çalışma toprakları değerlendirildiğinde 1.09 ile 1.75 g cm⁻³ arasında değişmiştir. Ortalama hacim ağırlığı değeri 1.34 g cm⁻³ olarak ölçülmüştür. Ürün bazında değerlendirildiğinde ise, toprakların ortalama hacim ağırlığı buğday tarımı altındaki alanlarda 1.28 g cm⁻³ ve şeker pancarı tarımı altındaki alanların ise 1.41 g cm⁻³ olarak bulunmuştur (Tablo 4.1 - 4.14). Söz konusu değerler toprakların tekstürel dağılımıyla uyumluluk göstermekle birlikte, bazı arazilerde toprak sıkışmasının olduğu görülmektedir. Buradan da hacim ağırlığındaki değişmelerde bitki çeşidine bağlı amenajmanların etkili olduğu değerlendirilebilir. Şeker pancarının buğday tarımı altındaki topraklardan daha yüksek hacim ağırlığı elde etmesinin sebebi ise şeker pancarı tarımı yapılan arazilerde dönem içerisinde daha fazla tarla trafiğinin neden olduğu düşünülmektedir. Bölgede yapılan bir çalışmada dönemsel tarla trafiğinin şeker pancarı tarımında toprak sıkışmasını arttırdığı görülmektedir (Negiş ve ark., 2016). Ayrıca buğday ve şeker pancarı bitkisinin kök şeklinden de sıkışmayla ilgili olduğu düşünülmektedir. Buğday kökleri saçak kök yapısına sahip olduğu için bulduğu boşlukları değerlendirebilirken, şeker pancarı kökü kazık kök tipi yapısında olup toprakların sıkışmasına etki etmektedir.

Çalışma alanı topraklarının zerre yoğunluğu değerleri ortalama 2.65 g cm⁻³ olarak bulunmuştur (Tablo 4.1 – 4.4). Bölgenin jeolojik yapısı ve toprakların ana materyalleri dikkate alındığında bu değer normal sınırlar içinde olduğu görülmektedir.

Çalışma alanından alınan toprak örneklerinin porozite değerleri incelendiğinde ortalama porozite değerlerinin %49.49, olduğu, buğday ve şeker pancarı tarımı altındaki alanlarda sırasıyla; %51.63 ve % 47.67 olarak bulunmuştur (Tablo 4.1 – 4.4). Porozite değeri kil içeriğinin uyumlu olarak değişkenlik gösterdiği söylenebilir. Araştırma konusu toprakların ağırlık esasına göre 10 kPa basınçta ölçülen tarla kapasitesi değerleri %21 ile %45 arasında değişirken, 33 kPa basınçta ölçülen tarla kapasitesi değerleri ise %14 ile %36 arasında değişmiştir (Tablo 4.1 – 4.4). Tarla kapasitesi değerine etki eden toprak özellikleri olarak en başta organik madde ve tekstür gelmektedir. Yapılan ölçümler incelendiğinde değerlerin normal sınırlar içerisinde bulunduğu görülmektedir.

Ağırlık esasına göre solma noktası değerleri %9 ile %24 arasında bulunmuştur (Tablo 4.1 – 4.4).

Ağırlık esasına göre iki farklı basınçta ölçülen tarla kapasitesi değerine göre hesaplanan faydalı su içerikleri (10-1500 kPa ve 33-1500 kPa) sırasıyla; %16- %10 arasında hesaplanmıştır (Tablo 4.1 – 4.4).

Toprakların kalite değerlendirilmelerinde önemli parametrelerden biri olan agregat stabilitesi değerleri %3.15 ile %39.69 arasında ölçülmüştür (Tablo 4.1 – 4.4). Agregat stabilitesi değerleri incelendiğinde arazilerin büyük farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Bu değişimlerin uygulanan toprak işleme, amenajman faaliyetleri ile toprak özelliklerinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Bölge topraklarında düşük agregat stabilitesi değeri kaymak tabakası oluşumuna büyük etki etmektedir. Arazi gözlemleri ve yapılan çalışmalar birçok arazinin kaymak tabakası problemi bulunduğunu göstermektedir (Şeker ve Karakaplan, 1999).

Penetrasyon direnci değerleri üst katmanda (PD_{0-20}) 413.68-2292 kPa aralığında, alt katmanda (PD_{20-40}) ise 1103-4178 kPa aralığında değişim göstermiştir (Tablo 4.1 – 4.4). Buğday ve şeker pancarı tarımı altındaki alanlardan sırasıyla; 1351–2075 kPa ve 1496-2557 kPa arasında değişmiştir. Ortalama penetrasyon direnci dikkate alındığında bitki kök gelişiminin azaldığı kabul edilen (1379 kPa) değerinde olduğu hatta bitki gelişiminin durduğu kabul edilen (3068 kPa) ortalama değerlere yaklaştığı görülmektedir (Gugino ve ark., 2009). Hacim ağırlığı sonuçları ve penetrasyon direnci PD sonuçları incelendiğinde bölgede yüksek toprak sıkışması olduğu görülmektedir. Arazilerde yapılan ölçümler ve kontroller sırasında da bitkilerin toprak sıkışmasından etkilendiği, bitki köklerinin dışarda geliştiği (Resim 4.1) görülmüştür. Ayrıca tüm parsellerde PD_{20-40} değerleri PD_{0-20} değerlerinden yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.1. Arazideki şeker pancarının toprak yüzeyinde gelişimi

Tablo 4.1. Buğday tarımı altındaki toprakların 2013 yılına ait fiziksel özellikleri

Örnek No	Toprak Fiziksel Özellikleri (2013)													Penetrasyon direnci (kPa)	
	Tekstür			Tekstür sınıfı	P _b (g cm ⁻³)	P _k (g cm ⁻³)	P (%)	TK ₁₀ g g ⁻¹ (10 kPa)	TK ₃₃ g g ⁻¹ (33 kPa)	SN g g ⁻¹ (1500kPa)	FS ₁₀₋₁₅₀₀ g g ⁻¹ (10-1500 kPa)	FS ₃₃₋₁₅₀₀ g g ⁻¹ (33-1500 kPa)	AS (%)	0-20 cm	20-40 cm
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)												
1	38.90	16.73	44.37	C	1.34	2.69	50.30	0.28	0.24	0.15	0.12	0.09	8.59	1365	1972
2	18.90	30.90	50.20	C	1.17	2.68	56.35	0.30	0.26	0.17	0.13	0.09	15.83	1165	1793
3	20.57	30.07	49.37	C	1.19	2.67	55.59	0.35	0.27	0.18	0.17	0.09	20.10	814	2365
4	18.07	24.23	57.70	C	1.12	2.56	56.10	0.31	0.26	0.19	0.13	0.07	27.56	1710	2144
5	20.57	26.73	52.70	C	1.15	2.66	56.53	0.34	0.30	0.18	0.17	0.12	21.36	1082	2103
6	23.45	25.52	51.03	C	1.15	2.69	57.17	0.29	0.24	0.16	0.13	0.08	21.86	965	1820
7	43.45	21.35	35.20	CL	1.32	2.65	50.43	0.24	0.21	0.13	0.11	0.08	11.25	979	2358
8	25.12	29.68	45.20	C	1.34	2.66	49.43	0.26	0.24	0.16	0.09	0.08	25.46	1496	3330
9	27.62	30.52	41.87	C	1.25	2.65	52.70	0.25	0.22	0.15	0.11	0.08	15.61	1937	2489
10	30.95	25.52	43.53	C	1.34	2.67	49.95	0.25	0.22	0.13	0.11	0.08	18.85	1999	3475
11	33.45	23.85	42.70	C	1.50	2.67	43.92	0.27	0.21	0.12	0.15	0.08	18.80	2144	2910
12	16.78	25.52	57.70	C	1.34	2.67	49.88	0.29	0.27	0.17	0.12	0.10	34.17	1737	3089
13	26.78	31.35	41.87	C	1.39	2.65	47.59	0.25	0.21	0.13	0.12	0.09	16.39	793	1448
14	35.95	30.52	33.53	CL	1.53	2.65	42.35	0.22	0.20	0.12	0.10	0.09	4.12	2055	3178
15	31.78	33.02	35.20	CL	1.42	2.62	45.93	0.25	0.23	0.13	0.11	0.09	9.56	1200	1958
16	50.12	16.35	33.53	SCL	1.45	2.61	44.63	0.23	0.20	0.11	0.12	0.09	3.15	1310	2179
17	26.78	25.52	47.70	C	1.41	2.65	46.94	0.31	0.29	0.19	0.11	0.10	13.48	1689	1786
18	20.95	24.68	54.37	C	1.26	2.63	52.20	0.35	0.33	0.24	0.11	0.09	15.42	958	1262
19	24.28	25.52	50.20	C	1.09	2.63	58.60	0.33	0.32	0.24	0.09	0.08	13.20	855	1344
20	21.78	24.68	53.53	C	1.34	2.63	49.27	0.37	0.31	0.22	0.15	0.08	23.64	1662	1565
21	30.95	23.85	45.20	C	1.28	2.64	51.64	0.24	0.23	0.18	0.06	0.05	19.24	1324	2427
22	33.45	23.85	42.70	C	1.25	2.67	53.36	0.32	0.27	0.18	0.14	0.09	15.35	1393	2648
23	24.28	28.85	46.87	C	1.33	2.65	50.04	0.32	0.26	0.16	0.16	0.10	21.65	1910	2634
24	33.45	20.52	46.03	C	1.24	2.65	53.26	0.33	0.27	0.18	0.15	0.09	15.97	1282	1931
25	26.78	23.02	50.20	C	1.25	2.62	52.35	0.38	0.30	0.22	0.16	0.08	24.94	1386	1910
26	19.28	23.02	57.70	C	1.34	2.62	48.95	0.40	0.36	0.24	0.16	0.12	30.20	1407	2013
27	18.45	25.52	56.03	C	1.23	2.65	53.63	0.36	0.35	0.21	0.15	0.13	28.76	1524	1793
Ort	27.51	25.59	46.90	-	1.30	2.65	51.08	0.30	0.26	0.17	0.13	0.09	18.31	1413	2219
Min	16.78	16.35	33.53	-	1.09	2.56	42.35	0.22	0.20	0.11	0.06	0.05	3.15	793	1262
Mak	50.12	33.02	57.70	-	1.53	2.69	58.60	0.40	0.36	0.24	0.17	0.13	34.17	2144	3475
%CV	29.89	16.21	15.45	-	8.59	1.05	8.23	16.80	17.47	22.42	21.37	17.83	41.33	28.00	26.90

Tablo 4.2. Şeker pancarı tarımı altındaki toprakların 2013 yılına ait fiziksel özellikleri

Örnek No	Toprak Fiziksel Özellikleri (2013)												Penetrasyon direnci (kPa)		
	Tekstür			Tekstür sınıfı	P _b (g cm ⁻³)	P _k (g cm ⁻³)	P (%)	TK ₁₀ g g ⁻¹ (10 kPa)	TK ₃₃ g g ⁻¹ (33 kPa)	SN g g ⁻¹ (1500kPa)	FS ₁₀₋₁₅₀₀ g g ⁻¹ (10-1500 kPa)	FS ₃₃₋₁₅₀₀ g g ⁻¹ (33-1500 kPa)	AS (%)	0-20 cm	20-40 cm
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)												
1	59.67	15.00	25.75	SCL	1.45	2.69	45.97	0.31	0.19	0.12	0.19	0.07	4.35	2248	3578
2	63.00	12.50	24.50	SCL	1.53	2.69	43.17	0.29	0.19	0.09	0.20	0.10	5.17	2992	3723
3	38.00	20.00	42.00	C	1.37	2.69	49.31	0.33	0.25	0.13	0.20	0.12	10.92	2572	4130
4	33.00	20.00	47.00	C	1.54	2.69	42.96	0.40	0.28	0.15	0.24	0.12	11.37	1462	1434
5	39.25	20.00	40.75	C	1.56	2.68	41.88	0.37	0.25	0.13	0.23	0.11	8.23	1089	1096
6	38.00	20.00	42.00	C	1.43	2.68	46.57	0.34	0.23	0.14	0.21	0.10	10.97	2151	2751
7	40.50	20.00	39.50	CL	1.48	2.67	44.62	0.30	0.24	0.15	0.15	0.10	12.54	1048	1255
8	40.50	21.25	38.25	CL	1.42	2.65	46.26	0.33	0.23	0.14	0.19	0.09	13.47	1758	3234
9	31.75	25.00	43.25	C	1.62	2.65	39.19	0.32	0.24	0.15	0.17	0.09	23.54	938	2082
10	23.00	26.25	50.75	C	1.53	2.69	43.41	0.34	0.26	0.16	0.18	0.10	12.28	1048	1710
11	18.00	28.75	53.25	C	1.50	2.69	44.34	0.39	0.30	0.17	0.22	0.13	22.87	1544	2337
12	15.50	27.50	57.00	C	1.51	2.70	43.94	0.40	0.31	0.17	0.23	0.14	22.19	1834	2379
13	34.25	21.25	44.50	C	1.34	2.68	50.21	0.33	0.24	0.14	0.20	0.11	9.11	1517	2951
14	23.00	25.00	52.00	C	1.40	2.68	47.96	0.41	0.31	0.21	0.20	0.10	15.84	1620	1600
15	24.25	23.75	52.00	C	1.33	2.68	50.25	0.41	0.30	0.16	0.25	0.13	10.24	1000	1924
16	27.65	21.25	51.10	C	1.34	2.64	49.57	0.44	0.32	0.22	0.21	0.09	9.11	531	1400
17	23.90	21.25	54.85	C	1.37	2.68	48.74	0.44	0.33	0.23	0.21	0.10	14.80	1855	2861
18	23.90	20.00	56.10	C	1.44	2.67	46.23	0.45	0.33	0.23	0.22	0.10	14.18	869	2586
19	62.65	13.75	23.60	SCL	1.75	2.69	34.98	0.21	0.14	0.09	0.12	0.05	6.12	1710	2227
20	66.40	12.50	21.10	SCL	1.66	2.68	38.21	0.28	0.15	0.09	0.19	0.06	6.96	2089	3027
21	18.90	25.00	56.10	C	1.42	2.66	46.77	0.39	0.29	0.16	0.23	0.13	15.08	883	1793
22	16.40	31.25	52.35	C	1.55	2.74	43.62	0.35	0.28	0.16	0.19	0.11	25.05	924	3399
23	13.90	32.50	53.60	C	1.38	2.68	48.60	0.39	0.28	0.17	0.22	0.11	29.25	414	3372
24	18.90	26.25	54.85	C	1.41	2.71	48.06	0.39	0.29	0.18	0.20	0.11	39.69	1324	2013
25	18.90	25.00	56.10	C	1.40	2.71	48.22	0.40	0.30	0.19	0.22	0.11	39.53	1393	2199
26	22.65	27.50	49.85	C	1.50	2.71	44.93	0.37	0.27	0.17	0.20	0.10	21.65	1344	2324
27	46.40	12.50	41.10	SC	1.46	2.68	45.55	0.29	0.25	0.13	0.15	0.12	7.91	1344	3751
Ort	32.67	22.04	45.30	-	1.47	2.68	45.31	0.36	0.26	0.16	0.20	0.10	15.65	1463	2486
Min	13.90	12.50	21.10	-	1.33	2.64	34.98	0.21	0.14	0.09	0.12	0.05	4.35	414	1096
Mak	66.40	32.50	57.00	-	1.75	2.74	50.25	0.45	0.33	0.23	0.25	0.14	39.69	2992	4130
%CV	47.77	25.03	47.77	-	6.93	0.77	8.22	15.91	19.28	24.34	14.42	19.86	60.63	41.32	33.88

Tablo 4.3. Buğday tarımı altındaki toprakların 2014 yılına ait fiziksel özellikleri

Örnek No	Toprak Fiziksel Özellikleri (2014)													Penetrasyon direnci (kPa)	
	Tekstür			Tekstür sınıfı	P _b (g cm ⁻³)	P _k (g cm ⁻³)	P (%)	TK ₁₀ g g ⁻¹ (10 kPa)	TK ₃₃ g g ⁻¹ (33 kPa)	SN g g ⁻¹ (1500kPa)	FS ₁₀₋₁₅₀₀ g g ⁻¹ (10-1500 kPa)	FS ₃₃₋₁₅₀₀ g g ⁻¹ (33-1500 kPa)	AS (%)	0-20 cm	20-40 cm
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)												
1	36.95	25.00	38.05	CL	1.23	2.62	53.07	0.29	0.23	0.15	0.13	0.08	31.29	883	1731
2	44.45	20.00	35.55	CL	1.23	2.62	53.15	0.26	0.22	0.14	0.12	0.08	35.64	903	1682
3	46.95	22.50	30.55	SCL	1.48	2.62	43.68	0.24	0.20	0.12	0.12	0.08	36.14	1020	1620
4	40.28	22.50	37.22	CL	1.45	2.62	44.45	0.28	0.22	0.13	0.15	0.09	39.50	1310	1896
5	46.95	25.00	28.05	SCL	1.34	2.57	47.76	0.26	0.20	0.12	0.14	0.08	23.32	1400	1613
6	25.28	29.17	45.55	C	1.19	2.61	54.52	0.35	0.30	0.17	0.17	0.13	31.20	1475	1979
7	29.45	30.00	40.55	C	1.43	2.51	43.16	0.30	0.25	0.15	0.15	0.10	30.60	1931	2806
8	29.45	25.83	44.72	C	1.35	2.60	48.02	0.34	0.28	0.17	0.17	0.11	34.84	1606	2048
9	36.95	25.00	38.05	CL	1.27	2.63	51.75	0.30	0.24	0.14	0.15	0.09	31.92	1689	1958
10	42.78	20.00	37.22	CL	1.28	2.66	51.87	0.28	0.25	0.16	0.12	0.09	12.69	1593	1958
11	44.45	20.83	34.72	CL	1.44	2.64	45.30	0.28	0.25	0.14	0.14	0.11	22.47	2048	2972
12	40.28	24.17	35.55	CL	1.47	2.63	44.13	0.30	0.26	0.15	0.15	0.12	12.61	1737	2172
13	30.28	26.67	43.05	C	1.18	2.64	55.20	0.36	0.31	0.18	0.18	0.13	29.90	752	1793
14	32.78	17.50	49.72	C	1.22	2.65	53.94	0.38	0.32	0.20	0.17	0.12	21.83	1213	1455
15	30.28	22.50	47.22	C	1.09	2.64	58.87	0.40	0.33	0.23	0.16	0.10	31.90	1131	2392
16	35.28	16.67	48.05	C	1.22	2.63	53.81	0.35	0.31	0.21	0.14	0.10	37.21	903	2358
17	25.28	24.17	50.55	C	1.22	2.62	53.23	0.36	0.34	0.24	0.12	0.10	36.31	1241	1862
18	30.28	19.17	50.55	C	1.09	2.60	58.17	0.38	0.33	0.23	0.15	0.10	14.40	1055	1855
19	29.45	23.33	47.22	C	1.20	2.64	54.74	0.37	0.30	0.20	0.17	0.10	16.95	1531	1944
20	30.28	22.50	47.22	C	1.18	2.64	55.09	0.36	0.31	0.20	0.16	0.11	17.18	1062	1531
21	25.28	27.50	47.22	C	1.21	2.64	54.20	0.36	0.31	0.20	0.16	0.11	25.04	1103	1841
22	27.78	30.00	42.22	C	1.19	2.64	54.82	0.38	0.31	0.21	0.16	0.10	34.20	979	2013
23	27.78	29.17	43.05	C	1.18	2.63	55.20	0.35	0.30	0.19	0.15	0.11	20.30	1124	1717
24	22.78	27.50	49.72	C	1.16	2.64	55.98	0.37	0.30	0.21	0.16	0.09	37.44	1276	1896
25	21.95	27.50	50.55	C	1.24	2.62	52.49	0.37	0.31	0.20	0.17	0.11	26.50	1889	2137
26	26.95	22.50	50.55	C	1.14	2.62	56.61	0.38	0.30	0.19	0.19	0.10	25.95	883	1579
27	27.78	24.17	48.05	C	1.17	2.63	55.44	0.34	0.28	0.19	0.16	0.10	24.22	1165	1124
Ort	32.90	24.11	42.99		1.25	2.62	52.17	0.33	0.28	0.18	0.15	0.10	27.46	1293	1923
Min	21.95	16.67	28.05		1.09	2.51	43.16	0.24	0.20	0.12	0.12	0.08	12.61	752	1124
Mak	46.95	30.00	50.55		1.48	2.66	58.87	0.40	0.34	0.24	0.19	0.13	39.50	2048	2972
%CV	22.93	15.19	15.34		9.07	1.10	8.79	13.71	14.82	19.45	12.40	13.86	29.56	27.60	20.18

Tablo 4.4. Şeker pancarı tarımı altındaki toprakların 2014 yılına ait fiziksel özellikleri

Örnek No	Toprak Fiziksel Özellikleri (2014)													Penetrasyon direnci (kPa)	
	Tekstür			Tekstür sınıfı	P _b (g cm ⁻³)	P _k (g cm ⁻³)	P (%)	TK ₁₀ g g ⁻¹ (10 kPa)	TK ₃₃ g g ⁻¹ (33 kPa)	SN g g ⁻¹ (1500kPa)	FS ₁₀₋₁₅₀₀ g g ⁻¹ (10-1500 kPa)	FS ₃₃₋₁₅₀₀ g g ⁻¹ (33-1500 kPa)	AS (%)	0-20 cm	20-40 cm
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)												
1	17.93	26.67	55.40	C	1.20	2.61	53.85	0.41	0.32	0.21	0.23	0.11	9.28	655	1262
2	12.93	27.50	59.57	C	1.31	2.63	50.31	0.34	0.32	0.19	0.14	0.12	25.90	1365	2799
3	10.43	29.17	60.40	C	1.38	2.65	47.77	0.35	0.32	0.20	0.15	0.12	16.56	1627	2558
4	10.43	26.67	62.90	C	1.23	2.62	52.90	0.35	0.33	0.21	0.15	0.13	23.83	931	1427
5	10.43	26.67	62.90	C	1.25	2.64	52.46	0.38	0.32	0.19	0.17	0.13	26.75	1820	2682
6	12.10	25.00	62.90	C	1.32	2.64	49.93	0.34	0.34	0.21	0.15	0.13	16.21	1641	2213
7	9.60	25.00	65.40	C	1.22	2.64	53.82	0.38	0.35	0.22	0.16	0.13	22.26	924	1338
8	10.43	25.00	64.57	C	1.34	2.62	49.06	0.40	0.34	0.20	0.18	0.14	24.60	1165	1724
9	12.10	25.83	62.07	C	1.35	2.66	49.21	0.37	0.33	0.21	0.17	0.12	24.57	1296	2186
10	14.60	22.50	62.90	C	1.41	2.62	46.05	0.37	0.32	0.20	0.16	0.13	22.45	1262	2599
11	14.60	25.00	60.40	C	1.32	2.63	49.89	0.39	0.29	0.17	0.19	0.12	11.87	1531	2379
12	15.43	26.67	57.90	C	1.40	2.64	46.94	0.33	0.29	0.17	0.16	0.12	22.41	1572	1965
13	19.60	22.50	57.90	C	1.35	2.64	48.77	0.34	0.26	0.16	0.17	0.09	28.80	786	1620
14	19.60	25.00	55.40	C	1.45	2.67	45.74	0.30	0.27	0.16	0.13	0.11	23.62	2165	3785
15	17.10	27.50	55.40	C	1.31	2.67	51.07	0.30	0.25	0.16	0.14	0.09	36.31	1841	3358
16	14.60	25.00	60.40	C	1.46	2.63	44.70	0.29	0.20	0.12	0.13	0.08	24.92	1572	2765
17	40.43	19.17	40.40	C	1.46	2.65	44.86	0.26	0.19	0.12	0.13	0.07	13.91	1931	4144
18	47.93	17.50	34.57	SCL	1.46	2.66	45.06	0.24	0.20	0.14	0.12	0.06	15.25	2206	4178
19	47.93	16.67	35.40	SC	1.48	2.65	44.11	0.25	0.19	0.13	0.11	0.07	16.87	2117	3696
20	45.43	14.17	40.40	C	1.44	2.65	45.78	0.25	0.28	0.16	0.12	0.12	18.92	2055	3578
21	32.10	22.50	45.40	C	1.23	2.65	53.59	0.33	0.23	0.14	0.17	0.09	20.69	1758	3282
22	34.60	18.33	47.07	C	1.28	2.67	52.11	0.28	0.31	0.17	0.14	0.13	12.99	1703	3344
23	22.93	25.00	52.07	C	1.25	2.62	52.49	0.38	0.30	0.19	0.20	0.10	24.85	1469	2854
24	22.10	25.00	52.90	C	1.31	2.64	50.42	0.35	0.30	0.19	0.15	0.11	17.75	1103	2330
25	20.43	26.67	52.90	C	1.28	2.66	51.86	0.35	0.30	0.19	0.16	0.11	14.95	1276	2310
26	17.93	25.00	57.07	C	1.28	2.62	51.03	0.34	0.32	0.21	0.14	0.11	22.21	1496	2130
27	17.10	25.00	57.90	C	1.31	2.63	50.27	0.35	0.32	0.21	0.14	0.11	33.03	2034	2399
Ort	21.14	23.95	54.91		1.34	2.64	49.41	0.33	0.29	0.18	0.15	0.11	21.18	1530	2626
Min	9.60	14.17	34.57		1.20	2.61	44.11	0.24	0.19	0.12	0.11	0.06	9.28	655	1262
Mak	47.93	29.17	65.40		1.48	2.67	53.85	0.41	0.35	0.22	0.23	0.14	36.31	2206	4178
%CV	56.77	15.43	16.12		6.30	0.62	6.23	14.29	16.86	16.79	17.10	19.49	30.06	28.02	31.53

4.2. Çalışma Alanı Topraklarının Kimyasal Özellikleri

Çalışma alanından alınan toprak örneklerinin 2013 ve 2014 yıllarına ait kimyasal özellikleri Tablo 4.5-4.8 de belirtilmiştir.

Araştırma konusu toprakların pH değerlerinin 7.66-8.41 arasında değiştiği saptanmıştır. Tüm topraklar alkalın karakterde olup pH ana materyalin niteliği ve karbonat içeriği ile uyumlu haldedir. Munsuz ve ark. (1996) Konya Şeker Fabrikası ekim alanında yaptıkları çalışmada, yürütülen çalışma ile uyumlu olarak, toprakların pH değerlerinin 6.4-8.8 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir.

EC değerlerinin ise 299.0-1820.7 $\mu\text{S m}^{-1}$, arasında değişmiş olup toprakların tuz içerikleri 4000 $\mu\text{S m}^{-1}$ altında çıkmış ve tuzluluk problemi bulunmamaktadır (Ülgen ve Yurtsever, 1995). Munsuz ve ark. (1996), Konya Şeker Fabrikası ekim alanında yaptıkları çalışmada, yürütülen çalışma ile uyumlu olarak, toprakların EC değerlerinin 0.43-9.0 dS m^{-1} (430-9000 $\mu\text{S m}^{-1}$) arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Toprakların kireç içerikleri, bölgenin lakustrin karakterli depozitler üzerine alüvyal materyalin gelmesi ve bunların depolanma desenine bağlı olarak geniş bir aralıkta değişim göstermiştir. Kireç miktarının dağılımı ise, %10.05-41.50 arasında bulunmuştur. Çalışma alanı topraklarının kireç içerikleri orta kireçli (%5-15), fazla kireçli (%15-25) ve çok fazla kireçli (>%25) sınıflarında yer almıştır (Ülgen ve Yurtsever, 1995). Bölgede yürütülen çalışma ile uyumlu olarak, toprakların kireç içeriklerinin %0.3-77.2 arasında değiştiğini bulmuşlardır (Munsuz ve ark., 1996).

Toplam azot, $\text{NH}_4\text{-N}$ ve $\text{NO}_3\text{-N}$ ise sırasıyla; %0.05-0.18, 6.86-40.16 mg kg^{-1} ve 6.65-97.83 mg kg^{-1} ; arasında değişim göstermiştir. Toprakların toplam azotu yeterlilik sınırı olan 900 mg N kg^{-1} değerinin altında ve üstünde yer almıştır. Topraklarda nitrat azotu aynı yıl içinde pancar ekili alanlarda daha yüksek bulunmuştur. Bölgede şeker pancarı yetiştiriciliğinde fazla azotlu ve fosforlu gübreleme uygulaması yoğun olarak yapılmaktadır. Bu durum özellikle şeker pancarında yapılan fazla gübrelemenin bir sonucu niteliğindedir. Munsuz ve ark. (1996), Konya Şeker Fabrikası ekim alanında yaptıkları çalışmada, yürütülen çalışma ile uyumlu olarak, toprakların toplam azot içeriklerinin %0.041-0.17 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Toprakların YP içerikleri yüksek olup, 6.97-107.39 mg kg^{-1} arasında değiştiği saptanmıştır. Toprak örneklerinin büyük çoğunluğunun fosfor içerikleri yeterli sınır değerlerinin (8-25 mg P kg^{-1}) arasında, 3 örnekleme noktada yeterlilik sınırının altında ve 31 örnekleme noktada da yeterlilik sınırının üzerinde çıkmıştır (Güçdemir, 2006). Güçdemir (2006), Orta Anadolu Bölgesi topraklarının %22.9'unun fosfor

kapsamalarının yeterlilik sınırının üzerinde olduğunu ifade edilmiştir. Munsuz ve ark. (1996), Konya Şeker Fabrikası ekim alanında yaptıkları çalışmada, yürütülen çalışma ile uyumlu olarak, toprakların toplam fosfor içeriklerinin $9.2-230.0 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ ($3.9-100.5 \text{ mg P kg}^{-1}$) arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Çalışma alanında ise toprakların büyük çoğunluğunun fosfor kapsamı yeterlilik sınırında ve üzerinde çıkmasının nedeninin bölgede uygulanan sulu tarımla birlikte yoğun gübrelemeden kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Toprakların değişebilir element içeriklerindeki bolluk sırası; $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$ şeklinde bulunmuş ve söz konusu elementlerin dağılımı, Ca içeriği $2391-8084 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında, Mg içeriği $294.1-2729.9 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında, K içeriği $157.1-1970 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında, Na içeriği ise $20.46-308 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. Tüm toprakların Ca, Mg ve K içerikleri yeterlilik sınırının üzerinde çıkmıştır (Güçdemir, 2006). Munsuz ve ark. (1996), Konya Şeker Fabrikası ekim alanında yaptıkları çalışmada, yürütülen çalışma ile uyumlu olarak, toprakların potasyum içeriklerinin $280-2320 \text{ mg K kg}^{-1}$ arasında değiştiğini bulmuşlardır.

Toprakların yarayışlı mikro besin elementi içerikleri analiz edilmiştir. Buna göre; yarayışlı mikro besin elementlerinden Fe içeriği $3.70-33.59 \text{ mg kg}^{-1}$, Cu içeriği $0.93-4.68 \text{ mg kg}^{-1}$, Mn içeriği $6.43-36.19 \text{ mg kg}^{-1}$ ve Zn içeriği $0.32-5.53 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmiştir. Örneklerin Fe kapsamı 5 noktada yeterlilik sınırının altında ($<4.5 \text{ mg Fe kg}^{-1}$); Cu kapsamı tüm topraklarda yeterlilik sınırının üzerinde ($>0.2 \text{ mg Cu kg}^{-1}$); Mn kapsamı 37 noktada yeterlilik sınırının altında ($<14 \text{ mg Mn kg}^{-1}$); Zn kapsamı 42 noktada yeterlilik sınırının altında ($<0.7 \text{ mg kg}^{-1}$) çıkmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978; Sillianpa, 1990; Güçdemir, 2006).

Tablo 4.5. Buğday tarımı altındaki toprakların 2013 yılına ait kimyasal özellikleri

Örnek No	Toprak Kimyasal Özellikleri (2013)															
	pH 1/1	EC 1:1 ($\mu\text{S/cm}$)	Kireç % (0-20) cm	TN (%)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg kg^{-1})	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg kg^{-1})	YP (mg kg^{-1})	Ekstrakte edilebilir (mg kg^{-1})				Yarayışlı elementler (mg kg^{-1})				
								Ca	Mg	Na	K	Fe	Cu	Mn	Zn	
1	8.07	366	15.14	0.066	15.91	14.85	14.43	2732	837	61	567	10.90	1.31	14.63	2.13	
2	8.10	396	20.48	0.103	7.35	6.72	17.27	3593	1008	109	519	10.01	1.64	16.22	1.82	
3	8.02	445	18.17	0.110	8.70	20.08	11.93	3456	1038	96	442	10.04	2.01	18.04	1.01	
4	7.96	471	19.63	0.173	12.02	23.47	89.60	3319	1133	93	746	12.88	1.93	23.51	5.53	
5	8.09	392	19.10	0.097	12.16	18.81	12.80	3558	1079	91	358	11.97	1.59	15.95	0.42	
6	8.12	355	21.91	0.113	8.55	18.45	12.57	3245	1067	85	315	10.29	1.50	16.03	1.31	
7	8.08	390	31.49	0.137	7.14	10.61	45.77	2391	611	51	520	16.86	0.93	14.94	1.62	
8	8.03	426	34.00	0.105	6.86	10.96	24.47	4692	1789	231	736	10.15	1.36	15.48	0.97	
9	8.19	299	31.49	0.092	8.70	9.33	14.23	2887	857	60	250	10.83	1.12	13.27	0.93	
10	8.10	357	33.58	0.115	11.67	16.76	20.57	2835	798	49	244	15.52	1.39	14.26	0.91	
11	8.11	366	21.86	0.092	10.18	16.33	11.50	2900	789	48	222	13.47	1.65	17.17	0.48	
12	8.06	353	22.71	0.126	8.70	14.28	25.40	3352	1264	69	285	17.85	1.84	16.60	1.41	
13	7.98	584	24.33	0.112	9.83	41.43	14.83	2902	773	116	196	19.36	1.49	16.04	1.51	
14	7.97	342	20.07	0.109	14.99	6.65	11.00	2812	591	40	208	16.04	1.48	14.41	0.40	
15	8.05	354	22.77	0.095	12.23	13.08	10.87	2665	854	70	220	16.74	1.61	13.56	0.80	
16	7.90	377	12.69	0.065	14.71	7.71	16.00	2654	820	47	157	15.76	1.31	11.33	0.63	
17	7.97	543	18.00	0.069	18.88	13.65	18.33	2945	1315	145	282	17.40	1.49	16.27	3.32	
18	7.88	913	17.12	0.135	19.65	17.96	19.10	3369	1302	206	426	16.17	1.50	15.98	0.65	
19	7.91	889	18.64	0.103	22.13	38.25	15.60	3260	1442	157	386	15.91	1.76	15.86	0.52	
20	7.95	509	17.62	0.101	20.43	11.81	20.73	3240	1455	116	250	20.40	1.95	17.48	1.10	
21	8.02	452	15.00	0.090	21.78	12.51	12.40	2537	1417	92	166	20.71	1.55	15.27	0.76	
22	7.93	661	18.86	0.085	14.85	59.46	16.47	2683	1274	161	201	16.88	1.83	14.83	1.30	
23	7.88	464	15.69	0.142	20.01	14.14	11.63	2890	1187	124	189	14.01	1.34	18.27	0.92	
24	7.85	352	15.64	0.090	17.46	20.57	9.33	2969	1050	78	239	15.65	1.19	13.19	0.43	
25	7.66	453	18.97	0.110	14.35	16.19	8.53	3426	1080	112	236	18.97	1.18	36.19	0.73	
26	7.86	432	15.72	0.112	19.02	30.26	19.50	3560	1407	117	230	15.88	1.40	19.41	0.98	
27	7.94	528	15.44	0.141	22.41	36.98	6.97	3344	1514	133	163	17.44	1.39	14.75	0.53	
Ort.	7.99	462	20.60	0.107	14.10	19.31	18.96	3119	1102	102	324	15.11	1.51	16.23	1.23	
Min	7.66	299	12.69	0.065	6.86	6.65	6.97	2391	591	40	157	10.01	0.93	11.33	0.40	
Mak	8.19	913	34.00	0.173	22.41	59.46	89.60	4692	1789	231	746	20.71	2.01	36.19	5.23	
%CV	1.40	32.77	28.27	22.87	36.21	63.30	84.24	14.89	27.07	47.00	51.40	21.63	17.50	27.26	87.20	

Tablo 4.6. Şeker pancarı tarımı altındaki toprakların 2013 yılına ait kimyasal özellikleri

Örnek No	pH 1/1	EC 1:1 ($\mu\text{S/cm}$)	Kireç % (0-20) cm	TN (%)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg kg^{-1})	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg kg^{-1})	YP (mg kg^{-1})	Ekstrakte edilebilir (mg kg^{-1})				Yarayışlı elementler (mg kg^{-1})			
								Ca	Mg	Na	K	Fe	Cu	Mn	Zn
								1	8.04	1073	18.55	0.114	17.25	32.45	42.43
2	7.93	666	12.84	0.093	17.96	30.26	21.05	3065	830	48	287	3.91	1.04	6.76	1.29
3	8.02	509	13.31	0.081	22.55	35.77	14.17	3951	1099	21	573	5.60	1.76	7.15	1.25
4	7.89	1039	11.74	0.106	28.92	41.08	22.20	3913	1240	62	758	5.82	1.99	8.29	1.41
5	7.91	655	12.10	0.090	28.49	35.00	20.50	3878	1181	44	525	5.68	1.91	7.41	1.73
6	8.05	612	14.33	0.083	23.90	30.54	17.47	3563	1183	52	950	4.77	1.92	7.01	1.14
7	8.05	687	15.12	0.074	25.24	30.90	52.59	3308	1180	61	1287	4.60	1.78	7.43	1.79
8	8.15	750	16.01	0.085	26.51	28.35	59.61	3037	1062	77	1970	4.11	2.23	7.58	2.00
9	7.90	997	16.66	0.074	38.53	57.76	38.23	3504	1240	52	961	6.64	2.69	7.58	1.79
10	8.14	651	19.49	0.098	20.01	29.69	28.23	3777	1525	59	952	6.46	2.67	6.43	1.53
11	8.00	870	18.31	0.121	21.92	36.06	20.41	4005	1718	65	791	7.72	3.23	7.17	2.04
12	7.95	1039	18.13	0.101	26.37	63.28	17.91	4191	1769	77	578	10.77	2.67	8.05	1.74
13	7.94	833	12.23	0.077	23.05	32.88	13.47	4268	1265	55	580	5.58	1.88	6.95	1.47
14	8.06	442	12.70	0.066	21.70	27.79	15.53	4786	1676	61	464	7.08	2.04	7.11	1.13
15	7.84	834	11.36	0.086	19.65	30.90	12.13	5245	1504	43	678	7.69	2.10	7.37	1.60
16	7.92	824	12.15	0.114	20.08	33.30	30.62	4183	1659	54	904	7.81	2.22	9.31	1.01
17	7.89	994	14.08	0.109	40.16	41.57	25.19	4430	1751	82	856	7.90	2.63	10.07	1.18
18	8.02	881	18.18	0.116	17.60	30.90	10.98	4377	1984	77	612	10.25	2.64	7.97	1.37
19	8.03	507	12.33	0.092	12.87	22.55	16.71	2966	763	25	317	4.06	1.07	7.16	1.31
20	8.07	492	13.51	0.086	14.63	21.70	22.79	2975	722	22	301	3.81	1.17	7.00	1.15
21	8.00	768	18.76	0.098	15.06	35.99	16.21	4044	1689	80	850	9.66	2.81	8.77	1.05
22	7.83	602	19.07	0.099	17.89	27.64	15.87	4301	1478	31	366	13.03	2.74	8.14	1.99
23	7.84	457	24.04	0.112	21.57	17.18	26.03	3942	1588	58	506	12.55	3.04	7.02	1.38
24	7.92	507	24.43	0.098	11.19	16.71	19.45	4285	1915	68	459	13.59	2.89	6.55	1.73
25	7.95	468	22.52	0.105	16.91	24.04	14.87	4314	1828	72	483	14.07	3.07	6.81	1.76
26	7.93	433	17.63	0.083	20.84	21.91	28.47	4330	1473	81	424	9.62	2.62	8.54	1.12
27	7.69	1516	18.52	0.127	19.97	77.97	107.39	2951	1392	144	987	16.59	4.68	10.64	5.00
Ort,	7.96	745	16.23	0.096	21.88	33.86	27.06	3928	1399	59	719	7.89	2.33	7.68	1.65
Min	7.69	433	11.36	0.066	11.19	16.71	10.98	2951	722	20	287	3.70	1.04	6.43	1.01
Mak,	8.15	1516	24.43	0.127	40.16	77.97	107.39	5245	1984	144	1970	16.59	4.68	10.64	5.00
%CV	1.27	34.37	23.42	16.55	30.66	40.01	73.95	15.07	24.93	42.42	49.90	45.70	33.10	13.49	46.30

Tablo 4.7. Buğday tarımı altındaki toprakların 2014 yılına ait kimyasal özellikleri

Örnek No	pH 1/1	EC 1:1 ($\mu\text{S/cm}$)	Kireç % (0-20) cm	TN (%)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg kg^{-1})	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg kg^{-1})	YP (mg kg^{-1})	Ekstrakte edilebilir (mg kg^{-1})				Yarayışlı elementler (mg kg^{-1})			
								Ca	Mg	Na	K	Fe	Cu	Mn	Zn
								1	8.05	611	11.87	0.086	13.92	13.92	17.38
2	8.26	515	11.76	0.063	16.52	14.99	7.81	4804	792	193	586	16.05	1.98	17.36	0.80
3	8.31	385	12.49	0.056	14.66	11.60	10.46	4257	630	92	623	11.07	1.84	13.57	0.93
4	8.26	421	12.41	0.055	16.24	12.90	10.39	4729	866	122	582	16.52	3.16	11.47	0.73
5	8.18	724	12.85	0.054	18.22	48.21	16.13	3985	660	176	1078	8.58	1.51	11.06	0.86
6	8.25	752	22.68	0.089	21.16	13.24	16.05	4372	1370	259	1693	12.20	1.64	13.74	0.52
7	8.18	534	18.20	0.085	19.80	17.26	34.19	4902	977	107	1409	10.17	1.35	17.41	0.63
8	8.15	449	10.05	0.062	18.79	14.77	10.85	5616	1070	136	689	8.24	1.10	11.52	0.33
9	8.12	469	11.16	0.073	15.90	14.43	9.76	5057	800	94	600	13.10	1.70	13.97	1.09
10	8.19	405	11.19	0.070	19.97	15.11	15.70	4614	862	106	739	12.30	1.52	16.06	1.00
11	8.22	420	12.55	0.098	18.67	13.47	23.39	4129	675	115	1260	10.03	1.43	18.50	0.69
12	8.20	389	12.85	0.083	17.60	16.18	14.64	4813	839	64	696	11.80	1.80	14.42	0.83
13	8.18	487	10.13	0.138	18.62	16.01	9.40	5521	928	247	1018	13.65	1.86	15.51	1.00
14	8.22	440	11.46	0.123	17.20	12.50	24.30	4805	1759	235	833	24.51	2.43	18.40	0.66
15	8.14	515	13.80	0.148	21.39	17.14	16.32	5225	1481	201	1192	23.65	2.35	20.30	1.05
16	8.19	402	12.39	0.116	17.99	9.22	14.11	5495	1338	134	944	19.40	2.34	17.58	1.03
17	8.16	433	13.88	0.128	16.95	11.37	14.54	5413	1471	168	969	20.52	2.22	18.20	1.29
18	8.21	372	11.46	0.128	18.33	12.96	7.14	5852	1354	250	746	19.40	2.26	15.41	0.32
19	8.26	352	12.93	0.112	16.58	13.13	8.68	5922	1124	163	673	18.03	2.54	14.72	0.70
20	8.28	388	13.31	0.111	19.58	13.24	13.92	5983	1012	236	710	18.47	2.21	15.14	0.77
21	8.27	424	13.53	0.105	17.60	12.50	10.41	5975	1137	278	666	20.45	2.20	16.78	0.56
22	8.22	458	13.36	0.096	18.56	14.60	13.24	6249	1211	308	635	21.57	2.46	18.11	0.71
23	8.23	367	13.20	0.118	15.05	15.11	17.95	5908	987	152	683	21.01	2.38	15.44	1.17
24	8.20	364	14.59	0.112	16.58	11.32	13.34	6089	1231	155	572	21.87	2.47	14.42	1.24
25	8.04	616	15.08	0.131	17.54	16.86	13.44	5736	1454	103	671	21.25	3.19	15.56	0.71
26	8.17	413	13.93	0.119	16.98	14.37	12.91	5729	968	193	665	22.14	2.51	17.87	0.46
27	8.11	426	15.89	0.095	18.22	13.41	27.13	5567	1160	77	610	22.24	3.13	15.44	1.01
Ort	8.19	464	13.30	0.100	17.73	15.18	14.95	5246	1075	167	820	16.72	2.13	15.69	0.81
Min	8.04	352	10.05	0.054	13.92	9.22	7.14	3985	630	64	572	8.24	1.10	11.06	0.32
Mak	8.31	752	22.68	0.148	21.39	48.21	34.19	6249	1759	308	1693	24.51	3.19	20.30	1.29
%CV	0.80	22.46	19.16	27.86	10.18	45.26	41.46	12.42	26.72	39.52	34.92	30.18	25.67	14.61	31.61

Tablo 4.8. Şeker pancarı tarımı altındaki toprakların 2014 yılına ait kimyasal özellikleri

Toprak Kimyasal Özellikleri (2014)															
Örnek No	pH 1/1	EC 1:1 (µS/cm)	Kireç % (0-20) cm	TN (%)	NH ₄ -N (mg kg ⁻¹)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	YP (mg kg ⁻¹)	Ekstrakte edilebilir (mg kg ⁻¹)				Yararışlı elementler (mg kg ⁻¹)			
								Ca	Mg	Na	K	Fe	Cu	Mn	Zn
1	7.93	869	20.43	0.156	28.69	61.39	25.76	7590	715	111	908	11.70	2.32	23.65	2.13
2	8.00	926	19.79	0.142	26.71	81.20	65.63	7222	662	106	772	14.77	3.06	24.81	3.16
3	8.21	454	20.32	0.123	23.26	20.71	18.90	7514	880	74	650	14.37	2.85	21.43	1.53
4	8.04	1374	20.43	0.150	24.78	37.06	31.41	7178	2202	91	719	15.77	3.20	22.32	3.51
5	8.26	531	19.37	0.174	19.46	22.12	31.95	7420	2038	70	663	17.66	3.44	25.99	2.58
6	8.20	813	19.05	0.138	22.86	37.29	16.00	7681	1528	81	700	15.07	3.14	25.40	1.71
7	8.33	386	20.32	0.183	22.07	17.77	26.97	7419	2420	84	736	18.10	3.02	22.42	2.04
8	8.29	491	20.06	0.144	19.41	25.86	30.04	7421	2730	81	689	17.46	2.86	19.95	2.94
9	8.32	417	20.70	0.158	23.65	16.64	17.70	7669	787	73	645	14.59	2.56	14.93	2.81
10	8.18	914	21.28	0.132	24.10	38.59	12.34	7692	913	91	571	18.63	2.97	20.65	0.65
11	8.29	605	20.11	0.127	19.80	42.38	9.92	7680	807	61	559	16.76	2.87	22.21	1.46
12	8.19	1010	22.66	0.146	19.24	97.83	17.50	7367	491	77	547	15.30	3.12	25.01	2.25
13	8.29	529	22.66	0.142	24.44	19.63	31.55	6913	675	73	677	16.74	3.27	25.31	2.77
14	8.32	457	41.50	0.126	23.65	25.35	38.32	6063	539	36	560	15.20	2.80	20.85	3.73
15	8.17	1093	35.39	0.139	20.82	62.30	38.77	6553	624	61	503	15.05	2.53	23.21	2.12
16	8.41	404	34.60	0.119	24.50	19.07	28.04	6568	611	60	515	14.92	3.00	19.63	2.07
17	8.11	1265	33.86	0.147	24.84	60.88	86.95	5586	371	24	635	11.43	2.18	20.88	4.19
18	8.05	1821	28.50	0.144	25.86	96.76	64.31	5332	356	25	708	9.87	2.32	19.44	4.61
19	8.29	596	36.08	0.111	26.03	43.97	42.14	5260	294	26	447	9.48	1.89	13.77	3.35
20	7.96	656	32.37	0.124	23.37	21.39	29.32	5485	406	34	367	11.75	2.30	18.81	2.40
21	7.80	636	24.20	0.179	23.37	43.85	23.29	6453	816	53	732	11.98	2.90	22.16	2.62
22	8.40	364	24.94	0.103	25.97	17.60	32.39	6077	811	59	487	16.62	2.99	20.16	1.79
23	8.33	473	24.30	0.133	25.18	20.14	21.12	7272	963	79	594	17.02	3.21	25.83	1.44
24	8.40	348	22.18	0.105	24.95	24.44	10.46	7547	961	92	588	18.74	3.04	22.47	1.28
25	8.28	514	22.55	0.118	24.10	22.58	36.94	7770	1074	83	566	16.95	3.07	24.06	2.65
26	8.29	441	23.83	0.111	22.69	22.97	29.32	7389	1336	93	559	18.74	3.20	20.99	2.34
27	8.17	838	21.86	0.118	28.18	20.71	43.29	8084	1127	102	709	17.54	3.60	24.26	2.78
Ort	8.20	712	24.94	0.140	23.78	37.80	31.86	6971	1005	70	622	15.27	2.88	21.87	2.48
Min	7.80	348	19.05	0.103	19.24	16.64	9.92	5260	294	24	367	9.48	1.89	13.77	0.65
Mak	8.41	1821	41.50	0.183	28.69	97.83	86.95	8084	2730	111	908	18.74	3.60	25.99	4.61
%CV	1.89	50.31	25.33	15.49	10.48	63.61	55.08	11.94	64.27	35.05	18.24	15.27	14.04	13.81	36.66

4.3. Çalışma Alanı Topraklarının Biyolojik Özellikleri

Çalışma sahasından alınan toprak örneklerinin 2013 ve 2014 yıllarına ait biyolojik özellikleri seri bazında sırasıyla Tablo 4.9-4.12’de verilmiştir.

Toprakların organik madde içeriği % 0.79-3.79 arasında bulunmuştur. Buğday ve şeker pancarı tarımı yapılan alanlarda ortalama organik madde içeriği sırasıyla; %1.48-1.34 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.9-4.12). Toprak organik maddesinin esas bileşeni olan toprakların organik karbon içerikleri erozyondan çöleşmeye, besin elementi yarayışlılığından biyolojik özelliklere, toprak sıkışmasından hidrodinamik parametrelere kadar birçok toprak özelliğini doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Güçdemir (2006) Orta Anadolu topraklarının %74.7’sinin organik madde kapsamının çok az (<%1) ve az (%1-2 arası) guruplarında yer aldığını, buna benzer olarak çalışma alanı topraklarında 10 örnekleme noktasının organik madde kapsamı az sınıfın üzerinde çıkmış, diğerlerinin organik madde kapsamı ise az sınıfın altında yer almıştır. Toplam 108 örnekleme yapıldığı alanda örneklerin %87.3’ünün organik madde miktarları %2’nin (%1.16 C) altında çıkmıştır. Munsuz ve ark. (1996), çalışma alanını da kapsayan Konya Şeker Fabrikası ekim alanlarında aldıkları 55 adet toprak örneğinde, yapılan çalışma ile uyumlu olarak toprakların %90.9’unun organik madde kapsamının %2’nin altında çıktığını, toprakların organik madde kapsamının %0.37-2.67 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Toprakların organik karbon miktarı genel olarak toprak bünyesi incelidikçe artmıştır. Bu durum kilin toprakta organik madde birikimine olan katkısı niteliğinde olup, silt ve daha iri fraksiyonlar ile buna bağlı olarak oluşan makro agregatların kültüvasyon pratiklerine, kil fraksiyonu ve mikro agregatlardan daha duyarlı olmasından kaynaklanmaktadır. Zira kil mineralleri organik madde ile kompleksler oluşturarak organik maddenin biyolojik olarak parçalanmasını engellemektedir (Davidson ve Ackerman, 1993; Franzluebbbers ve Arshad, 1997; Golchin ve ark., 1997; Caravaca ve ark., 1999; Islam ve Weil, 2000; Puget ve ark., 2000; Zhong ve Qiguo, 2001; Wang ve ark., 2003; Özülü ve Özaytekin, 2011).

Çalışma topraklarının aktif karbon kapsamı; 102-1009 mg kg⁻¹ arasında, arasında çıkmıştır. Buğday ve şeker pancarı tarımı altındaki alanlarda ortalama aktif karbon içeriği sırasıyla; 833-367 mg kg⁻¹ arasında bulunmuştur (Tablo 4.9-4.12). Şeker pancarı tarımı altındaki topraklarda ölçülen aktif karbon içeriği buğday tarımı altındaki topraklarda ölçülen aktif karbon içeriğinden yaklaşık 2-3 kat daha düşük çıkmıştır. Bu durum şeker pancarı yetiştiriciliğinde yapılan yoğun toprak işlemenin ve farklı kök

yapısına sahip çapa bitkisi yetiştiriciliğinin bir sonucu niteliğindedir. Toprakta yaşayan mikroorganizmaların karbon ve enerji kaynağı olarak hızlı faydalandığı, organik maddenin bir fraksiyonu olan aktif karbon, topraklar için bir indikatör niteliğindedir. Bitki ve toprak amenajmanı ile ilgili uygulamaların toprak sağlığına etkilerini açıklamada ve değerlendirmede kullanılmaktadır (Gugino ve ark., 2009).

Potansiyel mineralize olabilir azot içerikleri $0.91-23.82 \mu\text{g N gFKT}^{-1} \text{ hafta}^{-1}$ arasında değiştiği saptanmıştır (Tablo 4.9-4.12). Potansiyel mineralize olabilir azot, toprak mikroorganizmaları tarafından organik komplekslere bağlı azotun bitkiye faydalı azot formu olan amonyum dönüştürülebilme kapasitesinin bir ölçüsü olarak değerlendirilmektedir. Toprakların potansiyel mineralize olabilir azot miktarının yüksekliği bitkiler için daha kısa sürede daha fazla azot sağlama kapasitesine sahip oldukları anlamına gelmektedir (Gugino ve ark., 2009).

Çalışma alanı topraklarının kök sağlığı değeri 2-9 arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.9-4.12). Ortalama kök sağlığı değerleri buğday tarımı altında 5.13 ve şeker pancarı tarımı altında 4.03 çıkmıştır. Tüm çalışma alanını kök sağlığı değeri ise ortalama 4.58 bulunmuştur. Bu değer de çalışma alanı topraklarında bitkilerin sağlıklı gelişimlerini etkileyebilecek toprak kaynaklı patojenlerin bulunduğu anlamına gelmektedir. Nitekim Boyraz ve Baştaş (2004), kavunlarda *Fusarium solgunluk* hastalığının yaygınlığının belirlenmesi ve mücadele yöntemleri ile ilgili bölgede yaptıkları çalışmada gerek yaygınlık, gerekse enfekteli bitki oranı açısından Çumra ilçesinde saptanan değerlerin diğer ilçelerde saptanan değerlere göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Kök sağlığı değerleri toprakta bitki köklerine zarar veren *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis* ve bitki paraziti nematotlar gibi toprak canlılarının etkilerinin bir sonucu niteliğindedir (Gugino ve ark., 2009).

Çalışma alanındaki toprak serilerinin biyolojik aktiviteleri CO_2 çıkışı olarak ölçülmüştür. Karbondioksit çıkışı; $14.66-43.11 \text{ mg CO}_2 \text{ 100g FKT}^{-1} \text{ 24 saat}^{-1}$ arasında değişmiştir (Tablo 4.9-4.12). Ortalama CO_2 çıkışı buğday tarımı altında $31.56 \text{ mg mg CO}_2 \text{ 100g FKT}^{-1} \text{ 24 saat}^{-1}$ ve şeker pancarı tarımı altında $26.47 \text{ mg mg CO}_2 \text{ 100g FKT}^{-1} \text{ 24 saat}^{-1}$ çıkmıştır. Tüm çalışma alanı topraklarının CO_2 çıkışı değeri ise ortalama $29.01 \text{ mg CO}_2 \text{ 100g FKT}^{-1} \text{ 24 saat}^{-1}$ bulunmuştur. Toprakların CO_2 üretimleri ile ilgili yapılan sınıflama $\text{mg CO}_2 \text{ 100g FKT}^{-1} \text{ 24 saat}^{-1}$ birimine dönüştürüldüğünde; değer sıfır ise “toprak aktivitesi yok”, $<24 \text{ mg CO}_2 \text{ 100g FKT}^{-1} \text{ 24 saat}^{-1}$ ise “çok düşük toprak aktivitesi”, $24-40 \text{ mg CO}_2 \text{ 100g FKT}^{-1} \text{ 24 saat}^{-1}$ arası “düşük toprak aktivitesi”, $40-80 \text{ mg CO}_2 \text{ 100g FKT}^{-1} \text{ 24 saat}^{-1}$ arası “orta düzeyde toprak aktivitesi”, $80-160 \text{ mg CO}_2$

100g FKT⁻¹ 24 saat⁻¹ arası “ideal toprak aktivitesi” ve >160 mg CO₂ 100g FKT⁻¹ 24 saat⁻¹ arası “yüksek toprak aktivitesi” şeklinde tanımlanmaktadır (Doran ve ark., 1997). Buna göre 25 örnekte çok düşük toprak aktivitesi, 82 örnekte düşük toprak aktivitesi ve 1 örnekte ise orta düzeyde toprak aktivitesi ölçülmüştür. Mikrobiyal kütle toprakta yaşayan mikroorganizmaları, hayvanları ve bitki köklerini kapsar ve toprak ekosisteminde besin maddelerinin hem kaynağı hem de kullanıcısı olarak görev yaparlar. Karbon, N, P ve S dönüşümlerine katılır, toksik organik maddelerin bozulması ve ağır metallerin tutulmasında toprak strüktürünün oluşmasında görev yaparlar. Sağlıklı ve kaliteli bir toprakta çok sayıda canlı yaşar ve bunlar oldukça aktiftir. Bu varsayımdan gidilerek toprak kalitesinin değerlendirilmesinde mikroorganizmaların aktivitelerinin belirlenmesi bir kalite parametresi olarak kullanılmaktadır. Toprak biyolojik kütlelerinin toprak kalitesini belirlemede bir indikatör olarak kullanılması yerinde bir yaklaşım olsa da bazı açılardan problem bulunmaktadır. Zira biyolojik kütle çayır örtüsü altında artarken kültivasyon biyolojik kütle azaltmaktadır (Caldwell ve ark., 1999). Minimum toprak işlemenin etkileri tam olarak belirlenmiş değildir (Dalal ve Henry, 1988). Ayrıca organik gübre uygulandığında biyolojik kütle artarken, inorganik N gübrelenmesinde kararsız davranışlar göstermektedir (Singh ve Singh, 1993; Ladd ve ark., 1994). Ayrıca ağır metal kirliliği olan topraklarda biyolojik kütle iyi bir indikatör olarak görülmemektedir (Dalal, 1998). Zira laboratuvar şartlarında Cd ve Cu ilavesi biyolojik kütle azaltırken arazi şartlarında karışık metal ilave ettikleri çalışmada mikrobiyal kütle arttığını gözlemlemişlerdir (Kandeler ve ark., 1996). Çalışma alanında aynı seri içinde de parseller arasında gerek toprak yapısından ve gerekse örnekleme döneminin getirdiği koşullar ile gerekse amenajman pratiklerindeki değişikliklerden dolayı CO₂ çıkışında geniş bir aralıkta değişimler gözlenmiştir.

Toprakların katalaz aktivitesi 1.84-16.92 mg O₂ 5 g FKT⁻¹ arasında değişmiştir (Tablo 4.9-4.12). Toprak biyolojik ve biyokimyasal özelliklerinin kalite unsuru olarak değerlendirilmesi üç farklı yönden yapılmaktadır. Bunlardan birincisi mikroorganizma türü, miktarı ve dağılımının belirlendiği biyolojik çeşitlilik; ikincisi biyolojik indikatör olarak kullanılan özel organizma ve türlerinin dinamiğinin belirlendiği popülasyon çalışmaları; son olarak da toprak enzimlerinin dolayısıyla mikrobiyal aktivitenin, buna bağlı olarak da organik maddenin dönüşümü ile ilgili olan elementlerin biyolojik döngüsünün ortaya konduğu ekosistem çalışmalarıdır (Visser ve Parkinson, 1992). Son 20 yıldaki biyolojik özelliklerle ilgili toprak kalitesi konusundaki çalışmalara bakıldığında biyokimyasal özellikler, toprak enzimleri gibi kavramlar görülmektedir.

Bu yaklaşımdan gidilerek çalışma alanındaki toprak kalitesinin değerlendirilmesinde bazı enzim aktiviteleri de belirlenmiştir.

Çalışmada toprakların üreaz aktiviteleri; 14.91-587 $\mu\text{g N g FKT}^{-1}$ arasında dağılım göstermiştir (Tablo 4.9-4.12). Toprakların üreaz aktiviteleri ile ilgili yapılan sınıflamada aktivite $<8 \mu\text{g N g FKT}^{-1}$ ise “düşük”, 8-16 $\mu\text{g N g FKT}^{-1}$ arasında ise “orta” ve $>16 \mu\text{g N g FKT}^{-1}$ ise “yüksek” olarak sınıflandırılmıştır (Hofmann ve Hoffmann, 1966). Buna göre 108 örnekte yüksek üreaz aktivitesi ölçülmüştür. Üreaz enzimi aktivitesi toprak yönetimine bağlı olarak değişen ve toprak kalitesini belirlemede yine yaygın olarak kullanılan indikatörlerdendir. Üreaz aktivitesi organik gübreleme ile artmaktadır (Pascual ve ark., 1999; Chakrabarti ve ark., 2000). Özellikle ahır gübresi ilavesi ile artarken toprak işleme ile azalmaktadır (Saviozzi ve ark., 2001). Her iki uygulamada tarım topraklarında önemli bir işlem olduğundan üreaz aktivitesinin toprak indikatörü parametresi olarak kullanımı sınırlıdır. Ancak yine de birçok değerlendirme sisteminde kullanılması ve çalışmanın amaçlarından biri de kalitenin izlenmesinde kullanılacak parametrelerin belirlenmesi olması nedeniyle üreaz aktiviteleri de ölçülmüştür.

Alınan toprak örneklerinde dehidrogenaz aktivitesi 0.12-12.50 $\mu\text{g TPF g FKT}^{-1}$ arasında değişmiştir (Tablo 4.9-4.12). Dehidrogenaz aktivitesi, toprakların redoks potansiyelleri ve oksidatif aktiviteleri hakkında önemli bilgiler verir. Ancak tıpkı biyolojik kütlede olduğu gibi yapılan araştırmalarda birbirine tezat teşkil eden sonuçlar gözlenmiştir. Örneğin toprak işleme dehidrogenaz aktivitesini hem arttırmakta hem de azaltmaktadır (Bergstrom ve ark., 1998; Bergstrom ve ark., 2000). Halbuki organik gübre, endüstriyel atık ilavesi dehidrogenaz aktivitesini arttırmaktadır (Pascual ve ark., 1999; Langer ve GuËnther, 2001). Genellikle, eğer çok yüksek dozlarda değilse ağır metal kirliliği dehidrogenaz aktivitesini etkilememektedir.

Yapılan sayımlar sonucunda mikoriza dağılımının 5.95-307 adet 10 g FKT⁻¹ arasında olduğu bulunmuştur (Tablo 4.9-4.12). Sharif ve Moawad (2006), bitki rizosfer bölgesinden örneklenen toprağın mikoriza spor sayılarının sınıflandırılmasında; 15 g toprakta; 0-20 arası spor sayısı “Düşük”, 20-60 arası spor sayısı “Orta” ve >60 spor sayısı ise “Yüksek” olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınır değerler 10 g toprak için kullanıldığında 0-13 spor sayısı “Düşük”, 13-40 spor sayısı “Orta” ve >40 spor sayısı ise “Yüksek” olarak sınıflandırılabilir. Yürütülen çalışmada buğday tarımı altındaki toprakların mikoriza spor sayılarının; 8 adedinde düşük, 34 adedinin orta, 45 adedinin ise yüksek sınıfta; şeker pancarı tarımı altındaki toprakların mikoriza spor

sayıları; 9 adedinde düşük; 29 adedinin orta; 16 adedinin ise yüksek sınıfta yer almıştır. Buna göre tüm örnekler dikkate alındığında örneklerin %10'unun mikoriza spor sayıları düşük, %45'inin orta ve %45'inin de yüksek sınıfta olduğu görülmektedir. Orta Anadolu bölgesinde yapılan araştırmalarda yüzey topraklarının toplam mikoriza spor sayılarının, 58-654 adet 10 g^{-1} toprak (Karaarslan ve Uyanöz, 2008), arasında değiştiği; mikorizal spor varlığının örnekleme yapılan alana ve örneklenen bitkiye göre değişim gösterdiği, spor sayılarındaki farklılıkların bitkilerin beslenmesi ve toprak özellikleri üzerinde önemli etkiye sahip oldukları belirtilmiştir. Mikoriza mantarları rizosfer mutualistik mikrosimbiont popülasyonlarına dahil toprak canlılarından ve bu tür bitki simbiyotik ortaklıkların kurulması, bitki besin alınımının artırılması, bitkilerin kültürel ve çevresel streslere karşı dirençlerinin yükseltilmesi, toprak yapısının iyileştirilmesi gibi birçok kritik ekosistem fonksiyonlarını yürütmek için kritik öneme sahip olup, son yıllarda toprak kalitesinin değerlendirilmesinde mikoriza popülasyonları da değerlendirilmektedir.

Genellikle fiziksel ve fiziko-kimyasal özellikler topraklar çok ağır bir değişime uğramadıkça önemli bir değişim göstermezler (Filip, 2002). Halbuki biyolojik ve biyokimyasal parametreler var olan herhangi bir bozulma durumunda çok zayıf değişmelere bile duyarlıdır. Bu nedenle toprakların doğal özelliklerine bağlı olarak kaliteleri değerlendirilirken fiziksel ve kimyasal özelliklerin yanında biyolojik ve biyokimyasal indikatörlerde mutlaka bulunmalıdır (Klein ve ark., 1985; Nannipieri ve ark., 1990; Yakovchenko ve ark., 1996).

Tablo 4.9. Buğday tarımı altındaki toprakların 2013 yılına ait biyolojik özellikleri

Toprak Biyolojik Özellikleri (2013)										
Örnek No	Organik madde (%)	Aktif karbon (mg C kgFKT ⁻¹)	PMN (µgN gFKT ⁻¹ hafta ⁻¹)	Kök sağlığı değeri	CO ₂ Çıkışı (mgCO ₂ 100g FKT ⁻¹ 24Saat ⁻¹)	Enzim aktiviteleri			Mikoriza spor sayısı (adet 10g FKT ⁻¹)	
						KEA (mgO ₂ 5gFKT ⁻¹)	ÜEA (µgN gFKT ⁻¹)	DEA (µgTPF gFKT ⁻¹)		
1	1.53	616	5.01	5	24.31	5.44	503	0.32	182	
2	1.71	888	11.82	5	29.38	6.35	533	0.96	181	
3	2.24	763	12.19	5	29.01	7.41	558	2.01	88	
4	2.74	760	9.22	7	30.58	8.52	547	1.69	308	
5	1.74	702	8.41	5	30.39	6.38	513	1.14	96	
6	1.43	652	6.25	5	27.73	5.50	526	1.09	65	
7	2.31	751	9.77	4	28.11	5.54	516	1.93	22	
8	2.16	670	14.60	6	31.19	8.32	587	1.46	55	
9	1.93	708	6.56	6	30.39	4.31	322	0.91	70	
10	2.03	696	10.08	7	27.10	3.90	499	1.52	49	
11	1.24	682	10.70	4	25.47	4.40	515	2.36	112	
12	1.97	742	11.75	4	27.42	5.97	585	1.66	229	
13	1.78	702	14.29	5	29.25	6.37	586	0.59	129	
14	1.41	683	14.35	7	28.81	3.15	479	0.37	56	
15	1.31	605	12.09	5	27.02	4.79	541	0.41	93	
16	0.88	596	10.25	7	23.68	3.52	259	1.31	81	
17	1.34	681	10.32	6	38.54	4.07	347	0.53	60	
18	1.60	645	5.09	6	37.68	6.50	334	1.14	144	
19	0.90	714	2.69	6	36.33	6.65	356	0.12	100	
20	1.84	728	12.87	5	35.92	7.12	364	0.26	68	
21	1.93	700	7.71	5	35.89	6.10	306	1.50	66	
22	0.79	717	9.40	5	33.32	5.61	365	2.36	66	
23	2.41	702	8.34	6	34.23	5.50	80	1.22	112	
24	1.33	714	9.97	5	35.93	5.12	211	0.16	83	
25	1.36	816	15.48	5	36.33	7.88	330	0.74	119	
26	2.84	822	16.47	7	43.11	8.74	435	0.26	73	
27	1.53	652	4.74	2	38.73	4.68	218	0.24	258	
Ort.	1.72	708	10.02	5.33	31.70	5.85	423	1.05	110	
Min	0.79	596	2.96	2	23.68	3.15	80	0.12	22	
Mak	2.85	888	16.47	7	43.11	8.74	587	2.36	308	
%CV	30.66	9.28	35.17	21.09	15.74	25.87	32.11	65.43	61.94	

Tablo 4.10. Şeker pancarı tarımı altındaki toprakların 2013 yılına ait biyolojik özellikleri

Örnek No	Toprak Biyolojik Özellikleri (2013)									
	Organik madde (%)	Aktif karbon (mgC kgFKT ⁻¹)	PMN (µgN gFKT ⁻¹ hafta ⁻¹)	Kök Sağlığı değeri	CO ₂ Çıkışı (mgCO ₂ 100g FKT ⁻¹ 24Saat ⁻¹)	Enzim aktiviteleri			Mikoriza spor sayısı (adet 10g FKT ⁻¹)	
						KEA (mgO ₂ 5gFKT ⁻¹)	ÜEA (µgN gFKT ⁻¹)	DEA (µgTPF gFKT ⁻¹)		
1	1.17	303	6.05	2	32.32	2.92	151.06	8.52	15.46	
2	1.03	280	10.94	2	25.01	4.05	122.12	6.04	10.05	
3	0.91	289	11.00	3	28.79	6.49	123.56	4.61	52.60	
4	1.38	356	3.24	3	31.18	10.49	135.34	4.23	35.42	
5	1.22	303	2.80	3	26.96	5.38	114.00	3.64	17.17	
6	1.29	345	5.47	2	31.64	6.70	141.67	5.69	30.03	
7	1.55	396	7.45	3	31.21	2.89	136.39	4.72	33.18	
8	1.98	301	6.71	4	31.31	6.14	171.83	5.03	43.73	
9	1.50	242	5.21	2	31.91	6.65	79.80	4.49	37.74	
10	1.21	296	2.96	3	32.71	5.82	74.83	5.07	44.69	
11	1.62	300	9.24	4	36.68	7.95	85.73	6.65	149.94	
12	1.36	289	15.24	2	37.52	5.63	90.13	6.76	155.23	
13	0.93	216	5.05	2	28.54	4.54	81.85	4.92	191.29	
14	1.05	254	7.13	2	31.70	5.71	95.43	4.27	184.73	
15	1.09	228	6.85	2	36.59	5.49	107.88	3.71	47.73	
16	1.52	281	7.55	3	34.90	9.30	87.07	5.19	32.81	
17	1.59	302	13.91	3	29.36	8.39	76.30	6.56	26.80	
18	1.36	306	9.23	2	26.71	7.27	90.28	3.89	88.37	
19	1.16	256	6.57	3	24.70	1.84	83.53	8.63	69.15	
20	1.26	281	12.40	2	21.55	3.30	78.78	6.62	27.95	
21	1.10	299	12.77	2	36.34	7.81	91.00	6.06	70.81	
22	3.79	216	14.87	2	35.44	6.25	105.98	10.60	137.05	
23	1.50	288	16.78	2	33.17	7.33	147.10	7.74	96.27	
24	1.00	222	19.24	2	29.56	5.15	134.28	12.50	41.26	
25	1.24	258	21.64	2	36.78	3.87	132.38	7.28	77.19	
26	1.10	253	12.32	3	36.56	5.09	103.78	7.23	43.34	
27	1.48	357	12.78	3	34.29	5.21	116.73	7.63	30.12	
Ort.	1.39	286	9.83	2.50	31.61	5.84	109.59	6.23	66.30	
Min	0.91	216	2.80	2	21.55	1.84	74.83	3.64	10.10	
Mak	3.79	396	21.64	4	37.52	10.49	171.83	12.50	191.30	
%CV	39.00	15.41	50.71	19.65	13.32	34.42	24.66	33.99	79.13	

Tablo 4.11. Buğday tarımı altındaki toprakların 2014 yılına ait biyolojik özellikleri

Örnek No	Toprak Biyolojik Özellikleri (2014)								
	Organik madde (%)	Aktif karbon (mgC kgFKT ⁻¹)	PMN (µgN gFKT ⁻¹ hafta ⁻¹)	Kök sağlığı değeri	CO ₂ Çıkışı (mgCO ₂ 100g FKT ⁻¹ 24Saat ⁻¹)	Enzim aktiviteleri			Mikoriza spor sayısı (adet 10g FKT ⁻¹)
						KEA (mgO ₂ 5gFKT ⁻¹)	ÜEA (µgN gFKT ⁻¹)	DEA (µgTPF gFKT ⁻¹)	
1	1.12	927	18.73	6	29.01	8.31	171.25	0.85	38.06
2	0.83	917	21.50	4	26.25	6.38	163.65	0.80	68.35
3	0.88	902	13.30	5	22.91	5.79	166.65	0.81	101.44
4	1.02	921	12.34	7	29.30	5.59	158.90	0.78	110.17
5	1.28	936	9.96	9	24.29	7.56	133.46	0.78	62.84
6	1.07	879	7.02	2	26.40	5.93	88.40	0.77	19.06
7	1.41	948	8.49	7	24.88	6.36	91.95	0.72	56.25
8	1.31	932	16.24	6	30.43	10.59	125.27	0.80	47.19
9	0.81	921	11.37	4	27.73	3.60	130.08	0.81	49.68
10	1.36	939	16.01	2	28.03	5.75	143.01	0.76	55.22
11	2.07	998	13.35	2	34.37	10.29	140.58	0.78	12.17
12	1.03	933	12.79	7	27.79	5.11	137.19	0.77	84.59
13	1.52	950	22.12	7	33.54	11.20	151.21	0.78	24.66
14	1.17	963	8.54	4	35.51	12.26	164.24	0.85	33.45
15	1.66	1008	9.85	7	37.69	14.95	158.35	0.90	10.00
16	1.19	969	11.49	6	29.76	9.09	147.47	0.85	28.44
17	1.45	990	18.75	5	39.44	13.71	168.01	0.89	29.38
18	1.16	949	13.98	7	34.70	12.26	169.94	0.80	14.68
19	1.07	950	16.47	6	32.88	4.51	174.09	0.84	14.04
20	1.33	988	14.77	5	38.52	10.07	170.03	1.11	36.51
21	1.34	993	13.86	4	34.05	6.29	146.64	0.83	29.34
22	1.16	978	18.50	4	33.53	5.97	136.19	0.82	22.47
23	1.43	997	14.09	5	32.67	14.00	132.75	0.81	15.94
24	1.29	987	13.81	4	32.67	10.31	128.34	0.84	10.62
25	1.17	988	9.56	3	35.61	11.64	149.77	0.88	15.94
26	1.38	1009	23.82	2	35.99	11.04	150.53	0.87	16.87
27	1.16	1002	9.85	3	30.02	9.15	141.67	0.85	27.18
Ort.	1.25	958	14.09	4.93	31.41	8.80	145.91	0.83	38.32
Min	0.81	879	7.02	2	22.91	3.60	14.91	0.72	10.00
Mak	2.07	1009	23.82	9	39.44	14.95	88.40	1.11	110.17
%CV	21.05	3.71	31.02	38.57	14.27	36.27	174.09	8.57	71.81

Tablo 4.12. Şeker pancarı tarımı altındaki toprakların 2014 yılına ait biyolojik özellikleri

Örnek No	Toprak Biyolojik Özellikleri (2014)								
	Organik madde (%)	Aktif karbon (mgC kgFKT ⁻¹)	PMN (µgN gFKT ⁻¹ hafta ⁻¹)	Kök sağlığı değeri	CO ₂ Çıkışı (mgCO ₂ 100g FKT ⁻¹ 24Saat ⁻¹)	Enzim aktiviteleri			Mikoriza spor sayısı (adet 10g FKT ⁻¹)
						KEA (mgO ₂ 5gFKT ⁻¹)	ÜEA (µgN gFKT ⁻¹)	DEA (µgTPF gFKT ⁻¹)	
1	1.55	477	8.83	7	26.78	12.61	73.79	5.82	21.17
2	1.74	417	3.96	7	17.38	14.59	67.15	4.55	24.84
3	1.51	394	6.79	6	18.60	10.96	66.72	5.60	22.57
4	1.52	416	1.41	5	19.16	13.79	161.47	4.90	21.77
5	1.70	435	11.09	4	16.48	12.55	141.72	4.47	19.94
6	0.99	395	2.21	4	18.58	12.91	151.65	3.93	9.30
7	1.72	506	8.03	3	20.75	15.07	155.35	5.16	6.46
8	1.36	432	7.47	5	21.05	16.92	148.34	4.29	9.00
9	1.43	387	3.40	7	22.53	9.76	173.65	4.00	12.96
10	1.02	354	3.34	4	23.81	15.22	160.72	4.23	27.02
11	1.21	391	7.41	5	23.20	12.58	149.03	4.11	34.56
12	1.27	430	9.28	7	22.63	9.41	148.71	3.94	14.13
13	1.56	439	1.81	7	23.28	12.39	155.43	4.05	5.95
14	1.15	474	2.15	7	20.71	9.70	154.92	4.67	28.65
15	1.62	344	16.18	7	21.98	14.91	148.80	4.91	9.25
16	1.02	537	8.60	7	18.86	10.14	145.24	3.97	9.18
17	1.43	620	6.51	6	16.66	13.77	69.38	9.30	31.95
18	1.59	559	1.87	6	14.66	13.20	71.02	5.69	35.32
19	0.46	435	5.88	6	17.77	10.96	55.71	6.61	21.29
20	1.01	103	4.41	5	19.48	9.24	65.02	6.07	23.77
21	1.86	625	2.32	5	20.70	16.15	77.45	4.46	18.25
22	0.79	536	3.85	5	22.90	12.62	68.88	8.48	21.13
23	1.03	515	4.92	6	23.90	16.46	72.96	3.71	18.03
24	1.14	487	1.02	7	26.16	12.21	73.67	4.55	16.14
25	1.10	491	3.17	5	25.51	13.54	73.14	4.09	9.04
26	1.11	494	2.77	4	25.62	12.97	69.91	3.89	12.59
27	0.97	396	0.91	3	26.41	12.25	61.63	4.50	27.10
Ort.	1.29	448	5.17	5.56	21.32	12.85	109.68	4.96	18.94
Min	0.46	103	0.91	3	14.66	9.24	55.71	3.71	5.95
Mak	1.86	625	16.18	7	26.78	16.92	173.65	9.30	35.32
%CV	25.90	22.40	69.91	23.59	15.65	16.77	39.70	27.39	45.31

4.4. Çalışma Alanı Topraklarının Pedolojik Özellikleri

Toprak oluşum süreçlerinin etkisinde ortaya çıkan bazı parametreler doğrudan veya dolaylı olarak toprakların üretim kapasitesi, başka bir ifade ile toprak kalitesi üzerine etki yapabilmektedir. Topraklarda kolay ölçülebilen pedolojik özelliklerin toprak kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılıp kullanılmayacağını araştırılması gerekmektedir. Buradan hareketle araştırma topraklarının kolay ölçülebilen özelliklerinden olan 0-20 cm derinlikten alınan örneklerin renk parametreleri (L, a, b, c, hue ve RI) ile 20-40 cm derinlikten alınan örneklerin tekstürü, kireç miktarı ve renk parametreleri belirlenmiştir. Söz konu özellikler Tablo 4.13-4.16'de sunulmuştur.

Toprakların 20-40 cm derinlikteki kum içerikleri %9.60-67.10; silt içerikleri %10.00-33.02; kil içerikleri ise %24.65-67.90 arasında dağılım göstermiştir (Tablo 4.13-4.16).

Topraktaki kireç başta besin elementlerinin elverişliliği olmak üzere kil mineralojisi, toprak yapısı, geçirgenlik gibi önemli bazı toprak karakteristiklerini etkilemektedir. Özellikle derin köklü bitkilerin gelişiminde veya derin toprak işlemede yüzey altı katmanların kireç içeriği toprak kalitesini etkileyebilecek niteliktedir. Bitki kökleri yüksek kireç içerikli katmana ulaştığında önemli gelişim problemleri ortaya çıkabilecek, ayrıca yüzeye yakın kireç katmanı derin sürümlerle üst katmanla karıştırıldığında toprak kalitesinde değişkenliğine neden olabilecektir. Bu nedenle kalite parametresi olarak değerlendirilebilecek indikatörlerden biri olarak yüzey altı katmanın kireç içeriği de belirlenmiştir. Toprakların 20-40 cm derinlikteki kireç içerikleri %10.37-56.01 arasında değişim göstermiştir.

Toprak rengi, organik madde, ayrışma derecesi, demir oksit miktarı, karbonat miktarı gibi toprak kalitesini etkileyebilen birçok toprak özelliği hakkında bilgi verebilmektedir. Bu amaçla toprakların renk özellikleri CIELAB L, a ve b parametreleri renk ölçüm cihazı ile ölçülmüş, elde edilen değerlerden Hue (h), Chroma (c) ve Redness indeksleri (RI) hem yüzey (0-20 cm) hem de yüzey altı katman (20-40 cm) için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Buna göre yüzey katmanında L, a, b, h, c ve RI değerleri sırasıyla; 2.82-7.18, 8.59-19.06, 9.44-20.37, 1.14-1.34 ve 0.62-19.28 arasında dağılım göstermiştir. Yüzey altı katmanda L, a, b, h, c ve RI değerleri sırasıyla; 39.27-56.62, 3.02-7.21, 8.34-17.35, 9.27-18.67, 1.11-1.34 ve 1.00-21.40 arasında dağılım göstermiştir.

Tablo 4.13. Buğday tarımı altındaki toprakların 2013 yılına ait pedolojik özellikleri

Örnek No	Toprak Özelliği Pedolojik (2013)																
	Tekstür (20-40 cm)			Tekstür sınıfı	Kireç 20-40 cm	Renk değerleri (0-20 cm)						Renk değerleri (20-40 cm)					
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)			L	a	b	c	Hue	RI	L	a	b	c	Hue	RI
1	38.90	16.73	44.37	C	15.26	45.88	3.93	10.35	11.07	1.21	4.51	46.97	4.19	10.51	11.32	1.19	4.20
2	18.90	30.90	50.20	C	19.90	44.22	4.32	10.55	11.40	1.18	6.25	43.50	4.56	9.81	10.82	1.14	7.43
3	20.57	30.07	49.37	C	19.33	43.29	4.35	10.34	11.22	1.17	7.18	43.63	4.88	10.46	11.54	1.13	7.80
4	18.07	24.23	57.70	C	19.57	43.26	4.39	10.29	11.19	1.17	7.29	44.10	4.97	10.70	11.79	1.14	7.44
5	20.57	26.73	52.70	C	19.52	43.84	4.26	10.28	11.12	1.18	6.50	45.43	4.64	10.74	11.70	1.16	5.75
6	23.45	25.52	51.03	C	21.39	45.30	4.38	11.21	12.04	1.20	5.44	44.56	4.64	10.46	11.44	1.15	6.49
7	43.45	21.35	35.20	CL	31.83	50.57	3.19	10.73	11.19	1.28	1.99	48.27	3.45	9.63	10.23	1.23	2.89
8	25.12	29.68	45.20	C	33.78	49.84	3.72	11.31	11.91	1.25	2.55	50.06	4.01	11.52	12.20	1.24	2.70
9	27.62	30.52	41.87	C	32.02	51.60	3.62	11.83	12.37	1.27	2.01	51.52	3.75	11.42	12.02	1.25	2.11
10	30.95	25.52	43.53	C	36.87	50.85	3.98	12.83	13.43	1.27	2.41	51.42	3.94	11.93	12.56	1.25	2.25
11	33.45	23.85	42.70	C	22.72	45.81	4.80	12.38	13.27	1.20	5.57	46.39	5.06	12.46	13.45	1.18	5.48
12	16.78	25.52	57.70	C	22.77	44.35	4.91	11.73	12.72	1.17	7.00	44.23	5.05	11.52	12.58	1.16	7.36
13	26.78	31.35	41.87	C	24.64	44.94	4.68	11.79	12.68	1.19	6.12	45.51	4.73	11.47	12.41	1.18	5.75
14	35.95	30.52	33.53	CL	20.88	45.80	4.81	12.45	13.34	1.20	5.58	46.29	4.94	12.33	13.28	1.19	5.40
15	31.78	33.02	35.20	CL	22.15	46.40	4.07	11.47	12.17	1.23	4.33	44.94	4.11	10.19	10.99	1.19	5.38
16	50.12	16.35	33.53	SiCL	12.72	46.11	3.93	10.35	11.08	1.21	4.38	46.33	3.91	9.92	10.66	1.20	4.25
17	26.78	25.52	47.70	C	18.49	45.94	4.15	10.32	11.12	1.19	4.75	46.63	4.17	10.04	10.87	1.18	4.40
18	20.95	24.68	54.37	C	17.62	43.58	4.15	9.40	10.27	1.15	6.63	45.12	4.30	9.70	10.61	1.15	5.57
19	24.28	25.52	50.20	C	15.75	42.51	3.91	8.59	9.44	1.14	7.29	43.95	4.05	8.34	9.27	1.12	6.38
20	21.78	24.68	53.53	C	17.70	43.76	4.35	9.96	10.87	1.16	6.76	46.83	4.23	9.93	10.79	1.17	4.37
21	30.95	23.85	45.20	C	17.62	44.46	4.22	10.67	11.47	1.19	5.88	44.75	4.36	10.29	11.18	1.17	5.89
22	33.45	23.85	42.70	C	16.21	44.60	3.97	9.96	10.72	1.19	5.43	43.51	4.10	9.14	10.02	1.15	6.61
23	24.28	28.85	46.87	C	19.36	44.92	4.45	11.35	12.19	1.20	5.82	44.03	4.38	9.98	10.90	1.16	6.56
24	33.45	20.52	46.03	C	15.51	44.50	4.02	9.92	10.71	1.19	5.59	44.21	4.14	9.14	10.04	1.15	6.09
25	26.78	23.02	50.20	C	15.81	43.11	4.05	9.46	10.29	1.17	6.86	41.95	4.22	8.61	9.59	1.11	8.63
26	19.28	23.02	57.70	C	18.68	43.63	4.67	10.72	11.69	1.16	7.39	45.63	4.77	10.72	11.74	1.15	5.78
27	18.45	25.52	56.03	C	15.37	43.57	3.97	9.64	10.43	1.18	6.28	45.53	4.12	9.71	10.55	1.17	5.02
Ort,	27.51	25.59	46.90		20.87	45.43	4.19	10.74	11.53	1.96	5.47	45.75	4.36	10.96	11.28	1.17	5.48
Min	16.78	16.35	33.53		12.72	45.51	3.19	8.59	9.44	1.14	1.99	41.95	3.45	8.34	9.27	1.11	2.11
Mak,	50.12	33.02	57.70		36.87	51.60	4.91	12.83	13.43	1.28	7.39	51.52	5.06	12.46	13.45	1.25	8.63
%CV	29.89	16.21	15.45		29.29	5.46	9.27	9.48	8.70	3.02	29.87	5.09	9.64	10.10	9.33	3.14	30.69

Tablo 4.14. Şeker pancarı tarımı altındaki toprakların 2013 yılına ait pedolojik özellikleri

Örnek No	Toprak Özelliği Pedolojik (2013)																
	Tekstür (20-40 cm)			Tekstür sınıfı	Kireç 20-40 cm	Renk değerleri (0-20 cm)						Renk değerleri (20-40 cm)					
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)			L	a	b	c	Hue	RI	L	a	b	c	Hue	RI
1	63.70	13.40	22.90	SCL	19.73	46.23	4.96	14.78	15.59	1.25	5.36	46.97	3.02	11.26	11.65	1.31	2.91
2	66.20	13.40	20.40	SCL	13.26	44.03	5.86	15.52	16.59	1.21	8.59	47.28	4.28	13.92	14.57	1.27	4.01
3	47.45	20.90	31.65	SCL	12.90	42.68	5.87	15.53	16.60	1.21	10.38	46.20	4.79	14.42	15.20	1.25	5.19
4	37.45	24.65	37.90	CL	12.40	43.68	6.43	16.57	17.78	1.20	9.94	43.75	4.04	12.36	13.00	1.25	6.06
5	42.45	23.40	34.15	CL	11.90	44.94	6.06	16.42	17.50	1.22	7.85	43.01	4.17	12.54	13.22	1.25	6.94
6	41.20	23.40	35.40	CL	14.83	46.39	5.98	16.79	17.83	1.23	6.37	47.22	4.35	13.41	14.10	1.26	4.13
7	43.70	20.90	35.40	CL	14.34	53.19	3.68	14.10	14.57	1.32	1.68	49.94	3.69	12.36	12.90	1.28	2.48
8	43.70	20.90	35.40	CL	15.18	51.13	4.59	15.26	15.93	1.28	2.68	45.55	3.08	10.96	11.38	1.30	3.58
9	36.20	23.40	40.40	C	16.88	53.58	4.40	15.71	16.31	1.30	1.93	45.49	3.15	10.94	11.39	1.29	3.69
10	28.35	27.50	44.15	C	19.10	52.98	5.26	17.49	18.27	1.28	2.48	49.90	3.45	12.25	12.72	1.30	2.32
11	25.85	26.25	47.90	C	18.16	46.00	6.73	18.56	19.74	1.22	7.55	42.67	4.20	12.45	13.14	1.25	7.34
12	23.35	30.00	46.65	C	17.64	40.84	6.31	16.01	17.21	1.20	14.63	42.08	4.88	13.78	14.62	1.23	9.32
13	37.10	21.25	41.65	C	11.95	43.23	6.25	17.09	18.20	1.22	10.21	44.14	4.11	12.27	12.94	1.25	5.87
14	25.85	27.50	46.65	C	13.41	44.56	6.55	18.22	19.37	1.23	8.89	47.85	4.61	13.69	14.45	1.25	4.05
15	34.60	23.75	41.65	C	10.78	46.33	5.22	16.61	17.41	1.27	5.53	41.54	4.42	12.12	12.90	1.22	9.16
16	30.85	25.00	44.15	C	13.57	45.21	4.56	14.10	14.81	1.26	5.61	40.28	4.16	11.45	12.18	1.22	10.35
17	28.35	25.00	46.65	C	14.22	43.68	4.99	14.19	15.04	1.23	7.61	41.82	4.21	11.99	12.71	1.23	8.35
18	27.10	25.00	47.90	C	19.05	41.09	4.81	13.08	13.93	1.22	10.65	42.33	3.85	11.64	12.26	1.25	7.06
19	67.10	10.00	22.90	SCL	12.42	40.19	4.45	12.16	12.95	1.22	11.25	46.43	3.41	11.59	12.08	1.28	3.55
20	67.10	10.00	22.90	SCL	13.75	43.55	5.47	14.66	15.65	1.21	8.55	46.47	3.73	12.24	12.80	1.27	3.88
21	22.10	26.25	51.65	C	18.71	44.77	5.75	16.49	17.47	1.24	7.56	43.91	5.11	14.23	15.12	1.23	7.57
22	17.10	30.00	52.90	C	24.00	42.22	4.71	13.57	14.36	1.24	8.81	40.86	6.24	15.99	17.17	1.20	14.40
23	20.85	31.25	47.90	C	23.32	45.27	7.18	19.06	20.37	1.21	8.92	41.39	6.29	15.94	17.13	1.20	13.43
24	20.15	25.35	54.50	C	25.07	43.10	4.66	13.66	14.43	1.24	7.69	44.44	6.89	17.35	18.67	1.19	9.63
25	20.15	26.60	53.25	C	24.34	42.29	5.19	14.28	15.19	1.22	9.65	40.31	6.22	15.61	16.80	1.19	15.62
26	23.90	26.60	49.50	C	18.42	43.40	6.34	16.37	17.56	1.20	10.16	39.27	7.21	16.81	18.29	1.17	21.40
27	48.90	11.60	39.50	SC	18.13	42.40	4.67	13.36	14.15	1.23	8.52	42.44	4.89	14.05	14.87	1.24	8.87
Ort,	36.70	22.71	40.59		16.57	45.07	5.44	15.54	16.47	1.23	7.74	44.20	4.53	13.24	14.01	1.25	7.45
Min	17.10	10.00	31.25		10.78	40.19	3.68	12.16	19.95	1.20	1.68	39.27	3.02	10.94	11.38	1.17	2.32
Mak,	67.10	31.25	54.50		25.07	53.58	7.18	19.06	20.37	1.32	14.63	49.94	7.21	17.35	18.67	1.31	21.40
%CV	41.77	26.49	24.46		25.05	8.11	15.96	11.28	11.51	2.52	39.43	6.65	25.14	13.68	14.82	2.91	61.22

Tablo 4.15. Buğday tarımı altındaki toprakların 2014 yılına ait pedolojik özellikleri

Örnek No	Toprak Özelliği Pedolojik (2014)																
	Tekstür (20-40 cm)			Tekstür sınıfı	Kireç 20-40 cm	Renk değerleri (0-20 cm)						Renk değerleri (20-40 cm)					
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)			L	a	b	c	Hue	RI	L	a	b	c	Hue	RI
1	37.85	28.33	33.82	CL	13.18	43.14	4.43	13.25	13.97	1.25	7.25	45.31	4.60	13.67	14.43	1.25	5.61
2	42.85	25.00	32.15	CL	12.89	42.76	4.38	12.82	13.55	1.24	7.57	46.43	4.69	13.77	14.54	1.24	4.95
3	46.18	25.00	28.82	SCL	13.78	44.17	4.37	13.49	14.18	1.26	6.18	45.54	4.58	13.91	14.64	1.25	5.41
4	42.85	25.83	31.32	CL	13.48	46.30	5.01	15.24	16.04	1.25	5.35	45.31	4.88	14.20	15.02	1.24	5.96
5	47.85	27.50	24.65	SCL	14.32	46.79	3.64	12.59	13.10	1.29	3.61	49.28	3.72	12.92	13.44	1.29	2.70
6	28.68	30.00	41.32	C	23.31	49.19	3.32	12.09	12.53	1.30	2.43	49.47	3.27	12.02	12.45	1.30	2.31
7	32.85	27.50	39.65	C	18.81	47.24	4.22	13.70	14.34	1.27	3.98	45.84	3.79	12.14	12.72	1.27	4.27
8	32.85	27.50	39.65	C	10.67	43.56	5.02	14.04	14.91	1.23	7.80	44.56	4.78	13.51	14.33	1.23	6.49
9	41.18	24.17	34.65	CL	11.15	45.12	4.42	13.10	13.83	1.25	5.53	45.81	4.31	12.93	13.63	1.25	4.92
10	43.68	25.00	31.32	CL	14.16	44.54	4.37	13.47	14.16	1.26	5.88	46.32	4.46	13.52	14.24	1.25	4.76
11	45.35	25.00	29.65	CL	16.43	48.45	4.00	13.23	13.82	1.28	3.23	47.70	3.89	12.65	13.24	1.27	3.46
12	45.35	22.50	32.15	CL	15.67	45.05	4.41	13.41	14.12	1.25	5.55	49.71	4.55	13.82	14.55	1.25	3.18
13	33.68	18.33	47.98	C	10.37	41.96	4.46	12.74	13.50	1.23	8.66	46.20	4.56	13.27	14.03	1.24	4.95
14	32.85	20.83	46.32	C	16.05	41.60	4.46	12.41	13.19	1.23	9.13	41.30	4.57	12.36	13.18	1.22	9.81
15	31.18	22.50	46.32	C	16.16	43.01	4.49	12.78	13.54	1.23	7.52	44.19	4.85	13.43	14.28	1.22	6.92
16	32.85	20.00	47.15	C	13.35	42.42	4.49	12.49	13.28	1.23	8.20	45.28	4.91	13.46	14.32	1.22	6.06
17	28.68	21.67	49.65	C	15.62	42.12	4.48	12.57	13.35	1.23	8.52	41.35	4.30	12.10	12.84	1.23	9.14
18	27.85	25.00	47.15	C	11.83	41.48	5.29	14.16	15.11	1.21	11.09	43.29	4.80	13.14	13.98	1.22	7.76
19	28.68	27.50	43.82	C	13.05	39.89	5.32	13.96	14.94	1.21	14.14	41.85	5.56	14.39	15.43	1.20	11.10
20	29.52	24.17	46.32	C	14.70	41.00	5.92	15.43	16.53	1.20	13.35	41.22	6.02	15.52	16.65	1.20	13.15
21	26.18	27.50	46.32	C	14.62	40.03	6.07	15.35	16.51	1.19	15.88	39.44	6.06	14.95	16.13	1.19	17.37
22	28.68	27.50	43.82	C	56.01	39.43	5.98	14.94	16.09	1.19	17.13	41.27	5.82	14.37	15.51	1.19	12.71
23	28.68	27.50	43.82	C	14.02	39.26	6.41	15.67	16.93	1.18	18.93	41.17	6.32	15.79	17.00	1.19	13.97
24	25.35	27.50	47.15	C	16.03	40.75	6.15	15.27	16.46	1.19	14.47	40.39	6.21	15.37	16.58	1.19	15.44
25	22.85	27.50	49.65	C	14.67	38.43	5.77	14.50	15.61	1.19	19.28	40.19	6.37	15.69	16.94	1.18	16.33
26	30.35	20.83	48.82	C	18.52	39.97	6.28	15.40	16.63	1.18	16.64	41.63	6.06	14.97	16.15	1.19	12.57
27	27.85	25.83	46.32	C	16.59	43.14	4.43	13.25	16.44	1.20	13.86	39.77	5.58	14.45	15.49	1.20	15.13
Ort,	34.18	25.09	40.73		16.28	42.99	4.87	13.75	14.69	1.23	9.67	44.07	4.94	13.79	14.66	1.23	8.39
Min	22.85	18.33	24.65		51.52	38.43	3.32	12.09	12.53	1.18	2.43	39.44	3.27	12.02	12.45	1.18	2.31
Mak,	47.85	30.00	49.65		10.37	49.19	6.41	15.67	16.93	1.3	19.28	49.71	6.37	15.79	17.00	1.30	17.37
%CV	21.76	11.66	18.78		56.01	6.69	17.27	8.04	9.14	2.77	52.19	7.02	17.44	8.02	8.98	2.72	55.31

Tablo 4.16. Şeker pancarı tarımı altındaki toprakların 2014 yılına ait pedolojik özellikleri

Örnek No	Toprak Özelliği Pedolojik (2014)																
	Tekstür (20-40 cm)			Tekstür sınıfı	Kireç 20-40 cm	Renk değerleri (0-20 cm)						Renk değerleri (20-40 cm)					
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)			L	a	b	c	Hue	RI	L	a	b	c	Hue	RI
1	10.43	27.50	62.07	C	21.53	43.30	5.20	13.77	14.71	1.21	8.43	41.47	4.99	13.54	14.43	1.22	10.46
2	12.93	24.17	62.90	C	21.21	43.56	5.48	14.62	15.62	1.21	8.58	41.95	5.66	15.15	16.18	1.21	11.09
3	10.43	26.67	62.90	C	22.07	46.02	5.50	15.03	16.01	1.22	6.16	40.81	5.28	14.07	15.03	1.21	12.21
4	12.10	23.33	64.57	C	20.84	47.53	4.86	12.25	13.18	1.19	4.53	45.42	5.85	16.07	17.10	1.22	7.10
5	9.60	22.50	67.90	C	20.04	41.73	5.63	14.16	15.24	1.19	11.47	48.92	5.07	15.05	15.88	1.25	3.90
6	12.10	22.50	65.40	C	20.57	41.07	5.91	14.88	16.01	1.19	13.25	45.10	5.32	13.47	14.49	1.19	6.80
7	9.60	22.50	67.90	C	20.36	44.74	5.53	14.33	15.36	1.20	7.39	40.64	5.64	14.41	15.48	1.20	13.45
8	12.10	20.00	67.90	C	22.60	41.57	5.72	14.33	15.43	1.19	11.93	48.29	5.16	14.21	15.12	1.22	4.33
9	12.93	22.50	64.57	C	21.59	43.36	5.33	13.99	14.97	1.21	8.58	41.88	5.11	13.68	14.60	1.21	10.12
10	9.60	25.00	65.40	C	21.32	47.11	4.70	11.88	12.78	1.19	4.62	42.30	5.34	13.78	14.78	1.20	10.00
11	14.60	20.00	65.40	C	21.26	46.69	5.01	14.30	15.15	1.23	5.13	42.85	5.54	14.80	15.80	1.21	9.55
12	12.93	25.00	62.07	C	23.56	44.49	5.76	16.15	17.15	1.23	7.89	43.88	5.26	14.39	15.32	1.22	7.84
13	22.10	27.50	50.40	C	23.40	48.32	4.40	11.98	12.76	1.22	3.68	48.26	5.41	15.81	16.71	1.24	4.52
14	22.93	26.67	50.40	C	43.12	53.17	4.75	15.70	16.40	1.28	2.20	55.35	4.20	13.74	14.37	1.27	1.53
15	22.10	27.50	50.40	C	37.77	52.66	4.82	15.92	16.64	1.28	2.36	50.88	4.74	15.81	16.51	1.28	2.85
16	19.60	27.50	52.90	C	36.39	48.90	4.59	14.44	15.15	1.26	3.52	51.20	4.27	13.82	14.46	1.27	2.48
17	37.10	18.33	44.57	C	35.26	53.59	3.77	14.09	14.58	1.31	1.65	53.10	3.50	13.23	13.69	1.31	1.62
18	42.93	17.50	39.57	CL	28.64	54.78	3.16	12.98	13.36	1.33	1.20	53.71	3.15	12.85	13.23	1.33	1.35
19	44.60	12.50	42.90	C	36.76	60.06	2.82	12.03	12.35	1.34	0.62	56.62	3.21	13.60	13.97	1.34	1.00
20	40.43	14.17	45.40	C	33.50	53.05	3.45	13.13	13.57	1.31	1.60	53.31	3.58	13.43	13.90	1.31	1.61
21	30.43	21.67	47.90	C	25.43	47.41	4.17	13.82	14.44	1.28	3.84	50.09	3.97	13.31	13.89	1.28	2.63
22	34.60	20.00	45.40	C	24.47	52.78	4.22	12.65	13.34	1.25	2.06	53.64	4.28	13.09	13.77	1.26	1.89
23	22.93	27.50	49.57	C	23.46	48.35	5.25	14.95	15.85	1.23	4.35	52.04	4.55	14.12	14.84	1.26	2.41
24	22.10	27.50	50.40	C	23.62	44.70	5.24	14.22	15.16	1.22	7.01	47.64	4.60	12.58	13.40	1.22	4.19
25	19.60	30.00	50.40	C	22.76	45.78	5.08	14.40	15.27	1.23	5.85	43.18	5.08	13.56	14.48	1.21	8.37
26	15.43	30.00	54.57	C	25.06	43.36	4.87	13.04	13.92	1.21	7.82	44.20	5.17	14.15	15.06	1.22	7.38
27	17.93	27.50	54.57	C	22.71	44.28	5.27	13.38	14.38	1.20	7.51	43.99	5.52	13.88	14.93	1.19	8.20
Ort,	20.53	23.61	55.86		25.90	47.49	4.83	13.94	14.77	1.24	5.67	47.43	4.79	14.06	14.87	1.24	5.88
Min	9.60	12.50	39.57		20.04	41.07	2.82	11.88	12.35	1.19	0.62	40.64	3.15	12.58	13.23	1.19	1.00
Mak,	44.60	30.00	67.90		43.12	60.06	5.91	16.15	17.15	1.34	13.25	56.62	5.85	16.07	17.10	1.34	13.45
%CV	53.07	19.23	16.01		25.24	10.00	16.62	8.39	8.54	3.65	60.19	10.51	16.20	6.37	6.79	3.44	65.29

4.5. İndikatör Seçimi ve Minimum Veri Setinin Oluşturulması

Çalışma sonucunda elde edilen fiziksel, kimyasal, biyolojik ve pedolojik veri setlerinin temel bileşenler analizine uygun olup olmadığını belirlemek için KMO ve Bartlett küresellik testi uygulanmıştır. KMO ve Bartlett küresellik testi sonuçları Tablo 4.17’de verilmiştir. Buna göre KMO testi sonucunda fiziksel özelliklerde %59.70 (0.597>0.5), kimyasal özelliklerde %65.30 (0.653>0.50), biyolojik özelliklerde %59.60 (0.596>0.50) ve pedolojik özelliklerde %62.00 (0.620>0.50) değerleri elde edilmiştir. Ayrıca Bartlett testi sonuçları da tüm veri setleri için (P=0.000<0.05) anlamlı bulunmuştur. Buna göre fiziksel kimyasal, biyolojik ve pedolojik özelliklerin temel bileşenler analizine uygun olduğu ve değişkenler arasında yüksek korelasyon gösterdiği anlaşılmaktadır (Karagöz ve Kösterelioğlu, 2008).

Tablo 4.17. Fiziksel, kimyasal, biyolojik ve pedolojik veri setlerine ait KMO ve Bartlett küresellik testi sonuçları

	Fiziksel	Kimyasal	Biyolojik	Pedolojik
KMO testi	0.597	0.653	0.596	0.620
Bartlett küresellik testi yaklaşık Ki-Kare	3103	940	357	5347
Serbestlik derecesi	91	105	36	120
Önem seviyesi (P)	0.000	0.000	0.000	0.000

Temel bileşen sayısı seçilirken en az temel bileşen sayısının toplam varyansın 2/3’ünü (% 67) açıklayabilecek sayıda temel bileşen belirlemek gerekir. Bu oran % 95’lere kadar çıkartılabilirse de % 67 oranından sonra açıklanan varyans oranını artırmak için çok sayıda temel bileşenle çalışmak gerektiğinden bu oran sınırlı tutulmuş ve genel olarak % 67 oranının sağlandığı temel bileşen sayısı kullanılmaktadır. Yapılan temel bileşenler analizinde, özdeğeri >1 olan ve varyansın 2/3 oranında açıklandığı seviyedeki temel bileşen (TB) sayısı dikkate alınmıştır. Zira R matrisinin ya da S matrisinin birden büyük olan öz değer sayısı kadar temel bileşen seçmek en yaygın kabul görmüş kurallardan biridir (Tatlıdil, 2002). Bu nedenle matrislerin öz değerleri bulunmuş ve değeri 1’den büyük olan kaç tane öz değer varsa o sayıda temel bileşen seçilmiştir.

Seçilen temel bileşenler içinde kalite indikatörü olarak minimum veri seti oluşturmada kullanılacak özelliklerin seçilmesinde ise, seçilen temel bileşenler kümesi içinde temel bileşen değerinin varyansı açıklama yüzdesi en yüksek olan özellikler minimum veri seti adayı olarak dikkate alınmıştır. Minimum veri setlerinin belirlenmesinde temel bileşen yükleri, korelasyon yükü toplamları, veriler arası korelasyonlar, analiz yöntemleri, vb. özellikler dikkate alınmıştır. Aralarında yüksek korelasyon bulunan özelliklerden hangisinin seçileceğine,

seçilen özelliğin kolay ve ucuz belirlenebilmesi, diğer özelliklerle ilişkisinin olup olmadığı gibi, yukarıda belirtilen açıklamalar ışığında karar verilmiştir.

Temel bileşen analizi sonucunda toprakların fiziksel özelliklerine ait özdeğerler, varyansların açıklanma oranları ve toplam varyanslar Tablo 4.18'de verilmiştir. Buna göre ilk TB varyansın %42.77'sini açıklarken, ikinci TB varyansın %17.14'unu, üçüncü TB varyansın %9.65'ini ve dördüncü temel bileşen ise varyansın %8.06'sını açıklamıştır. Buna göre, dört TB toplam varyansın %77.37'sini açıkladığından ve özdeğeri ≥ 1.129 olduğundan dört TB seçilmiştir.

Fiziksel özelliklere ait temel bileşenler analizi sonuçları Tablo 4.19'da verilmiştir. Buna göre, birinci temel bileşene en çok katkı yapan özellikler TK₁₀, TK₃₃, FS₁₀, FS₃₃ ve Kil₀₋₂₀ olmuş, bunların temel bileşen katsayıları sırasıyla; 0.901, 0.777, 0.765, 0.754 ve 0.686 çıkmıştır. İkinci temel bileşene en çok katkı yapan özellikler Pb, P, SN ve Pk olmuş, bunların temel bileşen katsayıları sırasıyla; -0.919, 0.891, 0.618 ve -0.514 bulunmuştur. Üçüncü temel bileşene en çok katkı yapan özellikler Silt₀₋₂₀, Kum₀₋₂₀ ve AS olmuş, bunların temel bileşen katsayıları sırasıyla; 0.853, -0.748 ve 0.610 çıkmıştır. Dördüncü temel bileşene en çok katkı yapan özellikler PD₀₋₂₀ ve PD₂₀₋₄₀ olmuş, bunların temel bileşen katsayıları sırasıyla; 0.870 ve 0.843 bulunmuştur.

Buna göre ölçülen toprak fiziksel özelliklerinden TB sıralamasına göre TK₁₀, TK₃₃, FS₃₃₋₁₅₀₀, FS₁₀₋₁₅₀₀, Kil₀₋₂₀, Pb, P, SN, Pk, Silt₀₋₂₀, Kum₀₋₂₀, AS, PD₀₋₂₀ ve PD₂₀₋₄₀ minimum veri seti adayı olarak seçilebilecek nitelikte bulunmuştur. Ancak toprak kalitesinin belirlenmesinde en az sayıda veri kullanılması gerektiğinden verilerin bileşen yükleri, korelasyon yük toplamları, veriler arası korelasyonlar, analiz yöntemleri ve uygulanabilirliği dikkate alınarak her bir veri seti için minimum veri setlerinin seçilmesi gerekmektedir.

Buna göre TB1'deki aday veriler olan TK₁₀, TK₃₃, FS₁₀, FS₃₃ ve Kil₀₋₂₀ kendi içindeki korelasyon yükleri toplamları sırasıyla; 3.768, 3.535, 3.287, 2.763 ve 3.231 olmuştur (Tablo 4.20). Buradaki TK₁₀ değerlerinin en yüksek bileşen yüküne sahip olması diğer dört özellikten TK₁₀ en yüksek korelasyon yüküne sahip olması (3.768), yaygın kullanımının bulunması ve fiziksel toprak kalite faktörlerinden 10 adedi ile aralarında korelasyon göstermesi (Tablo 4.21) nedenlerinden dolayı minimum veri setine seçilen birinci fiziksel toprak özelliği olmuştur. Ayrıca yüksek TK₁₀ değerler topraklarda daha fazla su depolanması anlamına geleceğinden, özellikle kurak ve yarı kurak bölgeler için bitkilerin su streslerinden daha az etkilenmesi bakımından da bir kalite göstergesi niteliği taşıyacaktır. Bu durum suyun ekonomik ve sürdürülebilir kullanımı açısından diğer bölgeler için de geçerli olacaktır.

TB2'deki aday veriler olan Pb, %P, Sn ve Pk'nin kendi içindeki korelasyon yükleri toplamları sırasıyla; 3.008, 2.889, 2.455 ve 1.912 olmuştur (Tablo 4.20). Bu dört aday özellik arasında en yüksek toplam korelasyon yüküne Pb'nin sahip olması, ayrıca Pb ile P arasında yüksek negatif korelasyonun ($R^2=-0.991$) bulunması nedeni ile minimum veri setine seçilen ikinci toprak fiziksel özelliği olmuştur.

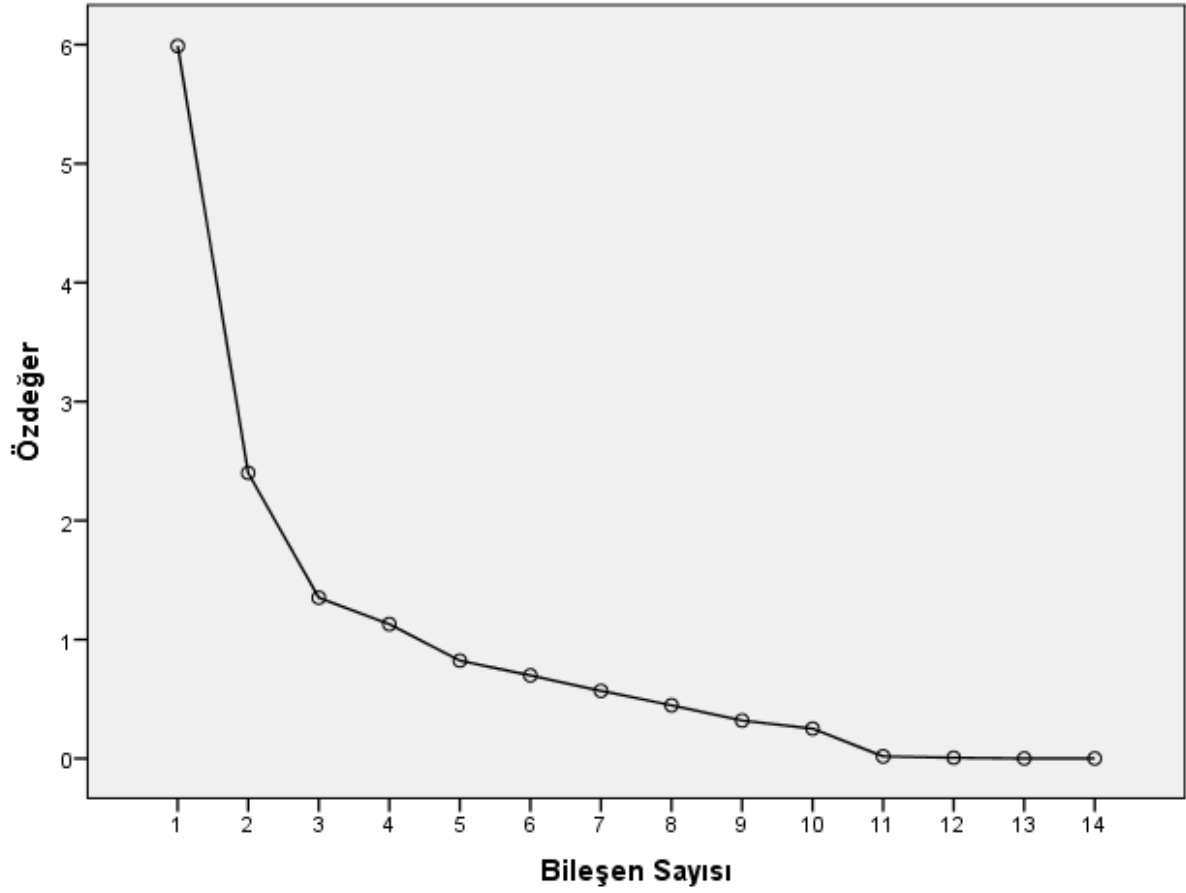
TB3'teki aday veriler olan Silt₀₋₂₀, Kum₀₋₂₀ ve AS'nin kendi içindeki korelasyon yükleri toplamları sırasıyla 2.320, 2.335 ve 1.767 çıkmıştır (Tablo 4.20). Buradaki Silt₀₋₂₀, Kum₀₋₂₀ değerlerinin pratikte değiştirilmesi mümkün olmayıp, dönemsel iklim ve arazi yönetimindeki değişimlere karşı duyarlılıkları da bulunmamaktadır. Bu nedenle bu özellik minimum veri setine dahil edilmemiş, bu nedenle TB3'te minimum veri setinde sadece AS yer almıştır.

TB4'teki aday veriler olan PD₀₋₂₀ ve PD₂₀₋₄₀'nin kendi içindeki korelasyon yükleri toplamları; 1.652 olmuştur (Tablo 4.20). Bu iki aday özellik arasında ölçümünün daha kolay olması nedeniyle burada minimum veri setine seçilen toprak fiziksel özelliği PD₀₋₂₀ olmuştur.

Sonuç olarak fiziksel toprak kalite parametrelerinden TK₁₀, Pb, AS ve PD₀₋₂₀ minimum veri setinde yer almıştır. Seçilen bu özelliklerden Pb, TK₁₀, AS ve PD₀₋₂₀ yaygın toprak kalitesi değerlendirme sistemleri olan CSHA ve SMAF 'da yer almaktadır. Seçilen bu fiziksel özellikler CSHA ve SMAF 'da kullanıldığı gibi adı geçen değerlendirme sistemlerinde olamayan TK ve FS gibi parametrelerin kalite indikatörü olarak kullanılabileceği başka birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Erkossa ve ark., 2007; Gugino ve ark., 2009; Rashidi ve ark., 2010; Yang ve ark., 2010).

Tablo 4.18. Fiziksel özelliklere ait özdeğer ve varyans sonuçları

Özdeğer	5.989	2.400	1.351	1.129	0.823	0.698	0.569
Varyans	42.777	17.143	9.652	8.064	5.876	4.987	4.062
Toplam varyans	42.777	59.920	69.572	77.636	83.512	88.499	92.561
Özdeğer	0.447	0.319	0.251	0.018	0.006	0.000	0.000
Varyans	3.193	2.280	1.796	0.125	0.043	0.003	0.001
Toplam varyans	95.754	98.034	99.830	99.955	99.997	100.00	100.00



Tablo 4.19. Fiziksel özelliklere ait faktör analizi sonuçları*

Değişkenler	TB1**	TB2	TB3	TB4
TK₁₀	0.901			
TK₃₃	0.777	0.465		
FS₃₃₋₁₅₀₀	0.765			
FS₁₀₋₁₅₀₀	0.754			
Kil₀₋₂₀	0.686		0.554	
Pb		-0.919		
P		0.891		
SN	0.589	0.618		
Pk		-0.514		
Silt₀₋₂₀			0.853	
Kum₀₋₂₀	-0.569		-0.748	
AS			0.610	
PD₀₋₂₀				0.870
PD₂₀₋₄₀				0.843

*: >0.40'dan büyük sonuçlar gösterilmiştir

**::Temel bileşen olarak seçilen toprak fiziksel özelliklerine ait göstergeler koyu renkli olarak belirtilmiştir.

Tablo 4.20. Temel bileşenler analizi ile seçilen fiziksel özelliklere ait korelasyon matrisi

TB1	TK ₁₀	TK ₃₃	FS ₃₃	FS ₁₀	Kil ₀₋₂₀
TK₁₀	1	0.799	0.576	0.742	0.651
TK₃₃	0.799	1	0.659	0.295	0.782
FS₃₃	0.576	0.659	1	0.490	0.562
FS₁₀	0.742	0.295	0.490	1	0.236
Kil₀₋₂₀	0.651	0.782	0.562	0.236	1
Toplam	3.768	3.535	3.287	2.763	3.231
TB2	Pb	P	SN	Pk	
Pb	1	-0.991	-0.614	0.403	
P	-0.991	1	0.615	-0.283	
SN	-0.614	0.615	1	-0.226	
Pk	0.403	-0.283	-0.226	1	
Toplam	3.008	2.889	2.455	1.912	
TB3	Silt ₀₋₂₀	Kum ₀₋₂₀	AS		
Silt₀₋₂₀	1	-0.944	0.376		
Kum₀₋₂₀	-0.944	1	-0.391		
AS	0.376	-0.391	1		
Toplam	2.320	2,335	1.767		
TB4	PD ₀₋₂₀	PD ₂₀₋₄₀			
PD₀₋₂₀	1	0.652			
PD₂₀₋₄₀	0.652	1			
Toplam	1.652	1.652			

Tablo 4.21. Fiziksel özelliklere ait korelasyon matrisi

	Kum₀₋₂₀	Silt₀₋₂₀	Kil₀₋₂₀	Pb	Pk	P	TK₁₀	TK₃₃	SN₁₅₀₀	FS₁₀₋₁₅₀₀	FS₃₃₋₁₅₀₀	AS	PD₂₀₋₄₀
Silt₀₋₂₀	-0.705												
	0.000												
Kil₀₋₂₀	-0.944	0.431											
	0.000	0.000											
Pb	0.382	-0.278	-0.356										
	0.000	0.002	0.000										
Pk	0.076	-0.141	-0.031	0.403									
	0.000	0.073	0.376	0.000									
P	-0.388	0.270	0.369	-0.991	-0.283								
	0.217	0.002	0.000	0.000	0.001								
TK₁₀	-0.583	0.195	0.651	-0.280	0.071	0.306							
	0.000	0.021	0.000	0.002	0.234	0.001							
TK₃₃	-0.729	0.312	0.782	-0.518	-0.145	0.524	0.799						
	0.000	0.001	0.000	0.000	0.069	0.000	0.000						
SN	-0.644	0.288	0.711	-0.614	-0.226	0.615	0.715	0.919					
	0.000	0.001	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000					
FS₁₀₋₁₅₀₀	-0.177	-0.22	0.236	0.174	0.331	-0.135	0.742	0.295	0.099				
	0.034	0.415	0.007	0.036	0.000	0.082	0.000	0.001	0.155				
FS₃₃₋₁₅₀₀	-0.524	0.224	0.562	-0.118	0.051	0.127	0.576	0.695	0.373	0.490			
	0.000	0.010	0.000	0.111	0.301	0.094	0.000	0.000	0.000	0.000			
AS	-0.391	0.376	0.322	-0.332	-0.286	0.306	0.189	0.308	0.327	-0.069	0.122		
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.025	0.001	0.000	0.240	0.105		
PD₀₋₂₀	0.338	-0.287	-0.296	0.363	0.120	-0.370	-0.347	-0.364	-0.399	-0.102	-0.123	-0.191	
	0.000	0.001	0.001	0.000	0.107	0.000	0.000	0.000	0.000	0.147	0.102	0.024	
PD₂₀₋₄₀	0.260	-0.232	-0.222	0.348	0.292	-0.328	-0.343	-0.382	-0.419	-0.085	-0.144	-0.146	0.652
	0.003	0.008	0.010	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.191	0.068	0.066	0.000

Temel bileşen analizi sonucunda toprakların kimyasal özelliklerine ait öz değerler, varyansların açıklanma oranları ve toplam varyanslar Tablo 4.22’de verilmiştir. Buna göre ilk TB varyansın %27.57’sini açıklarken, ikinci TB varyansın %20.24’ünü, üçüncü TB varyansın %12.85’ini, dördüncü temel bileşen varyansın %9.06’sını ve beşinci temel bileşen ise varyansın %6.87’sini açıklamıştır. Buna göre, beş TB toplam varyansın %76.58’ünü açıkladığından ve özdeğeri ≥ 1.03 olduğundan beş TB seçilmiştir.

Kimyasal özelliklere ait temel bileşenler analizi sonuçları Tablo 4.23’te verilmiştir. Buna göre, birinci temel bileşene en çok katkı yapan özellikler EC, YP, NO₃-N, Zn olmuş, bunların temel bileşen katsayıları sırasıyla; 0.845, 0.837, 0.793 ve 0.775 çıkmıştır. İkinci temel bileşene en çok katkı yapan özellikler Fe, Mn ve TN olmuş, bunların temel bileşen katsayıları sırasıyla; 0.833, 0.803 ve 0.712 bulunmuştur. Üçüncü temel bileşene en çok katkı yapan özellikler Ca, Cu ve NH₄-N olmuş, bunların temel bileşen katsayıları sırasıyla; 0.816, 0.715 ve 0.652 çıkmıştır. Dördüncü temel bileşene en çok katkı yapan özellikler Na, K ve kireç olmuş, bunların temel bileşen katsayıları sırasıyla; 0.771, 0.731 ve -0.527, beşinci temel bileşene en çok katkı yapan özellikler pH ve Mg olmuş, bunların temel bileşen katsayıları sırasıyla; -0.832 ve 0.406 bulunmuştur.

Buna göre ölçülen toprak kimyasal özelliklerinden TB sıralamasına göre EC, YP, NO₃-N, Zn, Fe, Mn, TN, Ca, Cu, NH₄-N, Na, K, Kireç, pH ve Mg minimum veri seti adayı olarak seçilebilecek nitelikte bulunmuştur. Ancak toprak kalitesinin belirlenmesinde en az sayıda veri kullanılması gerektiğinden verilerin bileşen yükleri, korelasyon yük toplamları, veriler arası korelasyonlar, analiz yöntemleri ve uygulanabilirliği dikkate alınarak her bir veri seti için minimum veri setlerinin seçilmesi gerekmektedir.

Buna göre TB1’deki aday veriler olan EC, YP, NO₃-N ve Zn’nun kendi içindeki korelasyon yükleri toplamları sırasıyla; 1.395, 2.361, 2.227 ve 2.315 olmuştur (Tablo 4.24). Dört özellikten Zn 10 adet kimyasal toprak özelliği ile önemli korelasyona sahipken, EC, YP, NO₃-N 9 adet kimyasal toprak özelliği ile önemli korelasyon göstermiştir (Tablo 4.25). Ayrıca toprakların Zn kapsamları tüm serilerde yeterlilik sınırının üzerinde çıkmıştır (Tablo 4.5-4.8) (Sillianpa, 1990). Araştırma topraklarında ölçüm yapılırken ve laboratuvar ölçümlerine de bakılarak çalışma alanında tuzluluk problemine rastlanılmamıştır. Yukarıda belirtilen nedenlerden ve ayrıca fosforun topraktaki fazlalığının toksik etki yaratması nedeniyle, ayrıca yapılan çalışmalarda toprak kalite indikatörü olarak birçok araştırmacının YP seçmesinden TB1’den YP minimum veri setine alınabilecek toprak kimyasal özelliği olarak değerlendirilmiştir (Karlen ve ark., 1997; Brejda ve ark., 2000a; Andrews ve ark.,

2002; Andrews ve ark., 2004; Gugino ve ark., 2009; Tesfahunegn ve ark., 2011a; Şeker ve ark., 2017a; Şeker ve ark., 2017b).

TB2'deki aday veriler olan Fe, Mn ve TN'nin kendi içindeki korelasyon yükleri toplamları sırasıyla; 1.967, 2.167 ve 1.944 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.24). Bu üç özellik arasında toprakların Fe kapsamı incelendiğinde yeterlilik sınırından fazla Fe kapsamı olduğu görülmektedir (Tablo 4.5-4.8) (Lindsay ve Norvell, 1978; Sillianpa, 1990). Tablo 4.5-4.8 incelendiğinde toprakların Mn içerikleri çalışma alanında yarısına yakın topraklarda yeterlilik sınırının altında yer almıştır (Sillianpa, 1990). Mn'nin önemli bir mikro bitki besin elementi olması, topraklarımızda eksikliğin bulunması nedeni ile TB2'den Mn minimum veri setine alınabileceği değerlendirilmiştir. Ayrıca Mn CSHA ve SMAF'ta da toprak kalite parametresi olarak değerlendirilmektedir (Andrews ve ark., 2004; Gugino ve ark., 2009).

TB3'teki aday veriler olan Ca, Cu ve NH₄-N'nin kendi içindeki korelasyon yükleri toplamları sırasıyla; 2.050, 2.068 ve 1.836 olmuştur (Tablo 4.24). Bu üç özellikten Ca'un araştırma toprakların incelendiğinde ve çalışma alanı topraklarının tamamında noksanlık sınırının üzerinde bulunması (Tablo 4.5-4.8) (Sillianpa, 1990), Ca'nın korelasyon yükü toplamının düşük olması nedeniyle veri setine dahil edilmemiştir. TB3'ten Cu minimum veri setine alınabilecek özellik olarak değerlendirilmiştir. Aynı zamanda Cu CSHA ve SMAF'ta da toprak kalite parametresi olarak değerlendirilmektedir (Andrews ve ark., 2004; Gugino ve ark., 2009).

TB4'teki aday veriler olan Na, K ve Kireç 'in kendi içindeki korelasyon yükleri toplamları sırasıyla 1.577, 1.440 ve 1.529 çıkmıştır (Tablo 4.24). Bu üç özellik incelendiğinde Na 'un diğer katyonlar göre (Ca, Mg ve K) miktarının çok düşük olması, yaygın bir bitki besin elementi olmaması nedeni ile minimum veri setine dahil edilmemiştir. Toprakların kireç içerikleri incelendiğinde araştırma yapılan alanda kireç içeriklerinin farklı değişimler göstermediği toprakların yüksek kireç içeriğine sahip olduğu görülmekte olup (Tablo 4.5-4.8), bu nedenden dolayı veri setine kireç dahil edilmemiştir. Çalışma alanı topraklarının K kapsamı yüksek olup tamamının K miktarı yeterlilik sınırının üzerinde çıkmıştır (Tablo 4.5-4.8). Toprakların K kapsamı CSHA ve SMAF 'ta minimum veri setinde olmasından dolayı ve önemli bitki besin elementi olduğunda veri setine K dahil edilmiştir.

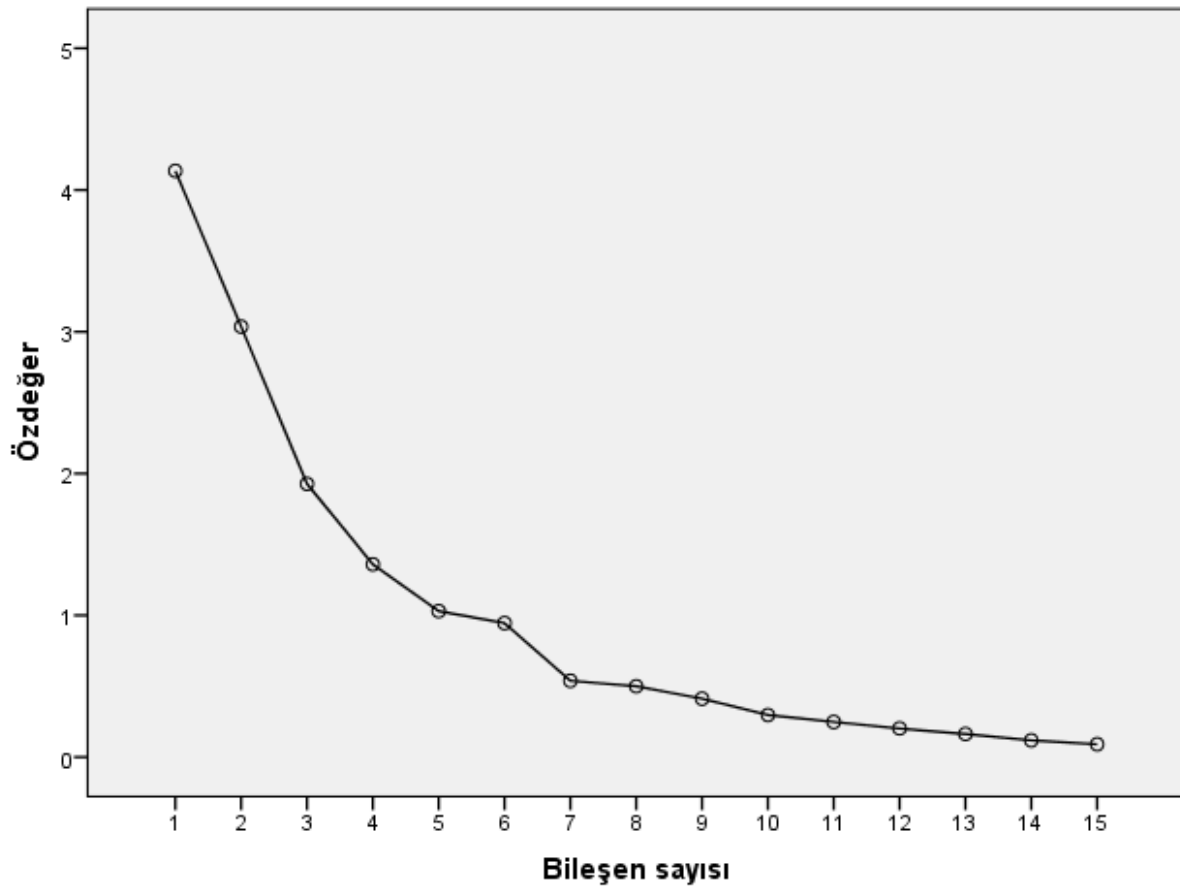
TB5'teki aday veriler olan pH ve Mg 'un kendi içindeki korelasyon yükleri toplamları aynı olup 1.202 çıkmıştır (Tablo 4.23). Bu iki özellik arasında önemli bir korelasyon ilişkisi bulunmamaktadır (Tablo 4.25). Çalışma alanı topraklarının Mg kapsamı yüksek olup tamamının Mg miktarı yeterlilik sınırının üzerinde çıkmıştır (Tablo 4.5-4.8). Bu nedenden dolayı Mg veri setine dahil edilmezken, diğer indikatör olan pH başka araştırmacılar

tarafından da veri setlerinde yer aldığı ve ayrıca bitki besleme konusunda önemli olduğundan dolayı veri setine dahil edilmiştir.

Sonuç olarak kimyasal toprak kalite parametrelerinden YP, Mn, K, Cu ve pH minimum veri setinde yer alabilecek değişkenler olarak belirlenmiştir. Seçilen bu kimyasal özellikler kalite indikatörü olarak kullanılabilmesi başka birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Mojiri ve ark., 2011; Liu ve ark., 2014; Viana ve ark., 2014; Zdruli ve ark., 2014; Benintende ve ark., 2015; Şeker ve ark., 2017b).

Tablo 4.22. Kimyasal özelliklere ait özdeğer ve varyans sonuçları

Özdeğer	4.135	3.036	1.927	1.359	1.030	0.945	0.538
Varyans	27.566	20.242	12.848	9.063	6.866	6.031	3.587
Toplam varyans	27.566	47.807	60.655	69.718	76.584	82.885	86.472
Özdeğer	0.500	0.412	0.297	0.248	0.202	0.163	0.181
Varyans	3.330	2.745	1.979	1.651	1.346	1.085	0.788
Toplam varyans	89.802	92.547	94.526	96.177	97.523	98.608	99.396
Özdeğer	0.091						
Varyans	0.604						
Toplam varyans	100.00						



Tablo 4.23. Kimyasal özelliklere ait temel bileşenler analizi sonuçları*

Değişkenler	TB1**	TB2	TB3	TB4	TB5
EC	0.845				
YP	0.837				
NO ₃ -N	0.793				
Zn	0.775				
Fe		0.833			
Mn		0.803			
TN		0.712			
Ca			0.816		
Cu			0.715		
NH ₄ -N			0.652		
Na				0.771	
K				0.731	
Kireç ₀₋₂₀				-0.527	
pH					-0.832
Mg					0.406

*: >0.40'dan büyük sonuçlar gösterilmiştir

**::Temel bileşen olarak seçilen toprak fiziksel özelliklerine ait göstergeler koyu renkli olarak belirtilmiştir.

Tablo 4.24. Temel bileşenler analizi ile seçilen kimyasal özelliklere ait korelasyon matrisi

TB1	EC	YP	NO ₃ -N	Zn
EC	1	-0.106	-0.261	-0.028
YP	-0.106	1	0.467	0.788
NO ₃ -N	-0.261	0.467	1	0.499
Zn	-0.028	0.788	0.499	1
Toplam	1.395	2.361	2.227	2.315
TB2	Fe	Mn	TN	
Fe	1	0.595	0.372	
Mn	0.595	1	0.572	
TN	0.372	0.572	1	
Toplam	1.967	2.167	1.944	
TB3	Ca	Cu	NH ₄ -N	
Ca	1	0.650	0.400	
Cu	0.650	1	0.436	
NH ₄ -N	0.400	0.436	1	
Toplam	2.050	2.086	1.836	
TB4	Na	K	Kireç	
Na	1	0.244	-0.333	
K	0.244	1	-0.196	
Kireç	-0.333	-0.196	1	
Toplam	1.577	1.440	1.529	
TB5	pH	Mg		
pH	1	-0.202		
Mg	-0.202	1		
Toplam	1.202	1.202		

Tablo 4.25. Kimyasal özelliklere ait korelasyon matrisi

	pH	EC	Kireç ₀₋₂₀	TN	NH ₄ -N	NO ₃ -N	YP	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cu	Mn
EC	-0.333													
	0.000													
Kireç ₀₋₂₀	0.153	0.122												
	0.057	0.105												
TN	0.077	0.220	0.386											
	0.215	0.011	0.000											
NH ₄ -N	0.016	0.480	-0.021	0.126										
	0.436	0.000	0.415	0.096										
NO ₃ -N	-0.261	0.801	0.205	0.241	0.444									
	0.003	0.000	0.017	0.006	0.000									
YP	-0.106	0.522	0.365	0.318	0.261	0.467								
	0.138	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000								
Ca	0.580	0.101	0.159	0.486	0.400	0.150	0.046							
	0.000	0.149	0.050	0.000	0.000	0.061	0.319							
Mg	-0.202	0.047	-0.247	0.125	0.059	-0.117	-0.109	0.024						
	0.018	0.313	0.005	0.098	0.272	0.113	0.132	0.403						
Na	0.190	-0.168	-0.333	0.018	-0.160	-0.254	-0.238	0.109	0.171					
	0.024	0.042	0.000	0.427	0.049	0.004	0.007	0.130	0.039					
K	0.241	0.276	-0.196	0.034	0.344	0.113	0.321	0.231	0.116	0.244				
	0.006	0.002	0.021	0.362	0.000	0.123	0.000	0.008	0.116	0.005				
Fe	0.285	-0.293	0.063	0.372	-0.163	-0.257	-0.155	0.343	0.102	0.497	-0.223			
	0.001	0.001	0.258	0.000	0.046	0.004	0.055	0.000	0.147	0.000	0.010			
Cu	0.221	0.309	0.169	0.409	0.436	0.309	0.303	0.650	0.287	-0.041	0.226	0.302		
	0.011	0.001	0.040	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.335	0.009	0.001		
Mn	0.333	-0.056	0.323	0.572	0.035	0.039	0.107	0.561	-0.190	0.188	-0.087	0.595	0.232	
	0.000	0.281	0.000	0.000	0.360	0.345	0.135	0.000	0.025	0.026	0.184	0.000	0.008	
Zn	-0.028	0.501	0.457	0.444	0.285	0.499	0.788	0.255	-0.060	-0.354	0.114	-0.106	0.426	0.229
	0.386	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.004	0.270	0.000	0.121	0.138	0.000	0.009

Temel bileşen analizi sonucunda toprakların biyolojik özelliklerine ait öz değerler, varyansların açıklanma oranları ve toplam varyanslar Tablo 4.26'da verilmiştir. Buna göre ilk TB varyansın %31.61'ini açıklarken, ikinci TB varyansın %21.36'sını ve üçüncü TB varyansın %15.01'ini açıklamıştır. Buna göre, üç TB toplam varyansın %67.98'ünü açıkladığından ve özdeğeri ≥ 1.351 olduğundan üç TB seçilmiştir.

Biyolojik özelliklere ait temel bileşenler analizi sonuçları Tablo 4.27'de verilmiştir. Buna göre, birinci temel bileşene en çok katkı yapan özellikler Dehidrogenaz, Üreaz ve Aktif karbon olmuş, bunların temel bileşen katsayıları sırasıyla; -0.769, 0.724 ve 0.707 çıkmıştır. İkinci temel bileşene en çok katkı yapan özellikler Kök sağlığı değeri ve Katalaz olmuş, temel bileşen katsayıları ise; 0.753 ve 0.647 bulunmuştur. Üçüncü temel bileşene en çok katkı yapan özellikler PMN ve organik madde, olmuş ve temel bileşen katsayıları sırasıyla; -0.557 ve 0,484 çıkmıştır.

Buna göre ölçülen toprak biyolojik özelliklerinin tamamı TB sıralamasına göre Dehidrogenaz, Üreaz, Aktif karbon, Kök sağlığı, Katalaz, PMN ve Organik madde minimum veri seti adayları olmuşlardır. Ancak toprak kalitesinin belirlenmesinde en az sayıda veri kullanılması gerektiğinden verilerin bileşen yükleri, korelasyon yük toplamları, veriler arası korelasyonlar, analiz yöntemleri ve uygulanabilirliği dikkate alınarak her bir veri seti için minimum veri setlerinin seçilmesi gerekmektedir.

Buna göre TB1'deki aday veriler olan Dehidrogenaz, Üreaz ve Aktif karbon 'nün kendi içindeki korelasyon yükleri toplamları sırasıyla; 2.288, 1.782 ve 2.110 olmuştur (Tablo 4.28). Bu özelliklerde dehidrogenaz en yüksek korelasyon yüküne sahip olduğu görülmektedir. İkinci sırada aktif karbon en yüksek korelasyon yüküne sahiptir. Dehidrogenaz ve aktif karbon diğer biyolojik özelliklerin 5 adedi ile yüksek korelasyon göstermiştir (Tablo 4.29). Burada temel bileşen seçim yapmak için toprak özelliğinin hem pratik hem de daha az maliyet ile analiz yapıldığını düşünüldüğünde aktif karbon TB1 olarak seçilmesi uygun görülmektedir. Ayrıca yapılan birçok çalışmada aktif karbonun biyolojik kalite indikatörü olarak seçildiği görülmektedir (Andrews ve ark., 2004; Gugino ve ark., 2009; Şeker ve ark., 2017a; Şeker ve ark., 2017b)

TB2'deki aday veriler olarak kök sağlığı değeri ve katalaz elde edilmiştir. Kök sağlığı değeri ve katalaz'ın korelasyon yükleri toplamı 1.285 bulunmuştur. (Tablo 4.28). Kök sağlığı değeri ve katalaz'ın diğer biyolojik özelliklerin 5 adedi ile yüksek korelasyon gösterdiği görülmektedir (Tablo 4.28). Kök sağlığı değerinin bulunmasında hızlı, pratik ve kolay bir metot olduğu göz önünde bulundurularak ve temel bileşen sonucunda daha fazla açıklama

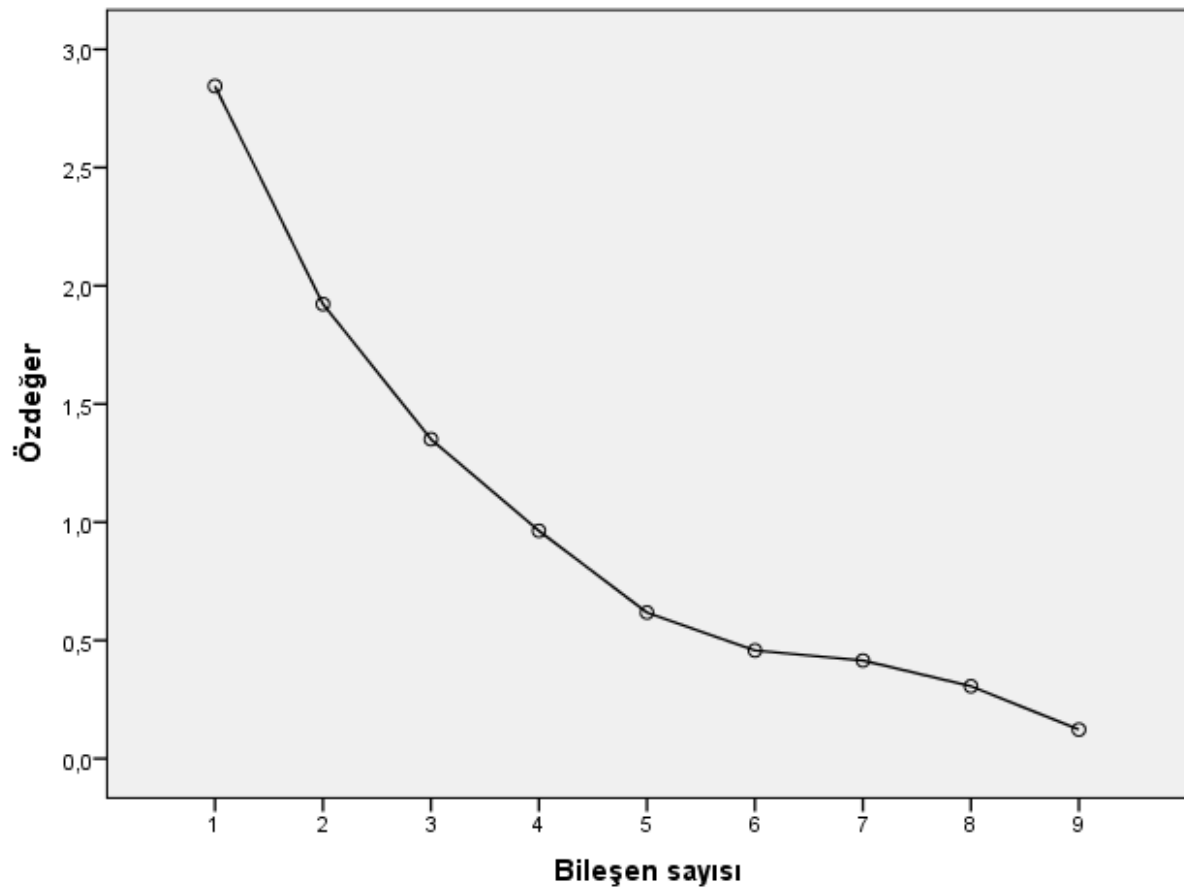
oranına sahip olduğunda minimum veri setine seçilmiştir. Bu seçimde katalaz tayinin diğer özelliğe göre daha zor olması da bir etken olarak değerlendirilmiştir.

TB3'e en çok katkı yapan özellikler; Organik madde ve PMN kendi içindeki korelasyon yükleri toplamları; 1.121 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.28). Bu özellikler arasında temel bileşenler katsayısı aynı olduğundan; korelasyon yükleri toplamlarının birbirine çok yakın olması, temel bileşenler katsayılarının daha yüksek olması nedeniyle varyasyonu açıklama oranlarının da yüksek bulunması nedeniyle PMN ve organik madde TB3'te minimum veri seti olarak seçilmiştir. Ayrıca organik madde hem CSHA ve hem de SMAF 'ta, PMN ise CSHA da toprak kalite parametresi olarak değerlendirilmektedir (Andrews ve ark., 2004; Gugino ve ark., 2009).

Sonuç olarak kimyasal toprak kalite parametrelerinden Aktif karbon, Kök sağlığı değeri, PMN ve Organik madde minimum veri setinde yer alabilecek değişkenler olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.26. Biyolojik özelliklere ait özdeğer ve varyans sonuçları

Özdeğer	2.845	1.922	1.351	0.963	0.618	0.457	0.415
Varyans	31.606	21.360	15.010	10.705	6.864	5.081	4.609
Toplam varyans	31.606	52.966	67.976	78.681	85.545	90.626	95.235
Özdeğer	0.306	0.123					
Varyans	3.401	1.364					
Toplam varyans	98.636	100.00					



Tablo 4.27. Biyolojik özelliklere ait temel bileşenler analizi sonuçları*

Değişkenler	TB1**	TB2	TB3
Dehidrogenaz	-0.769	-0.449	
Üreaz	0.724		0.479
Aktif karbon	0.707	0.535	
CO ₂ Çıkışı	0.576	-0.418	
Mikoriza	0.509	-0.477	0.441
Kök sağlığı		0.753	
Katalaz	-0.402	0.647	
PMN	0.526		-0.557
Organik madde			0.484

*: >0.40'dan büyük sonuçlar gösterilmiştir

** :Temel bileşen olarak seçilen toprak fiziksel özelliklerine ait göstergeler koyu renkli olarak belirtilmiştir.

Tablo 4.28. Temel bileşenler analizi ile seçilen biyolojik özelliklere ait korelasyon matrisi

TB1	Dehidrogenaz	Üreaz	Aktif Karbon
Dehidrogenaz	1	-0.480	-0.808
Üreaz	-0.480	1	0.302
Aktif Karbon	-0.808	0.302	1
Toplam	2.288	1.782	2.110
TB2	Kök Sağlığı	Katalaz	
Kök Sağlığı	1	0.285	
Katalaz	0.285	1	
Toplam	1.285	1.285	
TB3	PMN	Organik Madde	
PMN	1	0.121	
Organik Madde	0.121	1	
Toplam	1.121	1.121	

Tablo 4.29. Biyolojik özelliklere ait korelasyon matrisi

	Organik madde	Aktif karbon	PMN	Kök Sağlığı Değerleri	CO₂ Çıkışı	Katalaz	Üreaz	Dehidrogenaz
Aktif karbon	0.049							
	0.307							
PMN	0.121	0.417						
	0.107	0.000						
Kök Sağlığı Değerleri	0.083	0.381	-0.078					
	0.196	0.000	0.212					
CO₂ Çıkışı	0.221	0.262	0.430	-0.260				
	0.011	0.003	0.000	0.003				
Katalaz	-0.001	0.052	-0.233	0.285	-0.349			
	0.495	0.295	0.008	0.001	0.000			
Üreaz	0.391	0.302	0.155	0.245	0.172	-0.322		
	0.000	0.001	0.054	0.005	0.038	0.000		
Dehidrogenaz	-0.041	-0.808	-0.210	-0.379	-0.286	0.086	-0.480	
	0.337	0.000	0.015	0.000	0.001	0.187	0.000	
Mikoriza spor sayısı	0.292	0.015	0.066	-0.078	0.278	-0.433	0.464	-0.169
	0.001	0.438	0.249	0.211	0.002	0.000	0.000	0.040

4.6. Skorlama Eğrilerinin Oluşturulması

Çalışma alanından elde edilen verilerin analizleri sonucunda oluşturulan fiziksel, kimyasal ve biyolojik indikatörler Tablo 4.30'da verilmiştir.

Tablo 4.30. Toprak kalitesi için seçilen toprak özellikleri

Fiziksel İndikatörler	Kimyasal İndikatörler	Biyolojik İndikatörler
Faydalı su	Yarayışlı Fosfor	Aktif Karbon
Hacim Ağırlığı	Mangan	Kök Sağlığı Değeri
Agregat Stabilitesi	Potasyum	Potansiyel Mineralize Olabilir Azot
Penetrasyon Direnci	Bakır	Organik Madde
	pH	

Elde edilen verilerden skorlama formüllerinin oluşturulması için her bir veri ayrı ayrı olarak 0-1 arasına sayısallaştırılmıştır. Bu sayısallaştırma işleminde doğrusal ve doğrusal olmayan denklemler kullanılmıştır. Seçilen indikatörlerin skorlanması işlemi eşitlik 5, 6, 7, 8 ve 9'da belirtilen dağılım fonksiyonu kullanılarak belirlenmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad \text{Eşitlik 5}$$

$$f(x) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad \text{Eşitlik 6}$$

$$f(x) = \begin{cases} 1.0, & b \leq x < c \\ \frac{x-a}{b-a} \times 0.9 + 0.1 & a < x < b \\ \frac{d-x}{d-c} \times 0.9 + 0.1 & c < x < d \\ 0,1, & x \leq a, x \geq d \end{cases} \quad \text{Eşitlik 7}$$

$$f(x) = \frac{x-a}{b-a} \times 0.9 + 0.1 \quad \text{Eşitlik 8}$$

$$f(x) = \begin{cases} 1.0, & x < b \\ \frac{x-a}{b-a} \times 0.9 + 0.1 & a \leq x < b \\ 0,1, & x < a \end{cases} \quad \text{Eşitlik 9}$$

Burada; μ bütün örneklerin ortalamasını, σ örneklerin standart sapmasını, x örnek değerini göstermektedir. Bu denklemler kullanılarak örneklerimiz 0-1 sayı değerleri alacak şekilde dönüştürülmüştür. Ayrıca a , b , c ve d katsayılarının açıklaması Tablo 4.31-4.35'te gösterilmiştir. Yarayışlı fosfor, potasyum ve mangan için (Sillianpa, 1990), pH değerinin sınır değerlerinin belirlenmesinde ise Andrews ve ark. (2004)'nın

belirlediği değerler kullanılmıştır. Denklem 5 faydalı su, agregat stabilitesi, aktif karbon, potansiyel mineralize olabilir azot ve organik madde için kullanılırken, denklem 6 hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci için, denklem 7 yarıyıllı fosfor, mangan, bakır ve pH, denklem 8 ise kök sağlığı ve denklem 9 potasyum için kullanılmıştır.

Tablo 4.31. Yarıyıllı fosfor için katsayılar

a	b	c	d
En düşük limit	Optimal düşük limit	Optimal yüksek limit	En yüksek limit
2.50	8.00	25.00	80.00

Tablo 4.32. Mangan için katsayılar

a	b	c	d
En düşük limit	Optimal düşük limit	Optimal yüksek limit	En yüksek limit
1.00	5.00	14.00	60.00

Tablo 4.33. Buğday bitkisinde kullanılan pH katsayılar

a	b	c	d
En düşük limit	Optimal düşük limit	Optimal yüksek limit	En yüksek limit
2.00	6.55	8.60	12.00

Tablo 4.34. Şeker pancarı bitkisinde kullanılan pH katsayılar

a	b	c	d
En düşük limit	Optimal düşük limit	Optimal yüksek limit	En yüksek limit
2.00	6.25	8.30	12.00

Tablo 4.35. Potasyum için katsayılar

a	b
En düşük limit	En yüksek limit
109	289

Seçilen toprak özellikleri 0-1 arasına sayısallaştırıldıktan sonra Curve expert versiyon 2.6 programı kullanılarak her bir seçilen indikatör için formülasyonlar oluşturulmuştur. Oluşturulan formüller Tablo 4.36'da verilmiştir. Oluşturulan bu fonksiyonlar kullanılarak bölge topraklarının kalite skorları fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak ayrı ayrı hesaplanabilecektir. Ayrıca uzun dönem arazi değişimleri uygulanan yöntemlere göre izlenebilecektir.

Hacim ağırlığı skorlaması için SMAF tarafından geliştirilen skorlama eğrileri kullanılmıştır. Bu skorlama eğrisindeki katsayılar tekstür, organik madde ve mineroloji bakımında değişmektedir (Andrews ve ark., 2004).



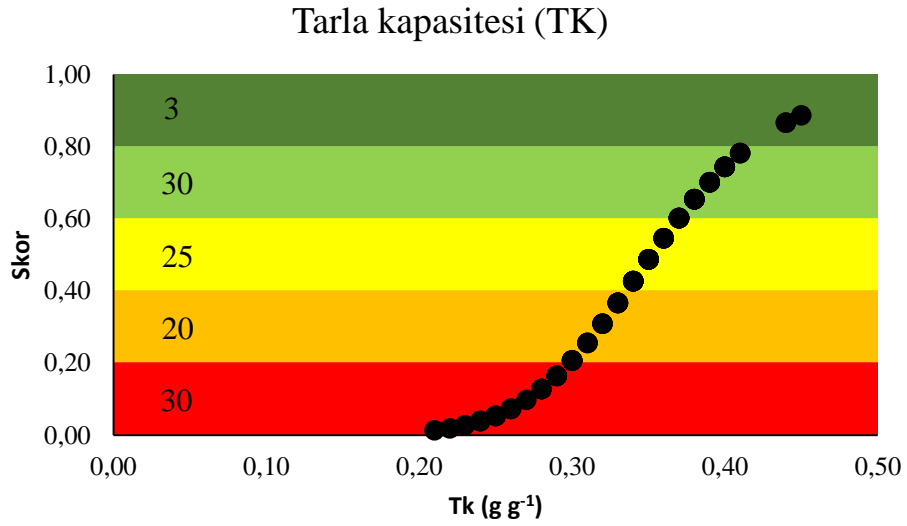
Tablo 4.36. Seçilen toprak özelliklerinden oluşturulan denklemler

Seçilen Toprak Özelliği	Denklem	Katsayılar	
Tarla Kapasitesi 10 KPa (g g ⁻¹)	$\mu(x) = \frac{1}{(1 + (x \div a))^b}$	a=0.352216 b=-8.383842	
Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	$\mu(x) = a - b \times e^{(-c \times x^d)}$	(Andrews ve ark., 2004)	
Agregat Stabilitesi (%)	$\mu(x) = \frac{1}{(1 + e^{(a-b*x)})^c}$	a=2.632208 b=0.136395 c=1.276854	
Penetrasyon Direnci (KPa)	$\mu(x) = \frac{1}{1 + (x \div a)^b}$	a=1144.065267 b=11.226841	
Yarayışlı Fosfor (mg kg ⁻¹)	$\mu(x) = \begin{cases} 1,002538 - 0,977333 \times e^{(-0,004726 \times X^{3,079187})} & 0 < x < 25 \\ 1,294325 / (1 + e^{(-2,613517 - (-0,056668 \times X)})} & x > 25 \end{cases}$		
Mangan (mg kg ⁻¹)	$\mu(x) = a + b \times c^a + d \times x$	a=1.257323 b=-1.797441 c=0.691043 d=-0.018561	
Bakır (mg kg ⁻¹)	$\mu(x) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left(\frac{B-L}{X-L}\right)^{2.5 \times (B+X-2L)}} & 0.1 < x < 20 \\ 0.1x & 0.1x > 20; x < 0.1 \end{cases}$	B=Skor değerini 0.5 yapan ölçüm değeri L=En düşük değer (0.1) X=Ölçüm değeri S=Eğim değeri	
Potasyum (mg kg ⁻¹)	$\mu(x) = 1/1 + e^{a-bx}$	a=4.145518 b=0.022285	
pH	Buğday	$\mu(x) = e^{-\frac{(x-a)^2}{2b^2}}$	a=6.549969 b=2.049971
	Şeker pancarı	$\mu(x) = e^{-\frac{(x-a)^2}{2b^2}}$	a=6.259985 b=2.049923
Aktif Karbon	$\mu(x) = \frac{1}{(1 + e^{(a-b*x)})^c}$	a=2.640382 b=0.005392 c=1.488922	
Kök Sağlığı	$\mu(x) = a + b * x$	a=1.114488 b=-0.112541	
Potansiyel Mineralize Olabilir Azot	$\mu(x) = \frac{1}{1 + a * e^{(-b*x)}}$	a=23.39948 b=0.344230	
Organik Madde (%)	$\mu(x) = \frac{1}{(1 + e^{(a-b*x)})^c}$	a=4.238120 b=3.020711 c=0.854300	

4.7. Seçilen Toprak Özelliklerinin Skorlanması

4.7.1. Tarla kapasitesi değerinin skorlanması

Tarla kapasitesi değerinin skorlanmasında Tablo 4.36 belirlenen formül kullanılmış ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.37’de verilmiştir. Tarla kapasitesi skor değerlerinin 0.01 ile 0.89 arasında değişim gösterdiği, tüm örneklerden 3 adedi 0.8-1 arasında çok yüksek, 30 adedi 0.6-0.8 arasında yüksek, 25 adedi 0.4-0.6 arasında orta, 20 adedi 0.2-0.4 arasında düşük ve 30 adedi 0-0.2 arasında çok düşük puan aldıkları görülmüştür (Şekil 4.7).



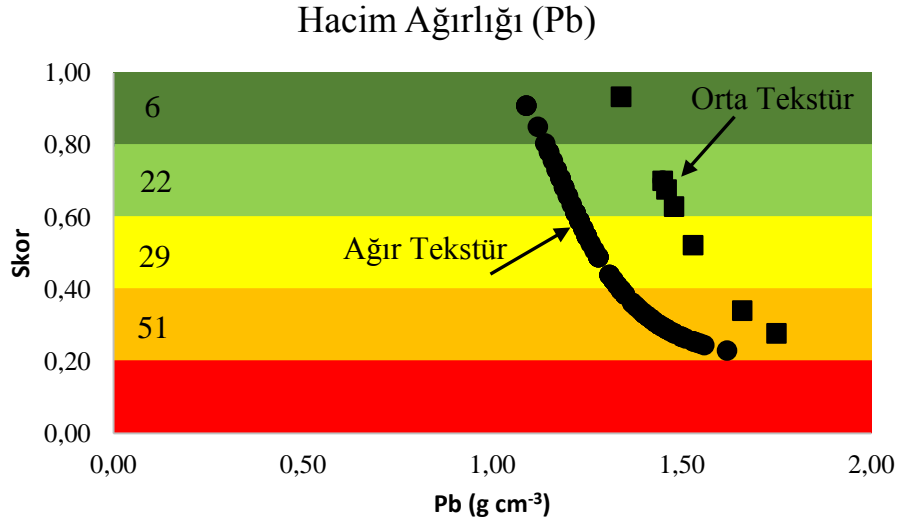
Şekil 4.7 Tarla kapasitesi skorlarının dağılımı

Tablo 4.37. Çalışma alanı topraklarının tarla kapasitesi skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri	
	(g g ⁻¹)	Skor		(g g ⁻¹)	Skor		(g g ⁻¹)	Skor
1	0.28	0.13	46	0.21	0.01	91	0,37	0.60
2	0.30	0.21	47	0.28	0.13	92	0,39	0.70
3	0.35	0.49	48	0.39	0.70	93	0,33	0.37
4	0.31	0.26	49	0.35	0.49	94	0,34	0.43
5	0.34	0.43	50	0.39	0.70	95	0,30	0.21
6	0.29	0.16	51	0.39	0.70	96	0,30	0.21
7	0.24	0.04	52	0.40	0.74	97	0,29	0.16
8	0.26	0.07	53	0.37	0.60	98	0,26	0.07
9	0.25	0.05	54	0.29	0.16	99	0,24	0.04
10	0.25	0.05	55	0.29	0.16	100	0,25	0.05
11	0.27	0.10	56	0.26	0.07	101	0,25	0.05
12	0.29	0.16	57	0.24	0.04	102	0,33	0.37
13	0.25	0.05	58	0.28	0.13	103	0,28	0.13
14	0.22	0.02	59	0.26	0.07	104	0,38	0.65
15	0.25	0.05	60	0.35	0.49	105	0,35	0.49
16	0.23	0.03	61	0.30	0.21	106	0,35	0.49
17	0.31	0.26	62	0.34	0.43	107	0,34	0.43
18	0.35	0.49	63	0.30	0.21	108	0,35	0.49
19	0.33	0.37	64	0.28	0.13			
20	0.37	0.60	65	0.28	0.13			
21	0.24	0.04	66	0.30	0.21			
22	0.32	0.31	67	0.36	0.55			
23	0.32	0.31	68	0.38	0.65			
24	0.33	0.37	69	0.40	0.74			
25	0.38	0.65	70	0.35	0.49			
26	0.40	0.74	71	0.36	0.55			
27	0.36	0.55	72	0.38	0.65			
28	0.31	0.26	73	0.37	0.60			
29	0.29	0.16	74	0.36	0.55			
30	0.33	0.37	75	0.36	0.55			
31	0.40	0.74	76	0.38	0.65			
32	0.37	0.60	77	0.35	0.49			
33	0.34	0.43	78	0.37	0.60			
34	0.30	0.21	79	0.37	0.60			
35	0.33	0.37	80	0.38	0.65			
36	0.32	0.31	81	0.34	0.43			
37	0.34	0.43	82	0.41	0.78			
38	0.39	0.70	83	0.34	0.43			
39	0.40	0.74	84	0.35	0.49			
40	0.33	0.37	85	0.35	0.49			
41	0.41	0.78	86	0.38	0.65			
42	0.41	0.78	87	0.34	0.43			
43	0.44	0.87	88	0.38	0.65			
44	0.44	0.87	89	0.40	0.74			
45	0.45	0.89	90	0.37	0.60			

4.7.2. Hacim ağırlığı değerinin skorlanması

Hacim ağırlığı değerinin skorlanmasında Tablo 4.36 belirlenen formül kullanılmış ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.38’de verilmiştir. Hacim ağırlığı skor değerlerinin 0.01 ile 0.89 arasında değişim gösterdiği, tüm örneklerden 6 adedi 0.8-1 arasında çok yüksek, 22 adedi 0.6-0.8 arasında yüksek, 29 adedi 0.4-0.6 arasında orta, 51 adedi 0.2-0.4 arasında düşük puan aldıkları görülmüştür (Şekil 4.8).



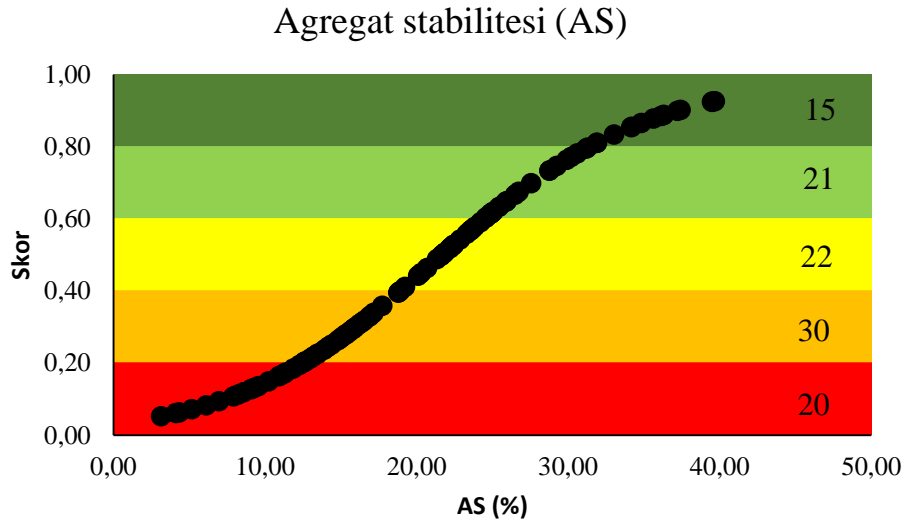
Şekil 4.8 Hacim ağırlığı skorlarının dağılımı

Tablo 4.38. Çalışma alanı topraklarının hacim ağırlığı skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri	
	(g cm ⁻³)	Skor		(g cm ⁻³)	Skor		(g cm ⁻³)	Skor
1	1.34	0.40	46	1.75	0.28	91	1.41	0.32
2	1.17	0.73	47	1.66	0.34	92	1.32	0.42
3	1.19	0.68	48	1.42	0.32	93	1.40	0.33
4	1.12	0.85	49	1.55	0.25	94	1.35	0.38
5	1.15	0.78	50	1.38	0.35	95	1.45	0.30
6	1.15	0.78	51	1.41	0.32	96	1.31	0.44
7	1.32	0.42	52	1.40	0.33	97	1.46	0.29
8	1.34	0.40	53	1.50	0.27	98	1.46	0.29
9	1.25	0.55	54	1.46	0.29	99	1.46	0.68
10	1.34	0.40	55	1.23	0.59	100	1.48	0.28
11	1.50	0.27	56	1.23	0.59	101	1.44	0.30
12	1.34	0.40	57	1.48	0.63	102	1.23	0.59
13	1.39	0.34	58	1.45	0.30	103	1.28	0.49
14	1.53	0.26	59	1.34	0.93	104	1.25	0.55
15	1.42	0.32	60	1.19	0.68	105	1.31	0.44
16	1.45	0.70	61	1.43	0.31	106	1.28	0.49
17	1.41	0.32	62	1.35	0.38	107	1.28	0.49
18	1.26	0.53	63	1.27	0.51	108	1.31	0.44
19	1.09	0.91	64	1.28	0.49			
20	1.34	0.40	65	1.44	0.30			
21	1.28	0.49	66	1.47	0.28			
22	1.25	0.55	67	1.18	0.71			
23	1.33	0.41	68	1.22	0.61			
24	1.24	0.57	69	1.09	0.91			
25	1.25	0.55	70	1.22	0.61			
26	1.34	0.40	71	1.22	0.61			
27	1.23	0.59	72	1.09	0.91			
28	1.45	0.70	73	1.20	0.66			
29	1.53	0.52	74	1.18	0.71			
30	1.37	0.36	75	1.21	0.63			
31	1.54	0.25	76	1.19	0.68			
32	1.56	0.25	77	1.18	0.71			
33	1.43	0.31	78	1.16	0.76			
34	1.48	0.28	79	1.24	0.57			
35	1.42	0.32	80	1.14	0.80			
36	1.62	0.23	81	1.17	0.73			
37	1.53	0.26	82	1.20	0.66			
38	1.50	0.27	83	1.31	0.44			
39	1.51	0.26	84	1.38	0.35			
40	1.34	0.40	85	1.23	0.59			
41	1.40	0.33	86	1.25	0.55			
42	1.33	0.41	87	1.32	0.42			
43	1.34	0.40	88	1.22	0.61			
44	1.37	0.36	89	1.34	0.40			
45	1.44	0.30	90	1.35	0.38			

4.7.3. Agregat stabilitesi değerinin skorlanması

Agregat stabilitesi değerinin skorlanmasında Tablo 4.36 belirlenen formül kullanılmış ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.39’da verilmiştir. Agregat stabilitesi skor değerlerinin 0.05 ile 0.93 arasında değişim gösterdiği, tüm örneklerden 15 adedi 0.8-1 arasında çok yüksek, 21 adedi 0.6-0.8 arasında yüksek, 22 adedi 0.4-0.6 arasında orta, 30 adedi 0.2-0.4 arasında düşük ve 20 adedi 0-0.2 arasında çok düşük puan aldıkları görülmüştür (Şekil 4.9).



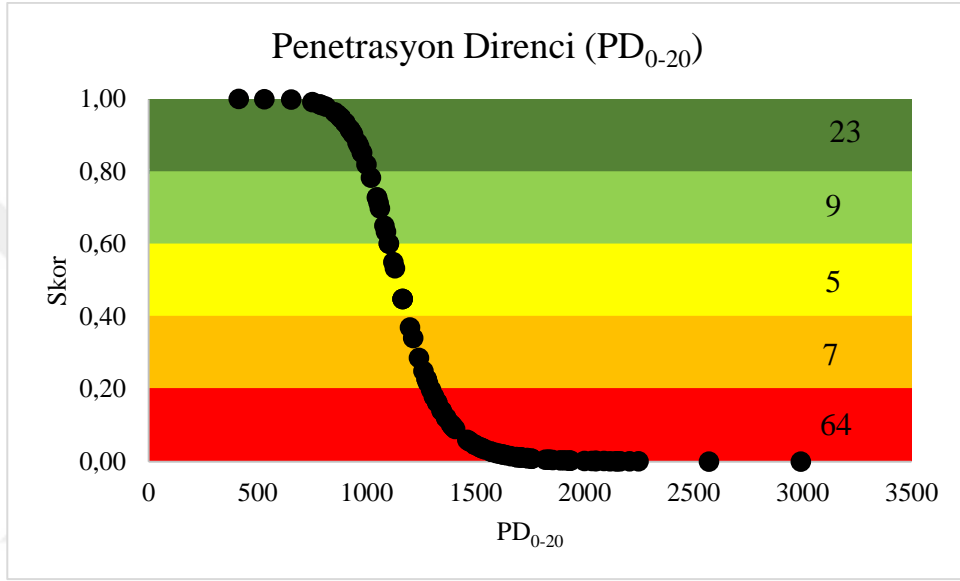
Şekil 4.9 Agregat stabilitesi skorlarının dağılımı

Tablo 4.39. Çalışma alanı topraklarının agregat stabilitesi skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri	
	(%)	Skor		(%)	Skor		(%)	Skor
1	8.59	0.12	46	6.12	0.08	91	22.45	0.53
2	15.83	0.29	47	6.96	0.09	92	11.87	0.18
3	20.10	0.44	48	15.08	0.27	93	22.41	0.53
4	27.56	0.70	49	25.05	0.62	94	28.80	0.73
5	21.36	0.49	50	29.25	0.75	95	23.62	0.57
6	21.86	0.51	51	39.69	0.93	96	36.31	0.89
7	11.25	0.17	52	39.53	0.92	97	24.92	0.61
8	25.46	0.63	53	21.65	0.50	98	13.91	0.24
9	15.61	0.29	54	7.91	0.11	99	15.25	0.28
10	18.85	0.40	55	31.29	0.80	100	16.87	0.33
11	18.80	0.39	56	35.64	0.88	101	18.92	0.40
12	34.17	0.85	57	36.14	0.88	102	20.69	0.46
13	16.39	0.31	58	39.50	0.92	103	12.99	0.21
14	4.12	0.06	59	23.32	0.56	104	24.85	0.61
15	9.56	0.14	60	31.20	0.79	105	17.75	0.36
16	3.15	0.05	61	30.60	0.78	106	14.95	0.27
17	13.48	0.23	62	34.84	0.87	107	22.21	0.52
18	15.42	0.28	63	31.92	0.81	108	33.03	0.83
19	13.20	0.22	64	12.69	0.20			
20	23.64	0.57	65	22.47	0.53			
21	19.24	0.41	66	12.61	0.20			
22	15.35	0.28	67	29.90	0.76			
23	21.65	0.50	68	21.83	0.50			
24	15.97	0.30	69	31.90	0.81			
25	24.94	0.62	70	37.21	0.90			
26	30.20	0.77	71	36.31	0.89			
27	28.76	0.73	72	14.40	0.25			
28	4.35	0.06	73	16.95	0.33			
29	5.17	0.07	74	17.18	0.34			
30	10.92	0.16	75	25.04	0.62			
31	11.37	0.17	76	34.20	0.85			
32	8.23	0.11	77	20.30	0.45			
33	10.97	0.16	78	37.44	0.90			
34	12.54	0.20	79	26.50	0.67			
35	13.47	0.23	80	25.95	0.65			
36	23.54	0.57	81	24.22	0.59			
37	12.28	0.19	82	9.28	0.13			
38	22.87	0.54	83	25.90	0.65			
39	22.19	0.52	84	16.56	0.32			
40	9.11	0.13	85	23.83	0.58			
41	15.84	0.29	86	26.75	0.67			
42	10.24	0.15	87	16.21	0.31			
43	9.11	0.13	88	22.26	0.52			
44	14.80	0.26	89	24.60	0.60			
45	14.18	0.24	90	24.57	0.60			

4.7.4. Penetrasyon direnci değerinin skorlanması

Penetrasyon direnci değerinin skorlanmasında Tablo 4.36 belirlenen formül kullanılmış ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.40'da verilmiştir. Penetrasyon direnci skor değerlerinin 0.00 ile 1.00 arasında değişim gösterdiği, tüm örneklerden 23 adedi 0.8-1 arasında çok yüksek, 9 adedi 0.6-0.8 arasında yüksek, 5 adedi 0.4-0.6 arasında orta, 7 adedi 0.2-0.4 arasında düşük ve 64 adedi 0-0.2 arasında çok düşük puan aldıkları görülmüştür (Şekil 4.10).



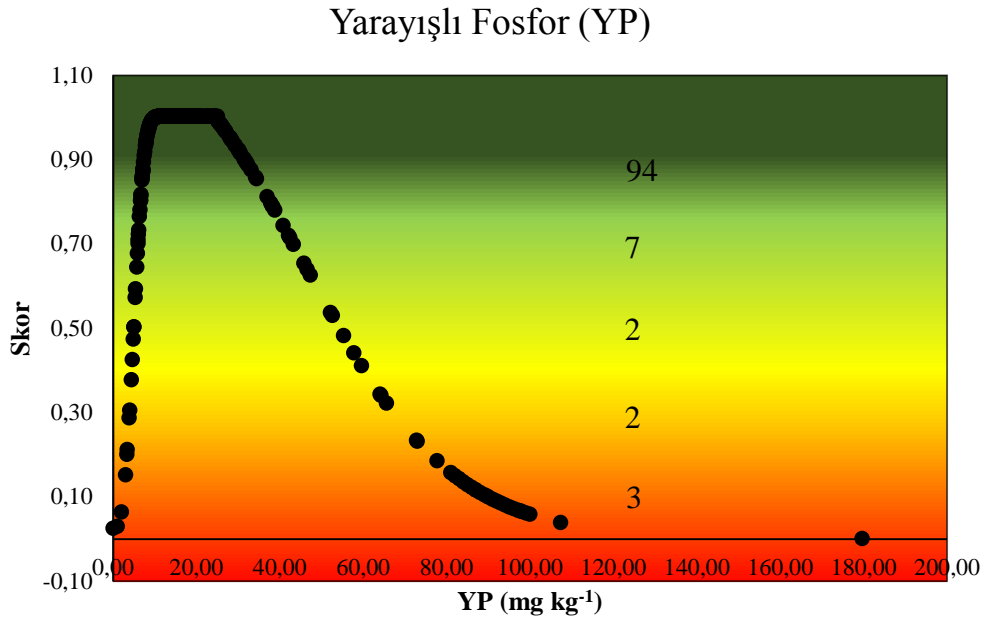
Şekil 4.10 Penetrasyon direnci skorlarının dağılımı

Tablo 4.40. Çalışma alanı topraklarının penetrasyon direnci skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri	
	(kPa)	Skor		(kPa)	Skor		(kPa)	Skor
1	1365	0.12	46	1710	0.01	91	1262	0.25
2	1165	0.45	47	2089	0.00	92	1531	0.04
3	814	0.98	48	883	0.95	93	1572	0.03
4	1710	0.01	49	924	0.92	94	786	0.99
5	1082	0.65	50	414	1.00	95	2165	0.00
6	965	0.87	51	1324	0.16	96	1841	0.00
7	979	0.85	52	1393	0.10	97	1572	0.03
8	1496	0.05	53	1344	0.14	98	1931	0.00
9	1937	0.00	54	1344	0.14	99	2206	0.00
10	1999	0.00	55	883	0.95	100	2117	0.00
11	2144	0.00	56	903	0.93	101	2055	0.00
12	1737	0.01	57	1020	0.78	102	1758	0.01
13	793	0.98	58	1310	0.18	103	1703	0.01
14	2055	0.00	59	1400	0.09	104	1469	0.06
15	1200	0.37	60	1475	0.05	105	1103	0.60
16	1310	0.18	61	1931	0.00	106	1276	0.23
17	1689	0.01	62	1606	0.02	107	1496	0.05
18	958	0.88	63	1689	0.01	108	2034	0.00
19	855	0.96	64	1593	0.02			
20	1662	0.01	65	2048	0.00			
21	1324	0.16	66	1737	0.01			
22	1393	0.10	67	752	0.99			
23	1910	0.00	68	1213	0.34			
24	1282	0.22	69	1131	0.53			
25	1386	0.10	70	903	0.93			
26	1407	0.09	71	1241	0.29			
27	1524	0.04	72	1055	0.71			
28	2248	0.00	73	1531	0.04			
29	2992	0.00	74	1062	0.70			
30	2572	0.00	75	1103	0.60			
31	1462	0.06	76	979	0.85			
32	1089	0.63	77	1124	0.55			
33	2151	0.00	78	1276	0.23			
34	1048	0.73	79	1889	0.00			
35	1758	0.01	80	883	0.95			
36	938	0.90	81	1165	0.45			
37	1048	0.73	82	655	1.00			
38	1544	0.03	83	1365	0.12			
39	1834	0.00	84	1627	0.02			
40	1517	0.04	85	931	0.91			
41	1620	0.02	86	1820	0.01			
42	1000	0.82	87	1641	0.02			
43	531	1.00	88	924	0.92			
44	1855	0.00	89	1165	0.45			
45	869	0.96	90	1296	0.20			

4.7.5. Yarayışlı fosfor değerinin skorlanması

Yarayışlı fosfor değerinin skorlanmasında Tablo 4.36 belirlenen formül kullanılmış ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.41’de verilmiştir. Yarayışlı fosfor skor değerlerinin 0.00 ile 1.00 arasında değişim gösterdiği, tüm örneklerden 94 adedi 0.8-1 arasında çok yüksek, 7 adedi 0.6-0.8 arasında yüksek, 2 adedi 0.4-0.6 arasında orta, 2 adedi 0.2-0.4 arasında düşük ve 3 adedi 0-0.2 arasında çok düşük puan aldıkları görülmüştür (Şekil 4.11).



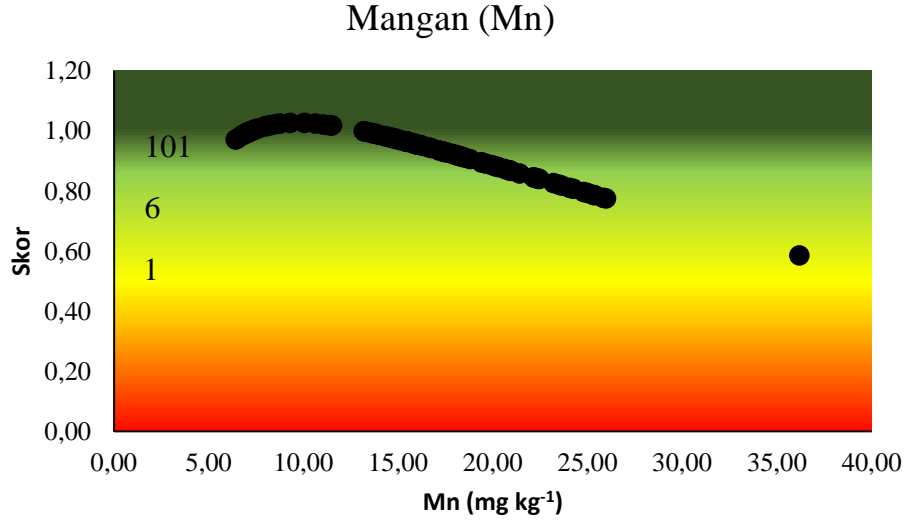
Şekil 4.11 Yarayışlı fosfor skorlarının dağılımı

Tablo 4.41. Çalışma alanı topraklarının yarıyıllı fosfor skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri	
	(mg kg ⁻¹)	Skor		(mg kg ⁻¹)	Skor		(mg kg ⁻¹)	Skor
1	14.43	1.00	46	16.71	1.00	91	12.34	1.00
2	17.27	1.00	47	22.79	1.00	92	9.92	1.00
3	11.93	1.00	48	16.21	1.00	93	17.50	1.00
4	89.60	0.10	49	15.87	1.00	94	31.55	0.90
5	12.80	1.00	50	26.03	0.98	95	38.32	0.79
6	12.57	1.00	51	19.45	1.00	96	38.77	0.78
7	45.77	0.65	52	14.87	1.00	97	28.04	0.95
8	24.47	1.00	53	28.47	0.95	98	86.95	0.12
9	14.23	1.00	54	107.39	0.04	99	64.31	0.34
10	20.57	1.00	55	17.38	1.00	100	42.14	0.72
11	11.50	1.00	56	7.81	0.93	101	29.32	0.93
12	25.40	1.00	57	10.46	1.00	102	23.29	1.00
13	14.83	1.00	58	10.39	1.00	103	32.39	0.89
14	11.00	1.00	59	16.13	1.00	104	21.12	1.00
15	10.87	1.00	60	16.05	1.00	105	10.46	1.00
16	16.00	1.00	61	34.19	0.86	106	36.94	0.81
17	18.33	1.00	62	10.85	1.00	107	29.32	0.93
18	19.10	1.00	63	9.76	1.00	108	43.29	0.70
19	15.60	1.00	64	15.70	1.00			
20	20.73	1.00	65	23.39	1.00			
21	12.40	1.00	66	14.64	1.00			
22	16.47	1.00	67	9.40	0.99			
23	11.63	1.00	68	24.30	1.00			
24	9.33	0.99	69	16.32	1.00			
25	8.53	0.97	70	14.11	1.00			
26	19.50	1.00	71	14.54	1.00			
27	6.97	0.85	72	7.14	0.87			
28	42.43	0.71	73	8.68	0.98			
29	21.05	1.00	74	13.92	1.00			
30	14.17	1.00	75	10.41	1.00			
31	22.20	1.00	76	13.24	1.00			
32	20.50	1.00	77	17.95	1.00			
33	17.47	1.00	78	13.34	1.00			
34	52.59	0.53	79	13.44	1.00			
35	59.61	0.41	80	12.91	1.00			
36	38.23	0.79	81	27.13	0.97			
37	28.23	0.95	82	25.76	0.98			
38	20.41	1.00	83	65.63	0.32			
39	17.91	1.00	84	18.90	1.00			
40	13.47	1.00	85	31.41	0.90			
41	15.53	1.00	86	31.95	0.89			
42	12.13	1.00	87	16.00	1.00			
43	30.62	0.91	88	26.97	0.97			
44	25.19	1.00	89	30.04	0.92			
45	10.98	1.00	90	17.70	1.00			

4.7.6. Mangan değerinin skorlanması

Mangan değerinin skorlanmasında Tablo 4.36 belirlenen formül kullanılmış ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.42’de verilmiştir. Mangan skor değerlerinin 0.00 ile 1.00 arasında değişim gösterdiği, tüm örneklerden 101 adedi 0.8-1 arasında çok yüksek, 6 adedi 0.6-0.8 arasında yüksek, 1 adedi 0.4-0.6 arasında orta puan aldıkları görülmüştür (Şekil 4.12).



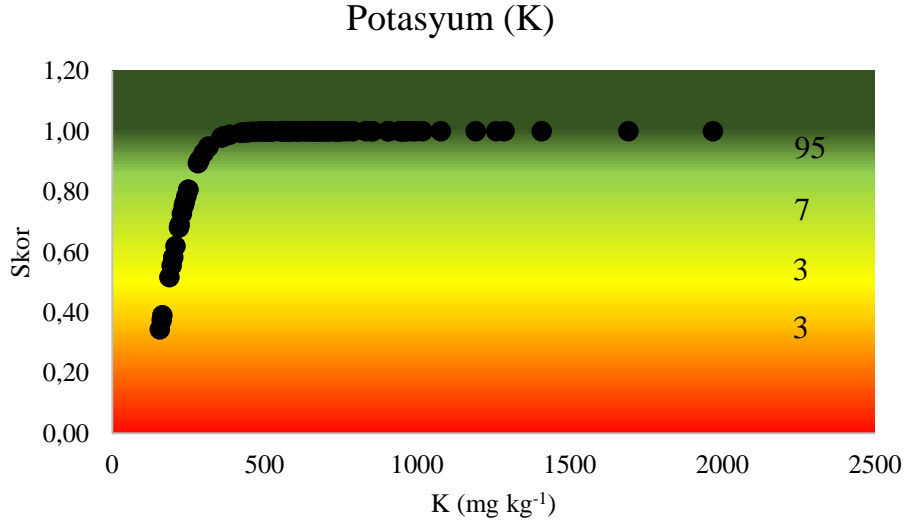
Şekil 4.12 Mangan skorlarının dağılımı

Tablo 4.42. Çalışma alanı topraklarının yarıyıllı fosfor skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri	
	(mg kg ⁻¹)	Skor		(mg kg ⁻¹)	Skor		(mg kg ⁻¹)	Skor
1	14.63	0.98	46	7.16	1.00	91	20.65	0.87
2	16.22	0.95	47	7.00	0.99	92	22.21	0.84
3	18.04	0.92	48	8.77	1.00	93	25.01	0.79
4	23.51	0.82	49	8.14	1.00	94	25.31	0.79
5	15.95	0.96	50	7.02	0.99	95	20.85	0.87
6	16.03	0.95	51	6.55	0.98	96	23.21	0.83
7	14.94	0.97	52	6.81	0.99	97	19.63	0.89
8	15.48	0.96	53	8.54	1.00	98	20.88	0.87
9	13.27	1.00	54	10.64	1.00	99	19.44	0.90
10	14.26	0.98	55	15.78	0.96	100	13.77	0.99
11	17.17	0.94	56	17.36	0.93	101	18.81	0.91
12	16.60	0.95	57	13.57	0.99	102	22.16	0.85
13	16.04	0.95	58	11.47	1.00	103	20.16	0.88
14	14.41	0.98	59	11.06	1.00	104	25.83	0.78
15	13.56	0.99	60	13.74	0.99	105	22.47	0.84
16	11.33	1.00	61	17.41	0.93	106	24.06	0.81
17	16.27	0.95	62	11.52	1.00	107	20.99	0.87
18	15.98	0.96	63	13.97	0.99	108	24.26	0.81
19	15.86	0.96	64	16.06	0.95			
20	17.48	0.93	65	18.50	0.91			
21	15.27	0.97	66	14.42	0.98			
22	14.83	0.97	67	15.51	0.96			
23	18.27	0.92	68	18.40	0.91			
24	13.19	1.00	69	20.30	0.88			
25	36.19	0.59	70	17.58	0.93			
26	19.41	0.90	71	18.20	0.92			
27	14.75	0.98	72	15.41	0.97			
28	7.10	1.00	73	14.72	0.98			
29	6.76	0.98	74	15.14	0.97			
30	7.15	1.00	75	16.78	0.94			
31	8.29	1.02	76	18.11	0.92			
32	7.41	1.00	77	15.44	0.96			
33	7.01	0.99	78	14.42	0.98			
34	7.43	1.00	79	15.56	0.96			
35	7.58	1.00	80	17.87	0.92			
36	7.58	1.00	81	15.44	0.96			
37	6.43	0.97	82	23.65	0.82			
38	7.17	1.00	83	24.81	0.80			
39	8.05	1.02	84	21.43	0.86			
40	6.95	0.99	85	22.32	0.84			
41	7.11	1.00	86	25.99	0.77			
42	7.37	1.00	87	25.40	0.79			
43	9.31	1.00	88	22.42	0.84			
44	10.07	1.00	89	19.95	0.89			
45	7.97	1.00	90	14.93	0.97			

4.7.7. Potasyum değerinin skorlanması

Potasyum değerinin skorlanmasında Tablo 4.36 belirlenen formül kullanılmış ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.43'te verilmiştir. Potasyum skor değerlerinin 0.01 ile 1.00 arasında değişim gösterdiği, tüm örneklerden 95 adedi 0.8-1 arasında çok yüksek, 7 adedi 0.6-0.8 arasında yüksek, 3 adedi 0.4-0.6 arasında orta ve 3 adedi 0.2-0.4 arasında düşük puan aldıkları görülmüştür (Şekil 4.7).



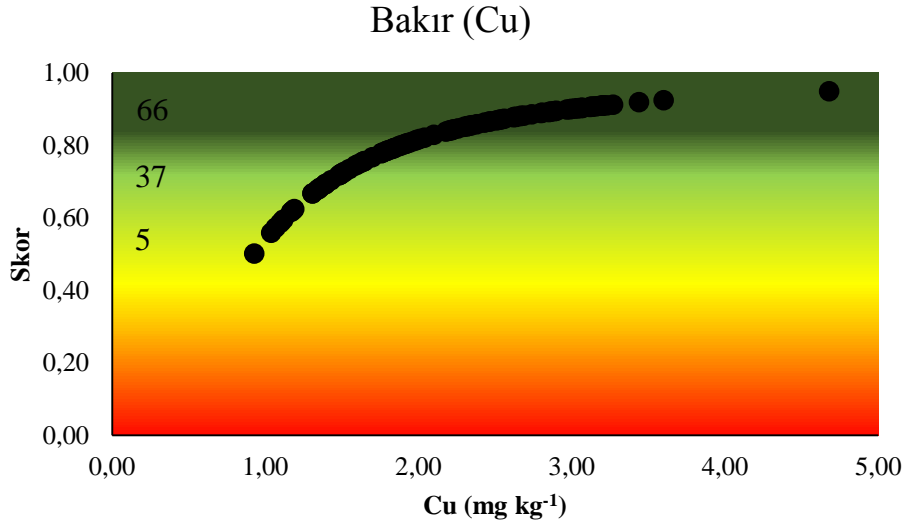
Şekil 4.13 Potasyum skorlarının dağılımı

Tablo 4.43. Çalışma alanı topraklarının potasyum skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri	
	(mg kg ⁻¹)	Skor		(mg kg ⁻¹)	Skor		(mg kg ⁻¹)	Skor
1	567.00	1.00	46	317.00	0.95	91	571.00	1.00
2	519.00	1.00	47	301.00	0.93	92	559.00	1.00
3	442.00	1.00	48	850.00	1.00	93	547.00	1.00
4	746.00	1.00	49	366.00	0.98	94	677.00	1.00
5	358.00	0.98	50	506.00	1.00	95	560.00	1.00
6	315.00	0.95	51	459.00	1.00	96	503.00	1.00
7	520.00	1.00	52	483.00	1.00	97	515.00	1.00
8	736.00	1.00	53	424.00	1.00	98	635.00	1.00
9	250.00	0.81	54	987.00	1.00	99	708.00	1.00
10	244.00	0.78	55	610.00	1.00	100	447.00	1.00
11	222.00	0.69	56	586.00	1.00	101	367.00	0.98
12	285.00	0.90	57	623.00	1.00	102	732.00	1.00
13	196.00	0.56	58	582.00	1.00	103	487.00	1.00
14	208.00	0.62	59	1078.00	1.00	104	594.00	1.00
15	220.00	0.68	60	1693.00	1.00	105	588.00	1.00
16	157.00	0.34	61	1409.00	1.00	106	566.00	1.00
17	282.00	0.89	62	689.00	1.00	107	559.00	1.00
18	426.00	1.00	63	600.00	1.00	108	709.00	1.00
19	386.00	0.99	64	739.00	1.00			
20	250.00	0.81	65	1260.00	1.00			
21	166.00	0.39	66	696.00	1.00			
22	201.00	0.58	67	1018.00	1.00			
23	189.00	0.52	68	833.00	1.00			
24	239.00	0.77	69	1192.00	1.00			
25	236.00	0.75	70	944.00	1.00			
26	230.00	0.73	71	969.00	1.00			
27	163.00	0.37	72	746.00	1.00			
28	995.00	1.00	73	673.00	1.00			
29	287.00	0.90	74	710.00	1.00			
30	573.00	1.00	75	666.00	1.00			
31	758.00	1.00	76	635.00	1.00			
32	525.00	1.00	77	683.00	1.00			
33	950.00	1.00	78	572.00	1.00			
34	1287.00	1.00	79	671.00	1.00			
35	1970.00	1.00	80	665.00	1.00			
36	961.00	1.00	81	610.00	1.00			
37	952.00	1.00	82	908.00	1.00			
38	791.00	1.00	83	772.00	1.00			
39	578.00	1.00	84	650.00	1.00			
40	580.00	1.00	85	719.00	1.00			
41	464.00	1.00	86	663.00	1.00			
42	678.00	1.00	87	700.00	1.00			
43	904.00	1.00	88	736.00	1.00			
44	856.00	1.00	89	689.00	1.00			
45	612.00	1.00	90	645.00	1.00			

4.7.8. Bakır değerinin skorlanması

Bakır değerinin skorlanmasında Tablo 4.36 belirlenen formül kullanılmış ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.44'de verilmiştir. Bakır skor değerlerinin 0.00 ile 1.00 arasında değişim gösterdiği, tüm örneklere 66 adedi 0.8-1 arasında çok yüksek, 37 adedi 0.6-0.8 arasında yüksek, 5 adedi 0.4-0.6 arasında orta puan aldıkları görülmüştür (şekil 4.14).



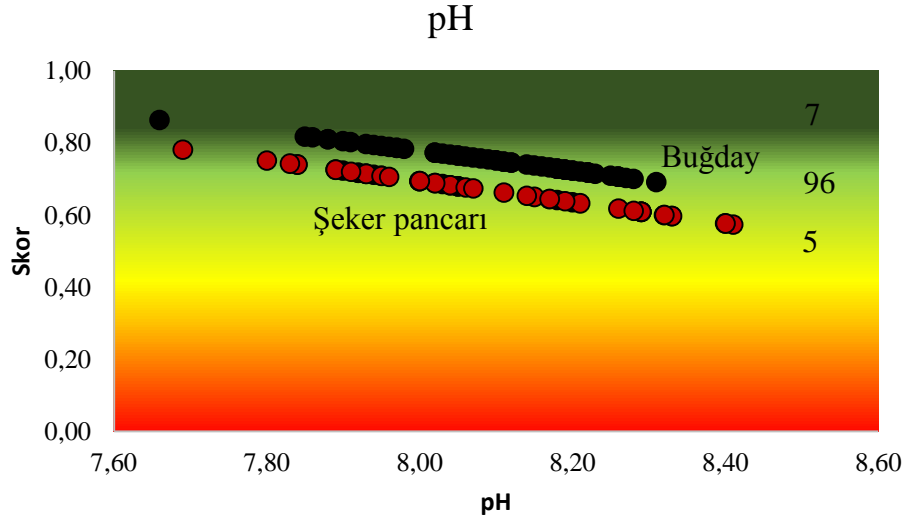
şekil 4.14 Bakır skorlarının dağılımı

Tablo 4.44. Çalışma alanı topraklarının bakır skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri	
	(mg kg ⁻¹)	Skor		(mg kg ⁻¹)	Skor		(mg kg ⁻¹)	Skor
1	1.31	0.67	46	1.07	0.57	91	2.97	0.90
2	1.64	0.75	47	1.17	0.62	92	2.87	0.89
3	2.01	0.82	48	2.81	0.89	93	3.12	0.91
4	1.93	0.81	49	2.74	0.89	94	3.27	0.91
5	1.59	0.74	50	3.04	0.90	95	2.80	0.89
6	1.50	0.72	51	2.89	0.89	96	2.53	0.87
7	0.93	0.50	52	3.07	0.90	97	3.00	0.90
8	1.36	0.68	53	2.62	0.88	98	2.18	0.84
9	1.12	0.59	54	4.68	0.95	99	2.32	0.85
10	1.39	0.69	55	1.80	0.79	100	1.89	0.80
11	1.65	0.76	56	1.98	0.81	101	2.30	0.85
12	1.84	0.79	57	1.84	0.79	102	2.90	0.89
13	1.49	0.72	58	3.16	0.91	103	2.99	0.90
14	1.48	0.72	59	1.51	0.72	104	3.21	0.91
15	1.61	0.75	60	1.64	0.75	105	3.04	0.90
16	1.31	0.67	61	1.35	0.68	106	3.07	0.90
17	1.49	0.72	62	1.10	0.59	107	3.20	0.91
18	1.50	0.72	63	1.70	0.77	108	3.60	0.92
19	1.76	0.78	64	1.52	0.73			
20	1.95	0.81	65	1.43	0.70			
21	1.55	0.73	66	1.80	0.79			
22	1.83	0.79	67	1.86	0.80			
23	1.34	0.68	68	2.43	0.86			
24	1.19	0.62	69	2.35	0.86			
25	1.18	0.62	70	2.34	0.85			
26	1.40	0.69	71	2.22	0.84			
27	1.39	0.69	72	2.26	0.85			
28	1.49	0.72	73	2.54	0.87			
29	1.04	0.56	74	2.21	0.84			
30	1.76	0.78	75	2.20	0.84			
31	1.99	0.81	76	2.46	0.87			
32	1.91	0.80	77	2.38	0.86			
33	1.92	0.80	78	2.47	0.87			
34	1.78	0.78	79	3.19	0.91			
35	2.23	0.84	80	2.51	0.87			
36	2.69	0.88	81	3.13	0.91			
37	2.67	0.88	82	2.32	0.85			
38	3.23	0.91	83	3.06	0.90			
39	2.67	0.88	84	2.85	0.89			
40	1.88	0.80	85	3.20	0.91			
41	2.04	0.82	86	3.44	0.92			
42	2.10	0.83	87	3.14	0.91			
43	2.22	0.84	88	3.02	0.90			
44	2.63	0.88	89	2.86	0.89			
45	2.64	0.88	90	2.56	0.87			

4.7.9. pH değerinin skorlanması

pH değerinin skorlanmasında Tablo 4.36 belirlenen formül kullanılarak buğday ve şeker pancarı arazilerinin ayrı ayrı skorlanmasında oluşan ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.45’de verilmiştir. pH skor değerlerinin 0.00 ile 1.00 arasında değişim gösterdiği, tüm örneklerden 7 adedi 0.8-1 arasında çok yüksek, 96 adedi 0.6-0.8 arasında yüksek, 5 adedi 0.4-0.6 arasında orta puan aldıkları görülmüştür (Şekil 4.15).



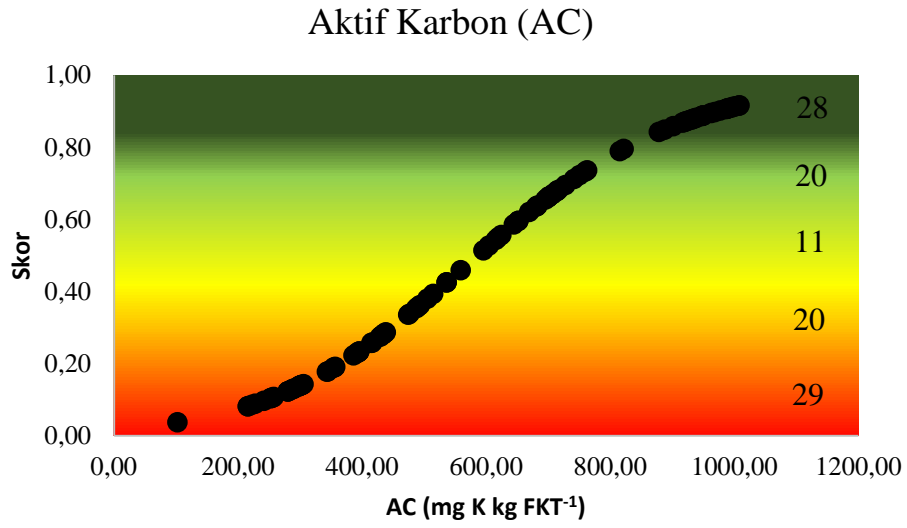
Şekil 4.15 pH skorlarının dağılımı

Tablo 4.45. Çalışma alanı topraklarının pH skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri	Skor	Örnek No	Ölçüm değeri	Skor	Örnek No	Ölçüm değeri	Skor
1	8.07	0.76	46	8.03	0.69	91	8.18	0.64
2	8.10	0.75	47	8.07	0.67	92	8.29	0.61
3	8.02	0.77	48	8.00	0.69	93	8.19	0.64
4	7.96	0.79	49	7.83	0.74	94	8.29	0.61
5	8.09	0.75	50	7.84	0.74	95	8.32	0.60
6	8.12	0.75	51	7.92	0.72	96	8.17	0.64
7	8.08	0.76	52	7.95	0.71	97	8.41	0.57
8	8.03	0.77	53	7.93	0.71	98	8.11	0.66
9	8.19	0.73	54	7.69	0.78	99	8.05	0.68
10	8.10	0.75	55	8.05	0.77	100	8.29	0.61
11	8.11	0.75	56	8.26	0.71	101	7.96	0.71
12	8.06	0.76	57	8.31	0.69	102	7.80	0.75
13	7.98	0.78	58	8.26	0.71	103	8.40	0.58
14	7.97	0.79	59	8.18	0.73	104	8.33	0.60
15	8.05	0.77	60	8.25	0.71	105	8.40	0.58
16	7.90	0.81	61	8.18	0.73	106	8.28	0.61
17	7.97	0.79	62	8.15	0.74	107	8.29	0.61
18	7.88	0.81	63	8.12	0.75	108	8.17	0.64
19	7.91	0.80	64	8.19	0.73			
20	7.95	0.79	65	8.22	0.72			
21	8.02	0.77	66	8.20	0.72			
22	7.93	0.80	67	8.18	0.73			
23	7.88	0.81	68	8.22	0.72			
24	7.85	0.82	69	8.14	0.74			
25	7.66	0.86	70	8.19	0.73			
26	7.86	0.82	71	8.16	0.73			
27	7.94	0.79	72	8.21	0.72			
28	8.04	0.68	73	8.26	0.71			
29	7.93	0.71	74	8.28	0.70			
30	8.02	0.69	75	8.27	0.70			
31	7.89	0.73	76	8.22	0.72			
32	7.91	0.72	77	8.23	0.71			
33	8.05	0.68	78	8.20	0.72			
34	8.05	0.68	79	8.04	0.77			
35	8.15	0.65	80	8.17	0.73			
36	7.90	0.72	81	8.11	0.75			
37	8.14	0.65	82	7.93	0.71			
38	8.00	0.69	83	8.00	0.69			
39	7.95	0.71	84	8.21	0.63			
40	7.94	0.71	85	8.04	0.68			
41	8.06	0.68	86	8.26	0.62			
42	7.84	0.74	87	8.20	0.64			
43	7.92	0.72	88	8.33	0.60			
44	7.89	0.73	89	8.29	0.61			
45	8.02	0.69	90	8.32	0.60			

4.7.10. Aktif karbon değerinin skorlanması

Aktif karbon değerinin skorlanması Tablo 4.36 belirlenen formül kullanılmış ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.46’da verilmiştir. Aktif karbon skor değerlerinin 0.00 ile 1.00 arasında değişim gsterdiği, tım rneklerden 28 adedi 0.8-1 arasında çok yksek, 20 adedi 0.6-0.8 arasında yksek, 11 adedi 0.4-0.6 arasında orta, 20 adedi 0.2-0.4 arasında dyk ve 29 adedi 0-0.2 arasında çok dyk puan aldıkları grlmştir (şekil 4.16).



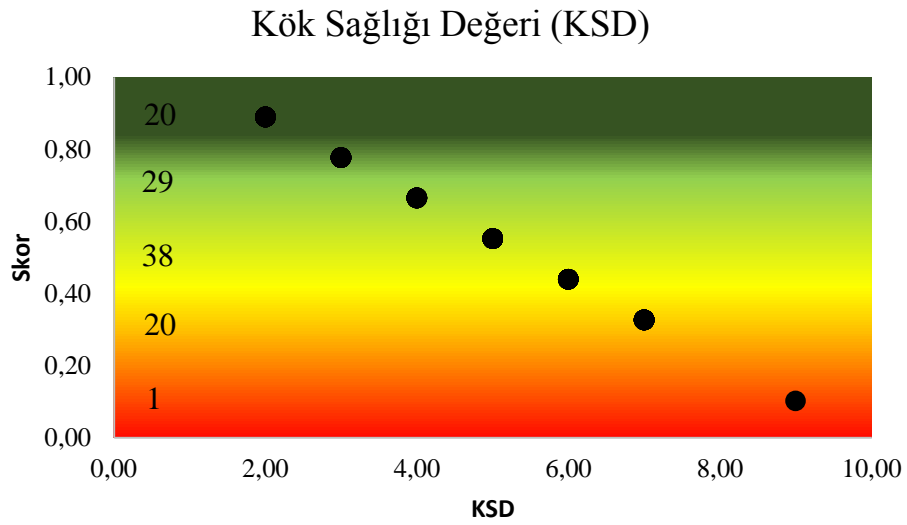
şekil 4.16 Aktif karbon skorlarının dağılımı

Tablo 4.46. Çalışma alanı topraklarının aktif karbon skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri	
	(mgC kg FKT ⁻¹)	Skor		(mgC kg FKT ⁻¹)	Skor		(mgC kg FKT ⁻¹)	Skor
1	616.00	0.54	46	256.00	0.11	91	354.14	0.19
2	888.00	0.85	47	281.00	0.12	92	391.25	0.23
3	763.00	0.74	48	299.00	0.14	93	429.48	0.27
4	760.00	0.73	49	216.00	0.08	94	438.74	0.29
5	702.00	0.66	50	288.00	0.13	95	474.65	0.34
6	652.00	0.60	51	222.00	0.09	96	343.49	0.18
7	751.00	0.72	52	258.00	0.11	97	536.62	0.43
8	670.00	0.62	53	253.00	0.10	98	619.87	0.55
9	708.00	0.67	54	357.00	0.19	99	559.13	0.46
10	696.00	0.65	55	927.00	0.87	100	435.22	0.28
11	682.00	0.64	56	917.00	0.87	101	102.55	0.04
12	742.00	0.71	57	902.00	0.86	102	624.79	0.56
13	702.00	0.66	58	921.00	0.87	103	536.40	0.42
14	683.00	0.64	59	936.00	0.88	104	515.21	0.39
15	605.00	0.53	60	879.00	0.84	105	487.42	0.35
16	596.00	0.51	61	948.00	0.89	106	490.90	0.36
17	681.00	0.64	62	932.00	0.88	107	493.99	0.36
18	645.00	0.59	63	921.00	0.87	108	395.88	0.23
19	714.00	0.68	64	939.00	0.88			
20	728.00	0.70	65	998.00	0.91			
21	700.00	0.66	66	933.00	0.88			
22	717.00	0.68	67	950.00	0.89			
23	702.00	0.66	68	963.00	0.89			
24	714.00	0.68	69	1008.00	0.92			
25	816.00	0.79	70	969.00	0.90			
26	822.00	0.79	71	990.00	0.91			
27	652.00	0.60	72	949.00	0.89			
28	303.00	0.14	73	950.00	0.89			
29	280.00	0.12	74	988.00	0.91			
30	289.00	0.13	75	993.00	0.91			
31	356.00	0.19	76	978.00	0.90			
32	303.00	0.14	77	997.00	0.91			
33	345.00	0.18	78	987.00	0.91			
34	396.00	0.23	79	988.00	0.91			
35	301.00	0.14	80	1009.00	0.92			
36	242.00	0.10	81	1002.00	0.91			
37	296.00	0.13	82	476.98	0.34			
38	300.00	0.14	83	416.71	0.26			
39	289.00	0.13	84	393.55	0.23			
40	216.00	0.08	85	415.58	0.26			
41	254.00	0.10	86	435.26	0.28			
42	228.00	0.09	87	394.70	0.23			
43	281.00	0.12	88	505.94	0.38			
44	302.00	0.14	89	431.57	0.28			
45	306.00	0.14	90	386.59	0.22			

4.7.11. Kök sağlığı değerinin skorlanması

Kök sağlığı değerinin skorlanmasında Tablo 4.36 belirlenen formül kullanılmış ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.47’de verilmiştir. Kök sağlığı skor değerlerinin 0.00 ile 1.00 arasında değişim gösterdiği, tüm örneklerden 20 adedi 0.8-1 arasında çok yüksek, 29 adedi 0.6-0.8 arasında yüksek, 38 adedi 0.4-0.6 arasında orta, 20 adedi 0.2-0.4 arasında düşük ve 1 adedi 0-0.2 arasında çok düşük puan aldıkları görülmüştür (Şekil 4.17).



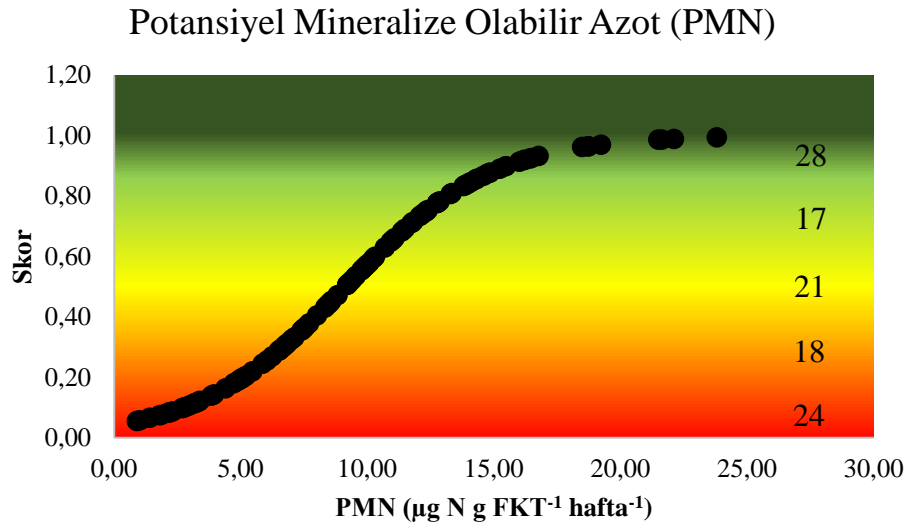
Şekil 4.17 Kök sağlığı skorlarının dağılımı

Tablo 4.47. Çalışma alanı topraklarının kök sağlığı skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri	Skor	Örnek No	Ölçüm değeri	Skor	Örnek No	Ölçüm değeri	Skor
1	5.00	0.55	46	3.00	0.78	91	4.00	0.66
2	5.00	0.55	47	2.00	0.89	92	5.00	0.55
3	5.00	0.55	48	2.00	0.89	93	7.00	0.33
4	7.00	0.33	49	2.00	0.89	94	7.00	0.33
5	5.00	0.55	50	2.00	0.89	95	7.00	0.33
6	5.00	0.55	51	2.00	0.89	96	7.00	0.33
7	4.00	0.66	52	2.00	0.89	97	7.00	0.33
8	6.00	0.44	53	3.00	0.78	98	6.00	0.44
9	6.00	0.44	54	3.00	0.78	99	6.00	0.44
10	7.00	0.33	55	6.00	0.44	100	6.00	0.44
11	4.00	0.66	56	4.00	0.66	101	5.00	0.55
12	4.00	0.66	57	5.00	0.55	102	5.00	0.55
13	5.00	0.55	58	7.00	0.33	103	5.00	0.55
14	7.00	0.33	59	9.00	0.10	104	6.00	0.44
15	5.00	0.55	60	2.00	0.89	105	7.00	0.33
16	7.00	0.33	61	7.00	0.33	106	5.00	0.55
17	6.00	0.44	62	6.00	0.44	107	4.00	0.66
18	6.00	0.44	63	4.00	0.66	108	3.00	0.78
19	6.00	0.44	64	2.00	0.89			
20	5.00	0.55	65	2.00	0.89			
21	5.00	0.55	66	7.00	0.33			
22	5.00	0.55	67	7.00	0.33			
23	6.00	0.44	68	4.00	0.66			
24	5.00	0.55	69	7.00	0.33			
25	5.00	0.55	70	6.00	0.44			
26	7.00	0.33	71	5.00	0.55			
27	2.00	0.89	72	7.00	0.33			
28	2.00	0.89	73	6.00	0.44			
29	2.00	0.89	74	5.00	0.55			
30	3.00	0.78	75	4.00	0.66			
31	3.00	0.78	76	4.00	0.66			
32	3.00	0.78	77	5.00	0.55			
33	2.00	0.89	78	4.00	0.66			
34	3.00	0.78	79	3.00	0.78			
35	4.00	0.66	80	2.00	0.89			
36	2.00	0.89	81	3.00	0.78			
37	3.00	0.78	82	7.00	0.33			
38	4.00	0.66	83	7.00	0.33			
39	2.00	0.89	84	6.00	0.44			
40	2.00	0.89	85	5.00	0.55			
41	2.00	0.89	86	4.00	0.66			
42	2.00	0.89	87	4.00	0.66			
43	3.00	0.78	88	3.00	0.78			
44	3.00	0.78	89	5.00	0.55			
45	2.00	0.89	90	7.00	0.33			

4.7.12. Potansiyel mineralize olabilir azot değerinin skorlanması

Potansiyel mineralize olabilir azot değerinin skorlanmasında Tablo 4.36 belirlenen formül kullanılmış ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.48'de verilmiştir. Potansiyel mineralize olabilir azot skor değerlerinin 0.00 ile 1.00 arasında değişim gösterdiği, tüm örneklerden 28 adedi 0.8-1 arasında çok yüksek, 17 adedi 0.6-0.8 arasında yüksek, 21 adedi 0.4-0.6 arasında orta, 18 adedi 0.2-0.4 arasında düşük ve 24 adedi 0-0.2 arasında çok düşük puan aldıkları görülmüştür (Şekil 4.18).



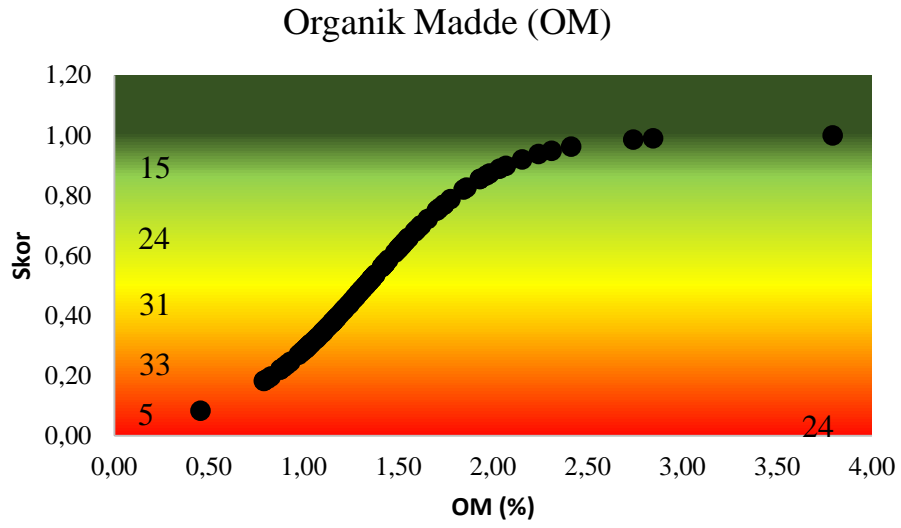
Şekil 4.18 Potansiyel mineralize olabilir azot skorlarının dağılımı

Tablo 4.48. Çalışma alanı topraklarının potansiyel mineralize olabilir azot skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri ($\mu\text{N gFKT}^{-1}\text{hafta}^{-1}$)	Skor	Örnek No	Ölçüm değeri ($\mu\text{N gFKT}^{-1}\text{hafta}^{-1}$)	Skor	Örnek No	Ölçüm değeri ($\mu\text{N gFKT}^{-1}\text{hafta}^{-1}$)	Skor
1	5.01	0.19	46	6.57	0.29	91	3.34	0.12
2	11.82	0.71	47	12.40	0.75	92	7.41	0.35
3	12.19	0.74	48	12.77	0.78	93	9.28	0.51
4	9.22	0.51	49	14.87	0.88	94	1.81	0.07
5	8.41	0.44	50	16.78	0.93	95	2.15	0.08
6	6.25	0.27	51	19.24	0.97	96	16.18	0.92
7	9.77	0.55	52	21.64	0.99	97	8.60	0.45
8	14.60	0.87	53	12.32	0.75	98	6.51	0.29
9	6.56	0.29	54	12.78	0.78	99	1.87	0.08
10	10.08	0.58	55	18.73	0.96	100	5.88	0.24
11	10.70	0.63	56	21.50	0.99	101	4.41	0.16
12	11.75	0.71	57	13.30	0.81	102	2.32	0.09
13	14.29	0.85	58	12.34	0.75	103	3.85	0.14
14	14.35	0.86	59	9.96	0.57	104	4.92	0.19
15	12.09	0.73	60	7.02	0.32	105	1.02	0.06
16	10.25	0.59	61	8.49	0.44	106	3.17	0.11
17	10.32	0.60	62	16.24	0.92	107	2.77	0.10
18	5.09	0.20	63	11.37	0.68	108	0.91	0.06
19	2.69	0.10	64	16.01	0.91			
20	12.87	0.78	65	13.35	0.81			
21	7.71	0.38	66	12.79	0.78			
22	9.40	0.52	67	22.12	0.99			
23	8.34	0.43	68	8.54	0.45			
24	9.97	0.57	69	9.85	0.56			
25	15.48	0.90	70	11.49	0.69			
26	16.47	0.93	71	18.75	0.96			
27	4.74	0.18	72	13.98	0.84			
28	6.05	0.26	73	16.47	0.93			
29	10.94	0.65	74	14.77	0.87			
30	11.00	0.65	75	13.86	0.83			
31	3.24	0.12	76	18.50	0.96			
32	2.80	0.10	77	14.09	0.85			
33	5.47	0.22	78	13.81	0.83			
34	7.45	0.36	79	9.56	0.53			
35	6.71	0.30	80	23.82	0.99			
36	5.21	0.20	81	9.85	0.56			
37	2.96	0.11	82	8.83	0.47			
38	9.24	0.51	83	3.96	0.14			
39	15.24	0.89	84	6.79	0.31			
40	5.05	0.20	85	1.41	0.06			
41	7.13	0.33	86	11.09	0.66			
42	6.85	0.31	87	2.21	0.08			
43	7.55	0.37	88	8.03	0.40			
44	13.91	0.84	89	7.47	0.36			
45	9.23	0.51	90	3.40	0.12			

4.7.13. Organik madde değerinin skorlanması

Organik madde değerinin skorlanmasında Tablo 4.39 belirlenen formül kullanılmış ve oluşturulan skor değerleri Tablo 4.49’da verilmiştir. Organik madde skor değerlerinin 0.00 ile 1.00 arasında değişim gösterdiği, tüm örneklerden 15 adedi 0.8-1 arasında çok yüksek, 24 adedi 0.6-0.8 arasında yüksek, 31 adedi 0.4-0.6 arasında orta, 33 adedi 0.2-0.4 arasında düşük ve 5 adedi 0-0.2 arasında çok düşük puan aldıkları görülmüştür (Şekil 4.19).



Şekil 4.19 Organik madde skorlarının dağılımı

Tablo 4.49. Çalışma alanı topraklarının organik madde skor değerleri

Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri		Örnek No	Ölçüm değeri	
	(%)	Skor		(%)	Skor		(%)	Skor
1	1.53	0.64	46	1.16	0.38	91	1.02	0.29
2	1.71	0.75	47	1.26	0.45	92	1.21	0.42
3	2.24	0.94	48	1.10	0.35	93	1.27	0.46
4	2.74	0.99	49	3.79	1.00	94	1.56	0.66
5	1.74	0.77	50	1.50	0.62	95	1.15	0.38
6	1.43	0.57	51	1.00	0.28	96	1.62	0.70
7	2.31	0.95	52	1.24	0.44	97	1.02	0.29
8	2.16	0.92	53	1.10	0.35	98	1.43	0.57
9	1.93	0.85	54	1.48	0.61	99	1.59	0.68
10	2.03	0.89	55	1.12	0.36	100	0.46	0.08
11	1.24	0.44	56	0.83	0.20	101	1.01	0.29
12	1.97	0.87	57	0.88	0.22	102	1.86	0.83
13	1.78	0.79	58	1.02	0.29	103	0.79	0.18
14	1.41	0.56	59	1.28	0.46	104	1.03	0.30
15	1.31	0.49	60	1.07	0.32	105	1.14	0.37
16	0.88	0.22	61	1.41	0.56	106	1.10	0.34
17	1.34	0.51	62	1.31	0.49	107	1.11	0.35
18	1.60	0.69	63	0.81	0.19	108	0.97	0.27
19	0.90	0.23	64	1.36	0.52			
20	1.84	0.82	65	2.07	0.90			
21	1.93	0.85	66	1.03	0.30			
22	0.79	0.18	67	1.52	0.63			
23	2.41	0.96	68	1.17	0.39			
24	1.33	0.50	69	1.66	0.72			
25	1.36	0.52	70	1.19	0.40			
26	2.84	0.99	71	1.45	0.59			
27	1.53	0.64	72	1.16	0.38			
28	1.17	0.39	73	1.07	0.32			
29	1.03	0.30	74	1.33	0.50			
30	0.91	0.24	75	1.34	0.51			
31	1.38	0.54	76	1.16	0.38			
32	1.22	0.43	77	1.43	0.57			
33	1.29	0.47	78	1.29	0.47			
34	1.55	0.66	79	1.17	0.39			
35	1.98	0.87	80	1.38	0.54			
36	1.50	0.62	81	1.16	0.38			
37	1.21	0.41	82	1.55	0.66			
38	1.62	0.70	83	1.74	0.77			
39	1.36	0.52	84	1.51	0.62			
40	0.93	0.25	85	1.52	0.63			
41	1.05	0.31	86	1.70	0.75			
42	1.09	0.33	87	0.99	0.28			
43	1.52	0.63	88	1.72	0.76			
44	1.59	0.68	89	1.36	0.52			
45	1.36	0.52	90	1.43	0.57			

4.8. Toprak Kalite İndeksi

Bugüne kadar toprakların kalite skorlarının belirlenmesi için arazi kullanım kabiliyet sınıflandırması (Klingebiel ve Montgomery, 1961), toprak kalite kartı ve test kiti (Ditzler ve Tugel, 2002), toprak kalite index metodu (Doran ve ark., 1994; Doran ve Jones, 1996), çoklu değişken indikatör kriking metodu, dinamik değişkenli toprak kalitesi metodu (Larson ve Pierce, 1994), Soil Management Assessment Framework (SMAF) (Andrews vd., 2004) ve Cornell Soil Health Assessment (CSHA) (Gugino ve ark., 2009) gibi bir çok metot geliştirilmiştir. Bu metotlar arasında günümüzde en çok kullanılanlar, birlikte de kullanılabilen SMAF ve CSHA toprak sağlığı değerlendirme metotlarıdır. Bu metotların tercih edilmesindeki en önemli nedenler, metodun kullanımının kolay ve kantitatif esnekliğe sahip olmasıdır. Bu çalışmada da toprakların kalitesinin belirlenmesinde temel bileşen analizleri sonucunda elde edilen fiziksel, kimyasal ve biyolojik indikatörlerin her biri için skorlama algoritmaları oluşturulmuştur.

Belirlenen indikatörlerin ölçüm değerleri, skorlama fonksiyonları kullanılarak, her bir indikatöre ait skorlar (0-1 puan arasında) elde edilmiştir. Daha sonra toprak kalite parametresi olarak seçilen özellikler için indikatör skorların ortalamaları alınarak toplam skorun oluşturulmuştur. Belirtilen açıklamalar doğrultusunda hazırlanan çalışma alanı topraklarına ait kalite skorları yıl ve ekili ürün ayırımına göre Tablo 4.49-4.52'den, her bir yıl ve bitki çeşidine ait ortalama kalite skoru ise Tablo 4.53 ve 4.54'te verilmiştir.

Tablo 4.49. Buğday tarımı altındaki toprakların kalite skor puanları (2013)

Örnek No	Fiziksel Kalite Skoru				Biyolojik Kalite Skoru				Kimyasal Kalite Skoru				Ortalama Puan	
	TK	Pb	AS	PR	AK	KSD	PMN	OM	YP	Mn	K	Cu		pH
1	0.13	0.40	0.12	0.12	0.54	0.55	0.19	0.64	1.00	0.98	1.00	0.67	0.76	0.55
2	0.21	0.73	0.29	0.45	0.85	0.55	0.71	0.75	1.00	0.95	1.00	0.75	0.75	0.69
3	0.49	0.68	0.44	0.98	0.74	0.55	0.74	0.94	1.00	0.92	1.00	0.82	0.77	0.77
4	0.26	0.85	0.70	0.01	0.73	0.33	0.51	0.99	0.10	0.82	1.00	0.81	0.79	0.61
5	0.43	0.78	0.49	0.65	0.66	0.55	0.44	0.77	1.00	0.96	0.98	0.74	0.75	0.71
6	0.16	0.78	0.51	0.87	0.60	0.55	0.27	0.57	1.00	0.95	0.95	0.72	0.75	0.67
7	0.04	0.42	0.17	0.85	0.72	0.66	0.55	0.95	0.65	0.97	1.00	0.50	0.76	0.64
8	0.07	0.40	0.63	0.05	0.62	0.44	0.87	0.92	1.00	0.96	1.00	0.68	0.77	0.65
9	0.05	0.55	0.29	0.00	0.67	0.44	0.29	0.85	1.00	1.00	0.81	0.59	0.73	0.56
10	0.05	0.40	0.40	0.00	0.65	0.33	0.58	0.89	1.00	0.98	0.78	0.69	0.75	0.58
11	0.10	0.27	0.39	0.00	0.64	0.66	0.63	0.44	1.00	0.94	0.69	0.76	0.75	0.56
12	0.16	0.40	0.85	0.01	0.71	0.66	0.71	0.87	1.00	0.95	0.90	0.79	0.76	0.68
13	0.05	0.34	0.31	0.98	0.66	0.55	0.85	0.79	1.00	0.95	0.56	0.72	0.78	0.66
14	0.02	0.26	0.06	0.00	0.64	0.33	0.86	0.56	1.00	0.98	0.62	0.72	0.79	0.53
15	0.05	0.32	0.14	0.37	0.53	0.55	0.73	0.49	1.00	0.99	0.68	0.75	0.77	0.57
16	0.03	0.70	0.05	0.18	0.51	0.33	0.59	0.22	1.00	1.00	0.34	0.67	0.81	0.49
17	0.26	0.32	0.23	0.01	0.64	0.44	0.60	0.51	1.00	0.95	0.89	0.72	0.79	0.57
18	0.49	0.53	0.28	0.88	0.59	0.44	0.20	0.69	1.00	0.96	1.00	0.72	0.81	0.66
19	0.37	0.91	0.22	0.96	0.68	0.44	0.10	0.23	1.00	0.96	0.99	0.78	0.80	0.65
20	0.60	0.40	0.57	0.01	0.70	0.55	0.78	0.82	1.00	0.93	0.81	0.81	0.79	0.67
21	0.04	0.49	0.41	0.16	0.66	0.55	0.38	0.85	1.00	0.97	0.39	0.73	0.77	0.57
22	0.31	0.55	0.28	0.10	0.68	0.55	0.52	0.18	1.00	0.97	0.58	0.79	0.80	0.56
23	0.31	0.41	0.50	0.00	0.66	0.44	0.43	0.96	1.00	0.92	0.52	0.68	0.81	0.59
24	0.37	0.57	0.30	0.22	0.68	0.55	0.57	0.50	0.99	1.00	0.77	0.62	0.82	0.61
25	0.65	0.55	0.62	0.10	0.79	0.55	0.90	0.52	0.97	0.59	0.75	0.62	0.86	0.65
26	0.74	0.40	0.77	0.09	0.79	0.33	0.93	0.99	1.00	0.90	0.73	0.69	0.82	0.71
27	0.55	0.59	0.73	0.04	0.60	0.89	0.18	0.64	0.85	0.98	0.37	0.69	0.79	0.61
Ortalama	0.26	0.52	0.40	0.30	0.66	0.51	0.56	0.69	0.95	0.94	0.78	0.71	0.78	0.62
<i>Min</i>	0.02	0.26	0.05	0.00	0.51	0.33	0.10	0.18	0.10	0.59	0.34	0.50	0.73	0.49
<i>Mak</i>	0.74	0.91	0.85	0.98	0.85	0.89	0.93	0.99	1.00	1.00	1.00	0.82	0.86	0.77
<i>%CV</i>	84.12	35.26	55.62	123.64	11.80	25.34	43.44	35.18	19.39	8.59	27.35	10.11	3.76	10.49

Tablo 4.50. Şeker pancarı tarımı altındaki toprakların kalite skor puanları (2013)

Örnek No	Fiziksel Kalite Skoru				Biyolojik Kalite Skoru				Kimyasal Kalite Skoru				Ortalama Puan	
	TK	Pb	AS	PR	AK	KSD	PMN	OM	YP	Mn	K	Cu		pH
1	0.26	0.70	0.06	0.00	0.14	0.89	0.26	0.39	0.71	1.00	1.00	0.72	0.68	0.52
2	0.16	0.52	0.07	0.00	0.12	0.89	0.65	0.30	1.00	0.98	0.90	0.56	0.71	0.53
3	0.37	0.36	0.16	0.00	0.13	0.78	0.65	0.24	1.00	1.00	1.00	0.78	0.69	0.55
4	0.74	0.25	0.17	0.06	0.19	0.78	0.12	0.54	1.00	1.02	1.00	0.81	0.73	0.57
5	0.60	0.25	0.11	0.63	0.14	0.78	0.10	0.43	1.00	1.00	1.00	0.80	0.72	0.58
6	0.43	0.31	0.16	0.00	0.18	0.89	0.22	0.47	1.00	0.99	1.00	0.80	0.68	0.55
7	0.21	0.28	0.20	0.73	0.23	0.78	0.36	0.66	0.53	1.00	1.00	0.78	0.68	0.57
8	0.37	0.32	0.23	0.01	0.14	0.66	0.30	0.87	0.41	1.00	1.00	0.84	0.65	0.52
9	0.31	0.23	0.57	0.90	0.10	0.89	0.20	0.62	0.79	1.00	1.00	0.88	0.72	0.63
10	0.43	0.26	0.19	0.73	0.13	0.78	0.11	0.41	0.95	0.97	1.00	0.88	0.65	0.58
11	0.70	0.27	0.54	0.03	0.14	0.66	0.51	0.70	1.00	1.00	1.00	0.91	0.69	0.63
12	0.74	0.26	0.52	0.00	0.13	0.89	0.89	0.52	1.00	1.00	1.00	0.88	0.71	0.66
13	0.37	0.40	0.13	0.04	0.08	0.89	0.20	0.25	1.00	0.99	1.00	0.80	0.71	0.53
14	0.78	0.33	0.29	0.02	0.10	0.89	0.33	0.31	1.00	1.00	1.00	0.82	0.68	0.58
15	0.78	0.41	0.15	0.82	0.09	0.89	0.31	0.33	1.00	1.00	1.00	0.83	0.74	0.64
16	0.87	0.40	0.13	1.00	0.12	0.78	0.37	0.63	0.91	1.00	1.00	0.84	0.72	0.67
17	0.87	0.36	0.26	0.00	0.14	0.78	0.84	0.68	1.00	1.00	1.00	0.88	0.73	0.66
18	0.89	0.30	0.24	0.96	0.14	0.89	0.51	0.52	1.00	1.00	1.00	0.88	0.69	0.69
19	0.01	0.28	0.08	0.01	0.11	0.78	0.29	0.38	1.00	1.00	0.95	0.57	0.69	0.47
20	0.13	0.34	0.09	0.00	0.12	0.89	0.75	0.45	1.00	0.99	0.93	0.62	0.67	0.54
21	0.70	0.32	0.27	0.95	0.14	0.89	0.78	0.35	1.00	1.00	1.00	0.89	0.69	0.69
22	0.49	0.25	0.62	0.92	0.08	0.89	0.88	1.00	1.00	1.00	0.98	0.89	0.74	0.75
23	0.70	0.35	0.75	1.00	0.13	0.89	0.93	0.62	0.98	0.99	1.00	0.90	0.74	0.77
24	0.70	0.32	0.93	0.16	0.09	0.89	0.97	0.28	1.00	0.98	1.00	0.89	0.72	0.69
25	0.74	0.33	0.92	0.10	0.11	0.89	0.99	0.44	1.00	0.99	1.00	0.90	0.71	0.70
26	0.60	0.27	0.50	0.14	0.10	0.78	0.75	0.35	0.95	1.00	1.00	0.88	0.71	0.62
27	0.16	0.29	0.11	0.14	0.19	0.78	0.78	0.61	0.04	1.00	1.00	0.95	0.78	0.52
Ortalama	0.52	0.33	0.31	0.35	0.13	0.83	0.52	0.49	0.90	1.00	0.99	0.82	0.71	0.61
<i>Min</i>	0.01	0.23	0.06	0.00	0.08	0.66	0.10	0.24	0.04	0.97	0.90	0.56	0.65	0.47
<i>Mak,</i>	0.89	0.70	0.93	1.00	0.23	0.89	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.78	0.77
<i>%CV</i>	50.00	29.52	82.24	119.20	27.40	8.70	57.71	38.05	25.43	1.56	2.42	12.19	4.12	13.36

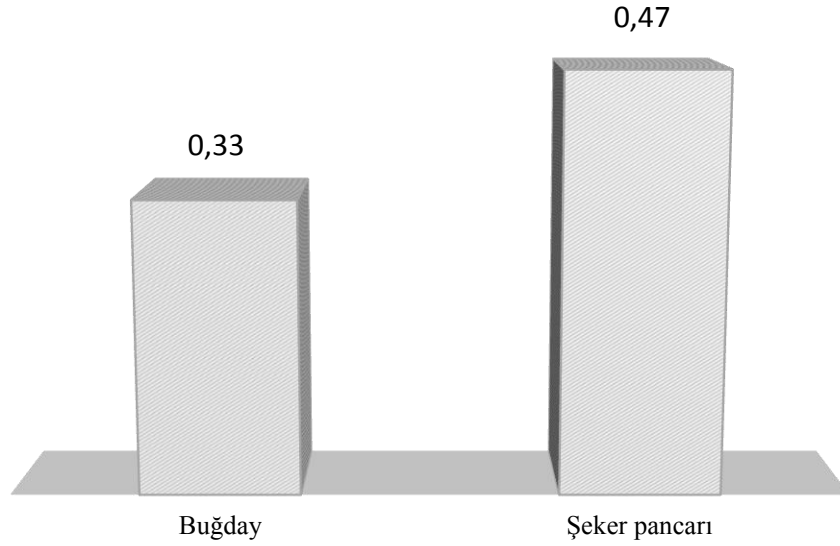
Tablo 4.51. Buğday tarımı altındaki toprakların kalite skor puanları (2014)

Örnek No	Fiziksel Kalite Skoru				Biyolojik Kalite Skoru				Kimyasal Kalite Skoru				Ortalama Puan	
	TK	Pb	AS	PR	AK	KSD	PMN	OM	YP	Mn	K	Cu		pH
1	0.16	0.59	0.80	0.95	0.87	0.44	0.96	0.36	1.00	0.96	1.00	0.79	0.77	0.74
2	0.07	0.59	0.88	0.93	0.87	0.66	0.99	0.20	0.93	0.93	1.00	0.81	0.71	0.74
3	0.04	0.63	0.88	0.78	0.86	0.55	0.81	0.22	1.00	0.99	1.00	0.79	0.69	0.71
4	0.13	0.30	0.92	0.18	0.87	0.33	0.75	0.29	1.00	1.00	1.00	0.91	0.71	0.64
5	0.07	0.93	0.56	0.09	0.88	0.10	0.57	0.46	1.00	1.00	1.00	0.72	0.73	0.63
6	0.49	0.68	0.79	0.05	0.84	0.89	0.32	0.32	1.00	0.99	1.00	0.75	0.71	0.68
7	0.21	0.31	0.78	0.00	0.89	0.33	0.44	0.56	0.86	0.93	1.00	0.68	0.73	0.59
8	0.43	0.38	0.87	0.02	0.88	0.44	0.92	0.49	1.00	1.00	1.00	0.59	0.74	0.67
9	0.21	0.51	0.81	0.01	0.87	0.66	0.68	0.19	1.00	0.99	1.00	0.77	0.75	0.65
10	0.13	0.49	0.20	0.02	0.88	0.89	0.91	0.52	1.00	0.95	1.00	0.73	0.73	0.65
11	0.13	0.30	0.53	0.00	0.91	0.89	0.81	0.90	1.00	0.91	1.00	0.70	0.72	0.68
12	0.21	0.28	0.20	0.01	0.88	0.33	0.78	0.30	1.00	0.98	1.00	0.79	0.72	0.58
13	0.55	0.71	0.76	0.99	0.89	0.33	0.99	0.63	0.99	0.96	1.00	0.80	0.73	0.79
14	0.65	0.61	0.50	0.34	0.89	0.66	0.45	0.39	1.00	0.91	1.00	0.86	0.72	0.69
15	0.74	0.91	0.81	0.53	0.92	0.33	0.56	0.72	1.00	0.88	1.00	0.86	0.74	0.77
16	0.49	0.61	0.90	0.93	0.90	0.44	0.69	0.40	1.00	0.93	1.00	0.85	0.73	0.76
17	0.55	0.61	0.89	0.29	0.91	0.55	0.96	0.59	1.00	0.92	1.00	0.84	0.73	0.76
18	0.65	0.91	0.25	0.71	0.89	0.33	0.84	0.38	0.87	0.97	1.00	0.85	0.72	0.72
19	0.60	0.66	0.33	0.04	0.89	0.44	0.93	0.32	0.98	0.98	1.00	0.87	0.71	0.67
20	0.55	0.71	0.34	0.70	0.91	0.55	0.87	0.50	1.00	0.97	1.00	0.84	0.70	0.74
21	0.55	0.63	0.62	0.60	0.91	0.66	0.83	0.51	1.00	0.94	1.00	0.84	0.70	0.75
22	0.65	0.68	0.85	0.85	0.90	0.66	0.96	0.38	1.00	0.92	1.00	0.87	0.72	0.80
23	0.49	0.71	0.45	0.55	0.91	0.55	0.85	0.57	1.00	0.96	1.00	0.86	0.71	0.74
24	0.60	0.76	0.90	0.23	0.91	0.66	0.83	0.47	1.00	0.98	1.00	0.87	0.72	0.76
25	0.60	0.57	0.67	0.00	0.91	0.78	0.53	0.39	1.00	0.96	1.00	0.91	0.77	0.70
26	0.65	0.80	0.65	0.95	0.92	0.89	0.99	0.54	1.00	0.92	1.00	0.87	0.73	0.84
27	0.43	0.73	0.59	0.45	0.91	0.78	0.56	0.38	0.97	0.96	1.00	0.91	0.75	0.72
Ortalama	0.41	0.62	0.66	0.42	0.89	0.56	0.77	0.44	0.99	0.96	0.99	0.81	0.72	0.71
<i>Min</i>	0.04	0.28	0.20	0.00	0.84	0.10	0.32	0.19	0.86	0.88	0.99	0.59	0.69	0.58
<i>Mak,</i>	0.74	0.93	0.92	0.99	0.92	0.89	0.99	0.90	1.00	1.00	1.00	0.91	0.77	0.84
<i>%CV</i>	55.71	29.72	35.56	89.93	2.18	38.17	25.03	36.12	3.89	3.74	0.01	9.50	2.54	9.18

Tablo 4.52. Şeker pancarı tarımı altındaki toprakların kalite skor puanları (2014)

Örnek No	Fiziksel Kalite Skoru				Biyolojik Kalite Skoru				Kimyasal Kalite Skoru				Ortalama Puan	
	TK	Pb	AS	PR	AK	KSD	PMN	OM	YP	Mn	K	Cu		pH
1	0.78	0.66	0.13	1.00	0.34	0.33	0.47	0.66	0.98	0.82	1.00	0.85	0.71	0.67
2	0.43	0.44	0.65	0.12	0.26	0.33	0.14	0.77	0.32	0.80	1.00	0.90	0.69	0.53
3	0.49	0.35	0.32	0.02	0.23	0.44	0.31	0.62	1.00	0.86	1.00	0.89	0.63	0.55
4	0.49	0.59	0.58	0.91	0.26	0.55	0.06	0.63	0.90	0.84	1.00	0.91	0.68	0.65
5	0.65	0.55	0.67	0.01	0.28	0.66	0.66	0.75	0.89	0.77	1.00	0.92	0.62	0.65
6	0.43	0.42	0.31	0.02	0.23	0.66	0.08	0.28	1.00	0.79	1.00	0.91	0.64	0.52
7	0.65	0.61	0.52	0.92	0.38	0.78	0.40	0.76	0.97	0.84	1.00	0.90	0.60	0.72
8	0.74	0.40	0.60	0.45	0.28	0.55	0.36	0.52	0.92	0.89	1.00	0.89	0.61	0.63
9	0.60	0.38	0.60	0.20	0.22	0.33	0.12	0.57	1.00	0.97	1.00	0.87	0.60	0.58
10	0.60	0.32	0.53	0.25	0.19	0.66	0.12	0.29	1.00	0.87	1.00	0.90	0.64	0.57
11	0.70	0.42	0.18	0.04	0.23	0.55	0.35	0.42	1.00	0.84	1.00	0.89	0.61	0.56
12	0.37	0.33	0.53	0.03	0.27	0.33	0.51	0.46	1.00	0.79	1.00	0.91	0.64	0.55
13	0.43	0.38	0.73	0.99	0.29	0.33	0.07	0.66	0.90	0.79	1.00	0.91	0.61	0.62
14	0.21	0.30	0.57	0.00	0.34	0.33	0.08	0.38	0.79	0.87	1.00	0.89	0.60	0.49
15	0.21	0.44	0.89	0.00	0.18	0.33	0.92	0.70	0.78	0.83	1.00	0.87	0.64	0.60
16	0.16	0.29	0.61	0.03	0.43	0.33	0.45	0.29	0.95	0.89	1.00	0.90	0.57	0.53
17	0.07	0.29	0.24	0.00	0.55	0.44	0.29	0.57	0.12	0.87	1.00	0.84	0.66	0.46
18	0.04	0.68	0.28	0.00	0.46	0.44	0.08	0.68	0.34	0.90	1.00	0.85	0.68	0.49
19	0.05	0.28	0.33	0.00	0.28	0.44	0.24	0.08	0.72	0.99	1.00	0.80	0.61	0.45
20	0.05	0.30	0.40	0.00	0.04	0.55	0.16	0.29	0.93	0.91	0.98	0.85	0.71	0.48
21	0.37	0.59	0.46	0.01	0.56	0.55	0.09	0.83	1.00	0.85	1.00	0.89	0.75	0.61
22	0.13	0.49	0.21	0.01	0.42	0.55	0.14	0.18	0.89	0.88	1.00	0.90	0.58	0.49
23	0.65	0.55	0.61	0.06	0.39	0.44	0.19	0.30	1.00	0.78	1.00	0.91	0.60	0.58
24	0.49	0.44	0.36	0.60	0.35	0.33	0.06	0.37	1.00	0.84	1.00	0.90	0.58	0.56
25	0.49	0.49	0.27	0.23	0.36	0.55	0.11	0.34	0.81	0.81	1.00	0.90	0.61	0.54
26	0.43	0.49	0.52	0.05	0.36	0.66	0.10	0.35	0.93	0.87	1.00	0.91	0.61	0.56
27	0.49	0.44	0.83	0.00	0.23	0.78	0.06	0.27	0.70	0.81	1.00	0.92	0.64	0.55
Ortalama	0.41	0.44	0.48	0.22	0.31	0.49	0.25	0.48	0.85	0.85	0.99	0.89	0.63	0.56
<i>Min</i>	0.04	0.28	0.13	0.00	0.04	0.33	0.06	0.08	0.12	0.77	0.98	0.80	0.57	0.45
<i>Mak,</i>	0.78	0.68	0.89	1.00	0.56	0.78	0.92	0.83	1.00	0.99	1.00	0.92	0.75	0.72
<i>%CV</i>	54.99	26.67	41.74	156.71	36.55	30.15	86.97	42.65	27.44	6.37	0.34	3.19	7.16	14.03

Tarla kapasitesi için hesaplanan ortalama kalite skorları, çalışma alanı topraklarında 0.40 olarak bulunmuştur. Yapılan araştırmada, buğday tarımı altındaki toprakların ortalama tarla kapasitesi skoru 0.33 iken, şeker pancarı tarımı altındaki toprakların ortalama faydalı su kapasitesi yüksek skoru almış ve 0.47 çıkmıştır (Şekil 4.20). Toprakların tarla kapasitesi değerleri tekstürün, stürüktürün ve organik madde kapsamlarının ortak etkileşiminin bir sonucudur. Tarla kapasitesinin yüksekliği ve dolayısıyla skor değerinin yüksek olması, toprağın su depolama kapasitesinin yüksek ve sulama aralığının daha geniş olması anlamına gelmektedir. Özellikle toprak işleme ve toprak sıkışmasına bağlı ortaya çıkan strüktürel değişimler, gözenek büyüklüğü dağılımını etkilediğinden, toprakların tarla kapasitelerinde artış veya azalmalara neden olabilmektedir (Şeker ve Işıldar, 2000). Tarla kapasitesi değeri ve dolayısıyla skorunun yüksekliği bir taraftan yetiştirme periyodundaki sulama sayısını düşürerek işgücü gereksinimi ve maliyetini azaltırken, diğer taraftan kurak dönemde toprakların daha fazla su depolayacağı anlamına gelmektedir. Bu ise su kısıtının yaşandığı kurak ve yarı kurak alanlar için son derece önemlidir. Çalışma alanı topraklarının ortalama kalite skoru baz alındığında skoru düşük seviyede çıkmıştır. Toprakların su tutma kapasitelerinin artırılmasını yönelik olarak toprak organik maddesinin artırılması, toprak işlemenin azaltılması, ekim nöbetinde toprak strüktürü ve organik madde artışı sağlayacak bitkiler yer verilmesi önerilmektedir (Gugino ve ark., 2009). Bu durum şeker pancarı tarımı altındaki topraklarda sıkışma meydana geldiğini, dolayısıyla iri porların miktarının azaldığı ve orta porların artışı ile tarla kapasitesinin arttığı anlamına gelmektedir. Bu durum bitki köklerinin havalanmasının azaltacağından istenmeyen bir durumdur. Havalanma gözenekleri buğday tarımı altındaki topraklarda yaklaşık %17 iken şeker pancarı tarımı altındaki topraklarda yaklaşık %9 olarak hesaplanmıştır.

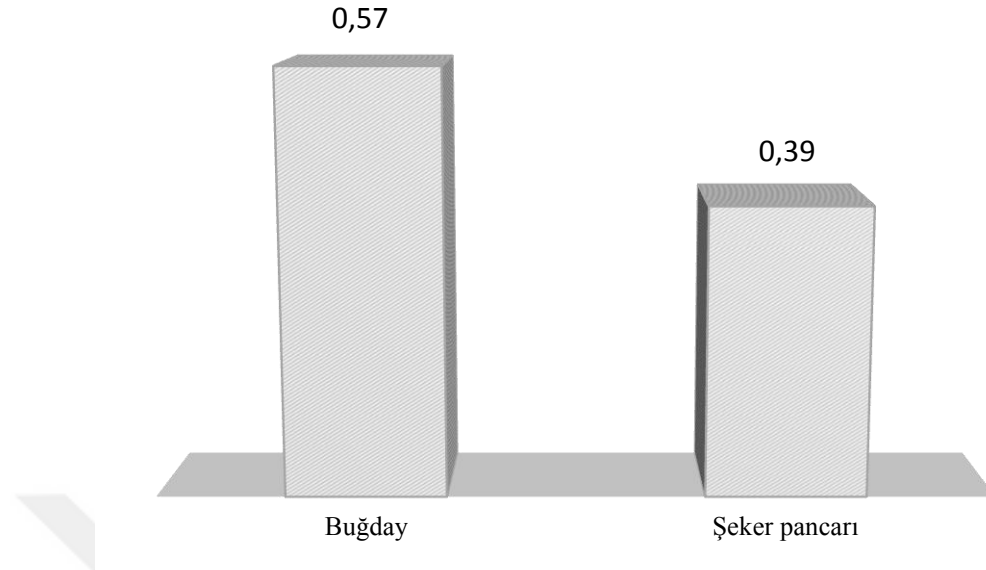


Şekil 4.20 Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama tarla kapasitesi skor değerleri
($P < 0.05$)

Hacim ağırlığı için hesaplanan ortalama kalite skorları, çalışma alanı topraklarında 0.48 olarak bulunmuştur. Yapılan araştırmada, buğday tarımı altındaki toprakların ortalama hacim ağırlığı skoru 0.57 iken, şeker pancarı tarımı altındaki toprakların ortalama hacim ağırlığı skoru 0.39 çıkmıştır (Şekil 4.21). Ortalama hacim ağırlığı skoru buğday tarımı altındaki arazilerde, şeker pancarı tarımı altındaki arazilerden daha yüksek çıkmıştır. Ortalama hacim ağırlığı kalite skorları orta sınıfta yer almaktadır. Hacim ağırlığı, tipik olarak, örnekleme sırasındaki toprak koşullarına ve bozulma veya toprak yönetimi uygulamalarına bağlı olarak değişir ve tarla trafiğinin geçmişinden etkilenir (Sumner, 1999). Bölgede yapılan çalışmada toprak işleme yönetiminin hacim ağırlığı değerini etkilemesi beklentisini ortaya koymuştur (Negiş ve ark., 2016). Önceki çalışmalar, örtü mahsulünün etkilerinin, kullanılan örtü mahsulünün türüne, toprak türüne ve toprak işlemeye bağlı olarak bölgeye özgü olabileceğini göstermiştir (Blanco-Canqui ve ark., 2015). Ayrıca, kısa dönemdeki çalışmalar da münavebe yönetimi sisteminin hacim ağırlığına etkilerini, iklim, münavebe geçmişi ve tarla trafiği gibi diğer kritik faktörlerin etkilerinin dikkate alınabileceği daha uzun değerlendirme süreleri gerektirdiğini ortaya koymaktadır (Huggins ve ark., 2007; Blanco-Canqui ve ark., 2011; Zuber ve ark., 2015).

Hacim ağırlığı, yönetim etkisine bağlı olarak zaman içindeki değişiklikler hakkında bilgi edinmek için tekrar ölçümlerle izlenmelidir (Logsdon ve Karlen, 2004). Bununla birlikte, uzun vadeli çalışmalar bile, buğday ve şeker pancarı üretim sistemlerinde farklı toprak işleme işlemlerinin hacim ağırlığını etkilediği ve Konya'da

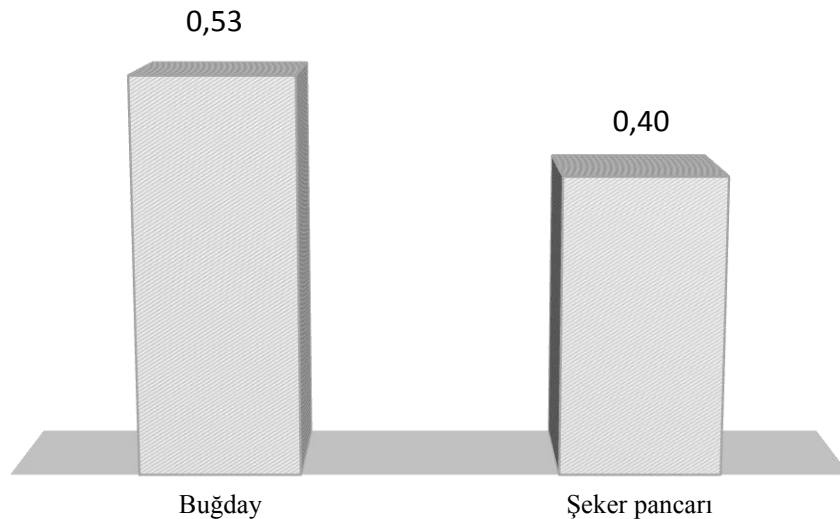
yapılan bir çalışmada olduğu gibi, yönetim etkisinin fazla olabileceğini göstermektedir (Negiş ve ark., 2017).



Şekil 4.21 Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama hacim ağırlığı skor değerleri (P<0.05)

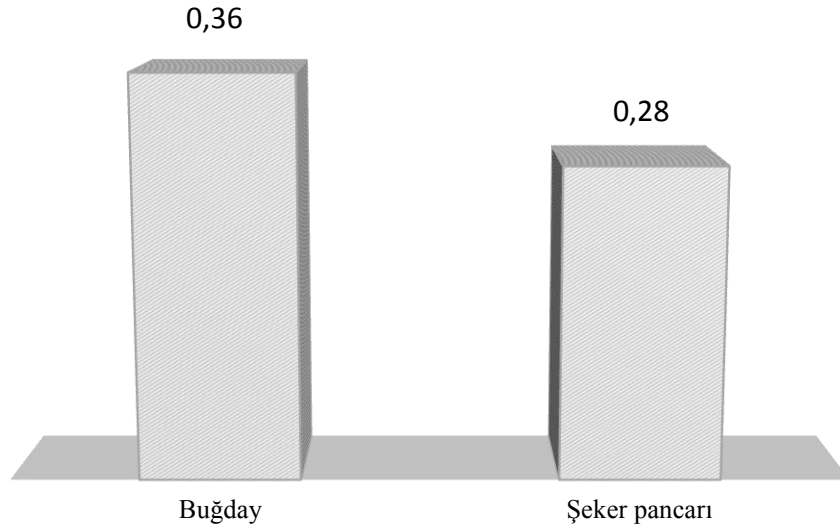
Islak agregat stabilitesi, toprak agregatlarının ıslanmadan kaynaklanan baskılara ve ardından mekanik baskılara karşı direnç gösterme kabiliyetidir ve toprak işleme, su stresleri ve trafik etkilerinden dolayı dinamik bir bozulma göstergesidir. Yapılan skorlamaya göre toprakların fiziksel kalite skoru değerlemesinde kullanılan parametrelerden agregat stabilitesinin ortalama kalite skoru 0.46 olarak bulunmuştur. Buğday tarımı altındaki toprakların ortalama agregat stabilitesi skoru 0.53 iken; şeker pancarı tarımı altındaki toprakların ortalama agregat stabilitesi skoru 0.40 çıkmıştır (Şekil 4.22). Çalışma alanı topraklarında buğday tarımı altındaki parsellerin agregat stabilitesi skorları şeker pancarı tarımı altındaki parsellerin agregat stabilitesi skorundan daha yüksek çıkmıştır. Çalışma yapılan alanda şeker pancarı tarımı altındaki parsellerin ortalama agregat stabilitesi skoru buğday tarımı altındaki parsellere göre yaklaşık 1.5 kata yakın bir azalma göstermiştir. Tüm ölçümler dikkate alındığında agregat stabilitesi kalite skorları orta, düşük ve çok düşük çıkmıştır. Bunun nedeni olarak, çalışma alanı topraklarının organik madde kapsamının düşük olması, özellikle genç alüviyal depozitlerde agregatlaşmayı sağlayacak kadar zamanın geçmemesi, kurak-yarı kurak iklim nedeni ile agregatlaşmayı teşvik edici ıslanma-kuruma ve donma-çözünme çevriminin yeterince etkin olmaması, bölgede yoğun toprak işlemeye dayalı tarım tekniklerinin uygulanması ve ekim nöbetinde çapa bitkilerinin fazla yer alması

sayılabilir (Bal ve ark., 2011). Topraklarda değişebilir sodyum konsantrasyonunun yüksekliği de agregatlar arası bağı zayıflatarak, agregat stabilitesinin düşük çıkmasına neden olabilmektedir (Ben-Hur ve ark., 1985). Ancak araştırma topraklarının kimyasal analizleri incelendiğinde ekstrakte edilebilir sodyum değerleri çok düşük düzeyde oluşundan ve yörede yapılan önceki çalışmalardan kimyasal dispersiyona dayalı bir agregat stabilitesi düşüklüğü bulunmamaktadır (Şeker ve Karakaplan, 1999). Toprakların agregat stabiliteleri birçok toprak özelliği ve uygulamadan etkilenirken, kendisi de birçok toprak özelliği üzerinde etkinliğe sahip olmaktadır. Düşük agregat stabilitesi topraklarda su ve hava hareketini engelleyerek, bitki köklerinin gelişimi ve verimliliği etkileyebilmekte, yüzeyde kabuk tabakası oluşumuna neden olabilmektedir. Bu durum da özellikle çimlenme ve çıkış aşamasında önemli olumsuzluklar neden olmaktadır. Yre topraklarında düşük agregat stabilitesi nedeniyle kaymak tabakası oluşumu problemi yaygın olarak görülmektedir (Şeker ve Karakaplan, 1999). Agregat stabilitesinin yüksekliği toprakta bulunan agregatların su karşısında dayanıklılıklarının önemli bir göstergesidir. Agregat stabilitesi düşüklüğünün zm için kısa ve uzun dönemde yapılacak işlemler; ekim nöbetinde yüzlek köklü örtü bitkilerine yer verilmesi, çiftlik gübresi ve/veya yeşil gübre ilavesi ile toprağın organik madde kapsamının artırılması, toprak işlemenin azaltılması, mal (anız) uygulamaları ve çim bitkileri ile ekim nöbeti önerilmektedir (Gugino ve ark., 2009).



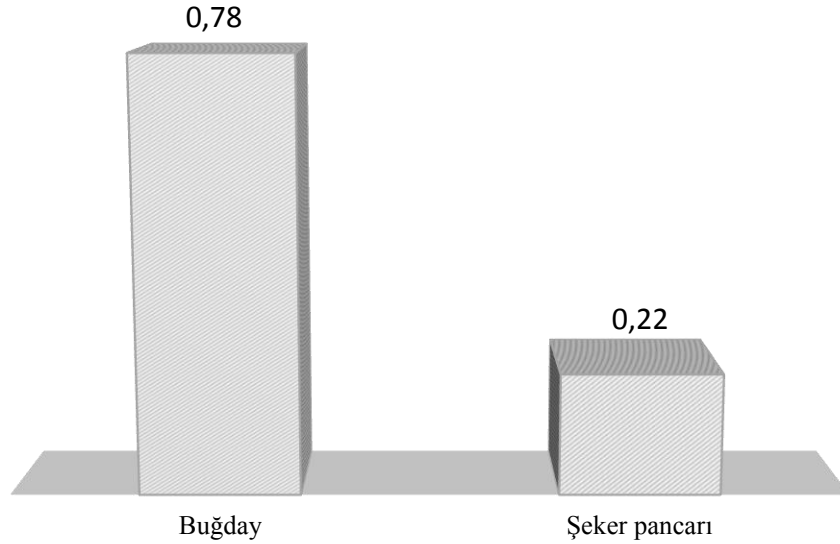
Şekil 4.22. Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama agregat stabilitesi skor değerleri ($P < 0.05$)

Toprakların ortalama üst toprak penetrasyon direnci skorları 0.32 olarak hesaplanmıştır. Buğday tarımı altındaki toprakların ortalama üst toprak penetrasyon direnci skoru 0.36 iken, şeker pancarı tarımı altındaki toprakların ortalama üst toprak penetrasyon direnci skoru 0.28 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.23). Çalışma alanı topraklarında buğday tarımı altındaki parsellerin üst toprak penetrasyon direnci skorları şeker pancarı tarımı altındaki parsellerin üst toprak penetrasyon direnci skorundan daha yüksek çıkmış, tüm serilerde ortalama üst toprak penetrasyon direnci düşük ve çok düşük sınıfta yer almıştır (Gugino ve ark., 2009). Bu da ölçüm yapılan topraklarda önemli ölçülerde üst ve alt toprak sıkışmasının olduğunu göstermektedir. Toprak sıkışmasının en önemli sebebi olarak mekanizasyondaki gelişmeler ve buna bağlı olarak tarla trafiğindeki artış gösterilebilir (Negiş ve ark., 2016). Bölgede şeker pancarı tarımında uygulanan fazla tarla trafiğinin daha fazla sıkışmaya neden olduğu anlaşılmaktadır (Negiş ve ark., 2016). Bunların bir sonucu olarak ta topraklarda hava, su ve besin hareketi dolaşımı ve kök sistemi olumsuz etkilenmektedir (Doran, 2002). Toprak yüzeyinde kalan ürün kalıntıları, sıkıştırma işlemlerini hafifleten fiziksel bir bariyer görevi gören, makine tekerlekleri tarafından uygulanan sıkıştırma basıncını dağıtarak ve absorbe ederek, toprağın fiziksel bozulmasını önler (Brida ve ark., 2006; Blanco-Canqui ve Lal, 2009; Castioni ve ark., 2018; Cherubin ve ark., 2018). Toprak sıkışmasının çözümü için tarla trafiğinin sınırlandırılması ve/veya azaltılması, ekim nöbetinde yüzlek köklü örtü bitkilerinin yer alması, organik gübreleme, toprak ıslakken tarla trafiğinden kaçınılması, kulaklı ve diskli pullukla toprak işlemenin azaltılması, birim alana daha az basınç uygulayan ekipmanların tercih edilmesi önerilmektedir (Gugino ve ark., 2009).



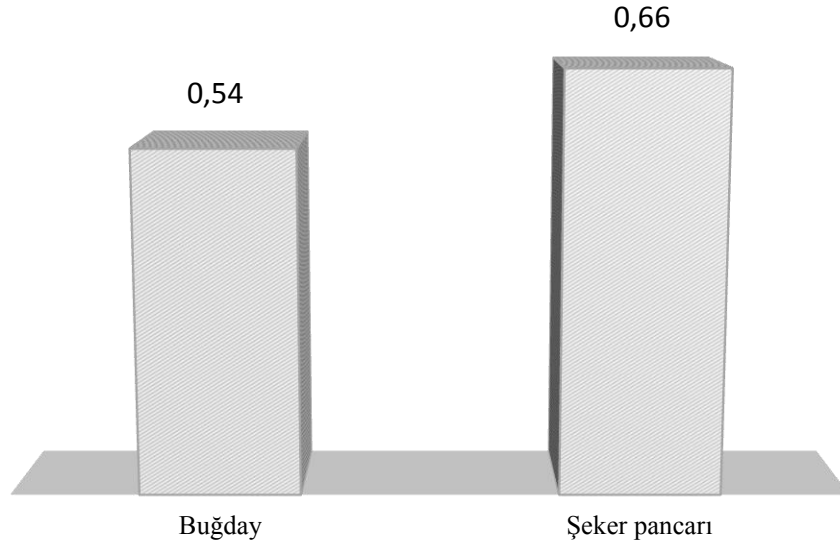
Şekil 4.23. Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama penetrasyon direnci (0-20 cm) skor değerleri ($P < 0.05$)

Kararsız toprak organik karbon havuzu, özellikle de aktif karbon, toprak mikrobiyal toplumu için hali hazırda temin edilebilir substratlara hizmet eden ve ayrıca yönetime duyarlı olan kolayca çözünen organik maddeleri temsil eder (Culman ve ark., 2012). Topraklarda mikroorganizmalar için hızlı karbon ve enerji kaynağının bir göstergesi olarak değerlendirilen aktif karbonun ortalama kalite skoru 0.50 bulunmuş ve “Orta” sınıfta yer almıştır. Buğday tarımı altındaki toprakların aktif karbonunun ortalama kalite skoru 0.78 iken, şeker pancarı tarımı altındaki toprakların kalite skoru 0.22 çıkmıştır (Şekil 4.24). Aktif karbonun ortalama kalite skorunun şeker pancarı tarımı altındaki arazilerde, buğday tarımı altındaki arazilerden daha düşük çıkması bölgede şeker pancarında yoğun toprak işlemeye dayalı tarımın bir sonucu niteliğindedir. Yoğun toprak işlemeyle birlikte mikroorganizmalara kolay yarayışlı olan organik materyalin hızla parçalanmasının bir göstergesidir. Ayrıca bu sonuca buğdayda örnekleme zamanının kış sonu Nisan-Mayıs aylarında, şeker pancarında örnekleme zamanının Haziran-Temmuz aylarında olması da neden olabilmektedir (Benintende ve ark., 2015). Toprak kalitesinin iyileştirilmesi için bu özelliğin geliştirilmesi gerekmektedir. Aktif karbon bölge topraklarında toplam kalite skoru üzerine negatif etkisi en fazla olan özelliklerden birisidir. Çalışma alanı topraklarının aktif karbon kapsamının artırılması için, taze organik gübrelerle gübreleme, toprak işlemenin azaltılması ve ekim nöbeti önerilmektedir (Gugino ve ark., 2009).



Şekil 4.24. Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama aktif karbon skor değerleri (P<0.05)

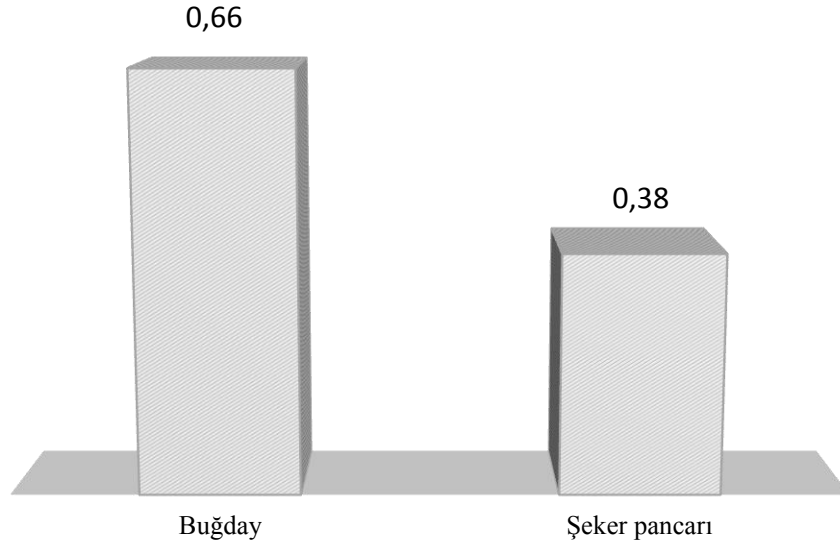
Toprakta bitki köklerine zarar veren *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis* ve bitki paraziti nematotlar gibi toprak canlılarının etkilerinin bir sonucu niteliğindeki kök sağlığı ortalama kalite skoru 0.60 bulunmuş ve “Orta” sınıfta yer almıştır. Buğday tarımı altındaki toprakların kök sağlığı ortalama kalite skorları 0.54 iken; şeker pancarı tarımı altındaki toprakların kalite skoru 0.66 çıkmıştır (Şekil 4.25). Buğday tarımı altındaki parsellerde, şeker pancarı tarımı altındaki parsellerden daha düşük kök sağlığı kalite skorları ölçülmüştür. Bu farklılığın nedenleri olarak buğday tarımı altındaki parsellerden örnekleme toprağın daha nemli olduğu ve toprak sıcaklığının daha düşük olduğu Nisan-Mayıs aylarında, şeker pancarında örnekleme Haziran-Temmuz aylarında yapılması, şeker pancarı ekimi öncesinde arazinin 8-9 ay önceden boş bırakılması, buğday ekilen arazilerin genelde ürünsüz dönem geçirmede şeker pancarı da dahil bir başka bitkiden hemen sonra ekilmesi gösterilebilir. Kök sağlığı skorunun yükseltilmesi için hastalıklara karşı dayanıklı örtü bitkileri ve uygun ekim nöbeti ve fazla sulamadan kaçınılması önerilmektedir (Gugino ve ark., 2009).



Şekil 4.25. Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama kök sağlığı skor değerleri ($P<0.05$)

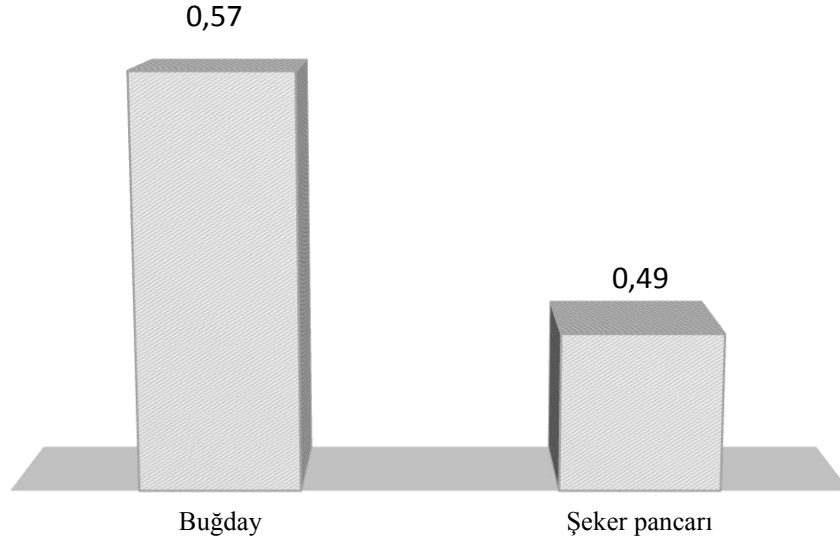
Azot, bitki artıkları, toprak organik maddeleri ve mikrobiyal toplulukta depolandığı için bitki büyümesi için en sınırlayıcı besindir. Proteinler ve amino asitler ve kitin gibi kompleks organik moleküller bitkilerde mevcut değildir (Whalen ve Sampedro, 2010); bununla birlikte, bazı mikrobiyal türler, organik azot formlarını, mevcut amonyum (NH_4^+) ve nitrat formlarına (NO_3^-) dönüştürmek için birlikte hareket ederler. PMN testi, toprak biyokütlesindeki organik azotu bitkide mevcut formlara geri dönüştürme kapasitesinin bir göstergesidir (Moebius-Clune ve ark., 2016).

Kısaca, toprak mikroorganizmaları tarafından organik komplekslere bağlı azotun bitkiye faydalı azota dönüştürülebilme kapasitesi olan potansiyel mineralize olabilir azotun ortalama kalite skorları 0.52 bulunmuş ve “Orta” sınıfta yer almıştır. Buğday tarımı altındaki toprakların potansiyel mineralize olabilir azotun ortalama kalite skorları 0.66 iken; şeker pancarı tarımı altındaki toprakların kalite skoru 0.38 çıkmıştır (Şekil 4.26). Buğday tarımı altındaki parsellerde şeker pancarı tarımı altındaki parsellerden yaklaşık 2 kat yüksek çıkan potansiyel mineralize olabilir azot ortalama kalite skorları çıkmasına rağmen toprakların gelişen bitkilere hızlı azot sağlama kapasitelerinin düşük olduğu görülmektedir. Bunların nedenleri olarak bölgede buğday ve şeker pancarı tarımında yapılan toprak işleme faaliyetlerinin fazlalığı, bölge ikliminin kurak/yarıkurak olması, tarım arazilerinde taze organik madde girdisinin ve organik gübrelemeni yetersizliği, ekim nöbetinde baklagillerin yeterince yer almaması, örnekleme döneminin etkinliği sayılabilir (Guginno ve ark., 2009; Benintende ve ark., 2015).



Şekil 4.26. Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama potansiyel mineralize olabilir azot skor değerleri ($P < 0.05$)

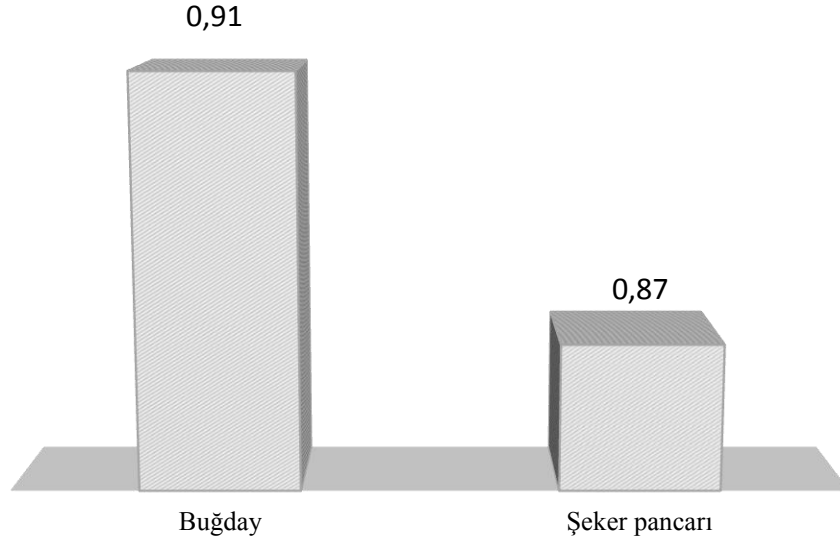
Biyolojik toprak kalite faktörleri arasında değerlendirilen ve birçok toprak özelliği ile doğrudan veya dolaylı etkileşime sahip olan toprak organik maddesinin, ortalama kalite skoru 0.53 olarak bulunmuştur. Buğday tarımı altındaki toprakların ortalama organik madde kalite skoru 0.57 iken, şeker pancarı tarımı altındaki toprakların ortalama organik madde kalite skoru 0.49 çıkmıştır (Şekil 4.27). Ortalama organik madde kalite skoru şeker pancarı tarımı altındaki arazilerde, buğday tarımı altındaki arazilerden daha düşük çıkmıştır (Gugino ve ark., 2009). Organik madde skorunun şeker pancarı tarımında daha düşük çıkmasının nedenleri olarak bitki köklerinin morfolojisi, şeker pancarı tarımında uzun dönem arazilerin boş bırakılması ön hazırlık aşamasında ve toprak işlenmenin farklılıklarından ortaya çıkmıştır. Çalışma alanı toprakların organik madde kapsamının artırılması ve yüksek organik madde kapsamının sürdürülmesi için, organik gübreleme, yüksek lignin içerikli bitki artıklarının toprağa karıştırılması, ekim nöbeti uygulanması, ekim nöbetinde örtü ve çim bitkilerine yer verilmesi, toprak işlenmenin azaltılması önerilmektedir (Gugino ve ark., 2009).



Şekil 4.27. Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama organik madde skor değerleri
($P>0.05$)

Bitkilerin sağlıklı gelişebilmeleri için ihtiyaç duyduğu makro besin elementlerinden olan fosfor, Orta Anadolu topraklarında genellikle orta ve düşük düzeyde bulunmaktadır (Güçdemir, 2006). Çalışma alanı toprakların yarayışlı fosfor kapsamaları ortalama kalite skoru 0.92 bulunmuş olup, “Yüksek” sınıfta yer almıştır. Buğday tarımı altındaki toprakların yarayışlı fosfor ortalama kalite skorları 0.97 iken, şeker pancarı tarımı altındaki toprakların ortalama kalite skoru 0.87 olarak bulunmuştur (Şekil 4.28). Çalışma alanı topraklarının yarayışlı fosfor kalite skorlarının yüksek çıkmasının nedeni olarak, sulu tarım yapılan alanlarda yapılan fazla gübreleme gösterilebilir. Eyüpoğlu (1999), özellikle ovalarda ve sulu tarım yapılan alanlarda aşırı gübre kullanımı ve buna bağlı olarak toprakta aşırı fosfor birikimi söz konusu olduğu belirtilmektedir.

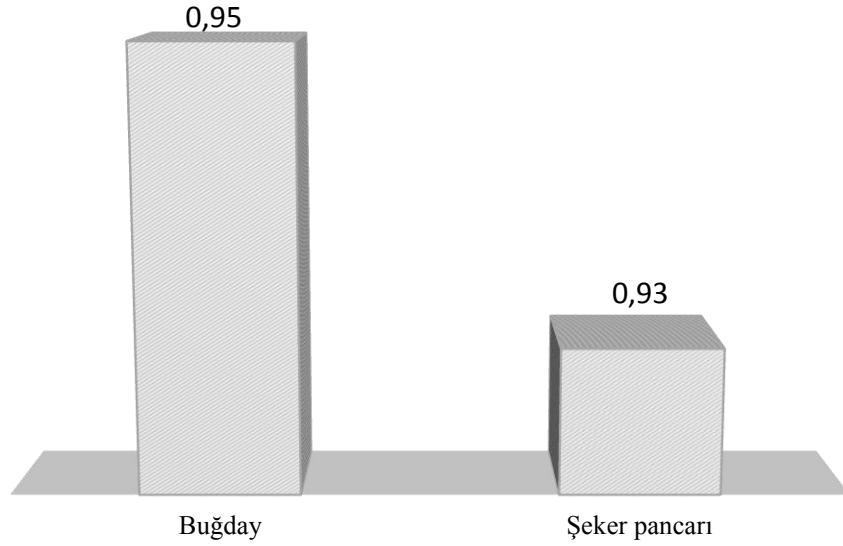
Yarayışlı fosfor skoru yüksek olmasına rağmen dikkat edilmesi gereken husus fosforun toprakta bir kirlenici olduğunu unutmamaktır. Gübreleme tavsiyelerinde fosforlu gübrelerin toprakta daha az birikim sağlayacak şekilde yapılması uygun görülmektedir.



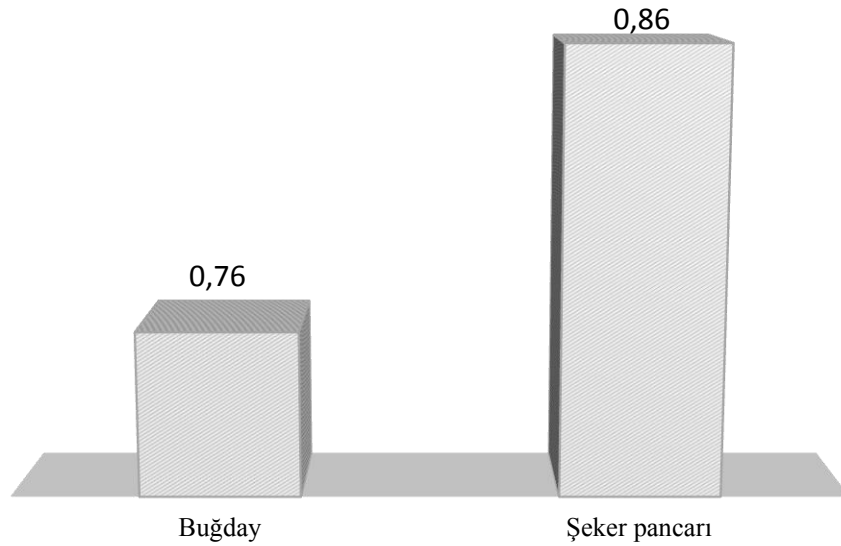
Şekil 4.28. Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama yarayışlı fosfor skor değerleri ($P<0.05$)

Toprakların kimyasal kalitelerinin belirlenmesi kapsamında topraktaki yarayışlı Mn ve Cu kapsamı kalite skorlaması geliştirilmiştir. Bu amaçla her bir element için alt ve üst sınırlar belirlenmiş olup skor algoritmaları ile skor değerleri hesaplanmıştır. Bunun için Mn konsantrasyonu Tablo 4.31 belirtilen sınır değerler ve Cu için 0.2 ppm küçük ve 20 ppm den büyük konsantrasyonlar baz alınarak oluşturulmuştur (Sillianpa, 1990).

Çalışma alanı topraklarının yarayışlı Mn ve Cu kapsamı ortalama kalite skorları sırasıyla 0.94-0.81 bulunmuş olup, “Yüksek sınıfta yer almıştır. Buğday tarımı altındaki toprakların Mn kalite skoru 0.95 iken, şeker pancarı tarımı altındaki toprakların Mn kalite skoru 0.93 olarak bulunmuştur (Şekil 4.29). Ayrıca, buğday tarımı altındaki toprakların Cu kalite skoru 0.76 iken, şeker pancarı tarımı altındaki toprakların Cu kalite skoru 0.86 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.30). Mn ve Cu içerikleri çalışma alanı topraklarının neredeyse tamamında yeterlilik sınırının üzerinde çıkmıştır. Ancak bölge topraklarının yüksek kireç ve pH değerlerinden dolayı özellikle mikro besin elementi noksanlıklarının yaygın olduğu bilinmektedir (Eyüpoğlu, 1999; Güçdemir, 2006). Bu durumun son on yılda bölgede yaygın mikro element gübrelemesinin yapılmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

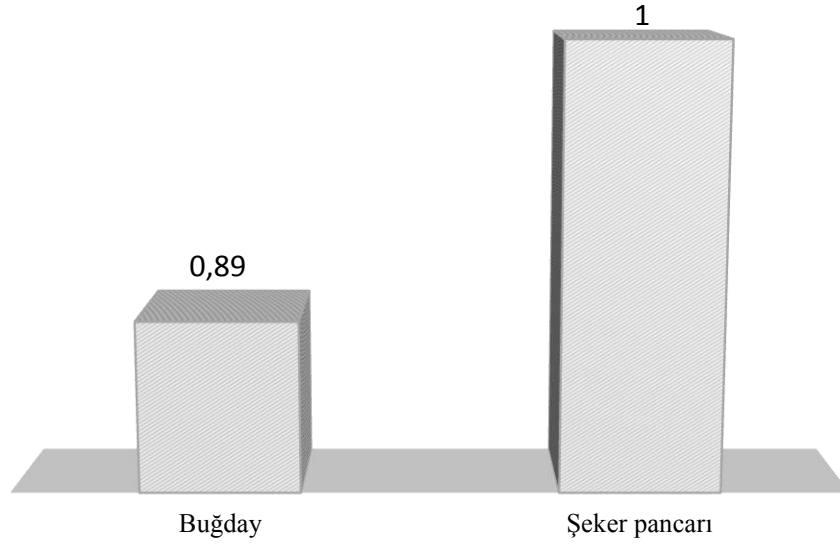


Şekil 4.29. Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama mangan skor değerleri ($P>0.05$)



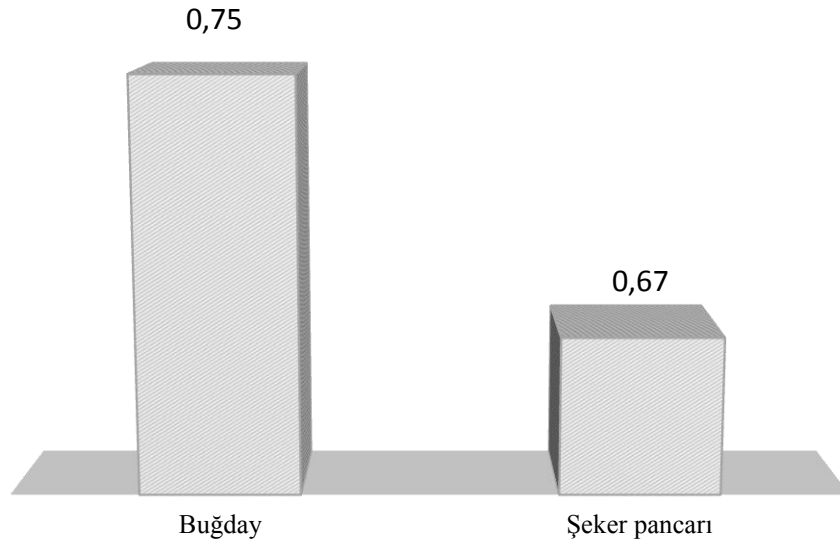
Şekil 4.30. Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama bakır skor değerleri ($P<0.05$)

Bitkileri sağlıklı gelişebilmeleri için ihtiyaç duyduğu makro besin elementlerinden olan potasyum, Orta Anadolu topraklarında genellikle yüksek düzeyde bulunmaktadır (Güçdemir, 2006). Çalışma alanı toprakların yararışlı K kapsamı ortalama kalite skorları topraklarda 0.94 çıkmıştır olup, buğday tarımı altındaki toprakların K kalite skoru 0.89 iken, şeker pancarı tarımı altındaki toprakların K kalite skoru 1.00 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.31). Bu durum bölgenin iklimsel yapısı, toprak oluşum prosesleri ve mineralojik özellikleri ile uyumludur. Bölge topraklarının K kapsamı yeterlilik sınırının üzerinde bulunmaktadır (Eyüpoğlu, 1999; Güçdemir, 2006).



Şekil 4.31. Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama potasyum skor değerleri
($P < 0.05$)

Bitki besin elementlerinin yararlılıkları ve/veya kayıpları üzerine önemli etkiye sahip olan toprak pH'sı kalite skoru 0.71 bulunmuş ve “Yüksek” sınıfta yer almıştır. Buğday tarımı altındaki toprakların pH ortalama kalite skorları 0.75 iken, şeker pancarı tarımı altındaki toprakların kalite skoru 0.67 olarak birbirine yakın çıkmıştır (Şekil 4.32). Toprak pH'sı kalite skorlarının daha yüksek seviyelere getirilmesi ve bitkilerin toprakta mevcut bulunan besin elementlerinden daha iyi yararlanabilmesi için, genelde, toprak pH'sının düşürülmesi önerilmektedir (Gugino ve ark., 2009). Ancak çalışma alanı topraklarının yüksek kireç ve kil içeriği, yüksek tamponlama kapasitesi nedeniyle bu uygulama pratikte ekonomik olmayacaktır. Ayrıca toprakların fosfor ve mikro besin elementi yararlılığı değerlendirildiğinde noksanlığın çok sınırlı olması da bu öneriyi desteklemektedir.



Şekil 4.32. Buğday ve şeker pancarı tarımında ortalama pH skor değerleri ($P < 0.05$)

4.9. Ortalama Kalite Skoru

Araştırmaya konu bütün toprakların yapılan ölçümler sonucu göre buğday ve şeker pancarı tarımında hesaplanan ortalama kalite skor cetveli Tablo 4.53-4.54'te verilmiştir.

Çumra serisi kalite faktörlerinin ortalama toprak kalite skorları 0.32-1.00 arasında değişmiş, en düşük kalite skoru penetrasyon direnci, en yüksek kalite skoru da K ve Mn'dan elde edilmiştir. Tüm çalışma alanının ortalama kalite skoru 0.63 çıkmış, bu skora fiziksel özelliklerin katkısı %22.86 (ortalama skor 0.415), biyolojik özelliklerin katkısı %29.75 (ortalama skor 0.537) ve kimyasal özelliklerin katkısı ise %47.39 (ortalama skor 0.860) olmuştur.

Bütün çalışma alanı topraklarında ortalama fiziksel ve biyolojik kalite skorları, ortalama kimyasal kalite skorlarından daha düşük çıkmıştır. Benzer sonuçlar başka yazarlar tarafından da rapor edilmiştir (Parr ve ark., 1992; Govaerts ve ark., 2006; Rezaei ve ark., 2006; Tesfahunegn ve ark., 2011a; 2011b; Tesfahunegn, 2016). Organik madde kalite skor puanı Çumra serisinde “Orta” puan almasına rağmen agregat stabilitesi skorunun en düşük puanları vermesi, çalışma topraklarında fiziksel açıdan önemli problemlerin bulunduğunu göstermektedir. Bu durum özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, alüviyal arazilerde karşılaşılan bir sorundur (Şeker ve Karakaplan, 1999; Bal ve ark., 2011). Bu tür bölgelerde organik madde birikimi sınırlı olup, özellikle genç alüviyallerde taşınma esnasında toprakların yapılar bozulduğundan

agregat stabiliteleri düşük çıkmaktadır. Çalışma alanında organik madde kalite skorunun nispeten yüksek çıkmasına rağmen agregat stabilitesi skorunun düşük çıkmasının nedeni, serinin genç alüvyaller olması, strüktür gelişimi ve dayanıklılığı için yeterince ıslanma-kuruma ve donma-çözülme çevrimine maruz kalmamış bulunması, bölgede yoğun toprak işlemeyle dayalı tarım tekniklerinin kullanılması ile açıklanabilir. Özellikle üst toprak sıkışması ortalama kalite skorlarının da düşüklüğü, bölgede uygulanan yoğun tarla trafiği ve toprak işlemenin bir göstergesi niteliğindedir. Bölge topraklarının sürdürülebilir kullanımı, verimliliğin ve kalitenin korunması ve geliştirilmesi için öncelikle toprak strüktürünün iyileştirilmesi gerekmektedir. Bunun için organik gübreleme, yeşil gübreleme ve/veya anız ilavesi ile toprağa daha fazla organik madde kazandırılması, ekim nöbetinde toprak strüktürünü geliştirici özelliklere sahip bitkilere daha fazla yer verilmesi, azaltılmış veya minimum toprak işleme tekniklerinin kullanımı, doğrudan ekim yöntemlerinin uygulamaya sokulması, toprağı fazla parçalayan rotatiller gibi aletlerin kullanılmaması, çizel ve dipkazan gibi toprak sıkışmasını önleyen ve/veya azaltan toprak işleme ekipmanlarının tercih edilmesi önerilmektedir.

Tablo 4.53. Çumra serisi buğday tarımı altındaki toprakların kalite skor cetveli

Toprak kalitesi raporu				
İndikatör		Ortalama Değer	Ortalama Skor*	Sınırlamalar
FİZİKSEL	Tarla Kapasitesi (g g ⁻¹)	0.32	0.33	Su tutma ve kullanılabilirliği
	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	1.28	0.57	Kök gelişimi, besin ve su iletimi
	Agregat Stabilitesi (%)	22.89	0.53	Havalanma, İnfiltrasyon, Köklenme, Dayanım, Sızdırmazlık, Erozyon, Yüzeysel akışı
	Penetrasyon Direnci 0-20 cm (kPA)	1352	0.36	Kök gelişimi, besin ve su iletimi
BİYOLOJİK	Aktif Karbon (mg kg ⁻¹)	832	0.78	
	Kök sağlığı (1- 9)	5.15	0.54	
	Potansiyel Mineralize Olabilir Azot (µg N g FKT ⁻¹ hafta ⁻¹)	12.06	0.66	Organik madde kalitesinin düşük olması, Organik N depolamanın az olması, N mineralizasyonunun düşük olması
	Organik Madde (%)	1.48	0.57	Besin maddesi depolamanın az olması, İyon değişimi, C tutumunun az olması, Su tutma kapasitenin az olması
KİMYASAL	Yarayışlı Fosfor (mg kg ⁻¹)	16.95	0.97	
	Mn (mg kg ⁻¹)	16.16	0.95	
	Yarayışlı Potasyum (mg kg ⁻¹)	572	0.89	
	Cu (mg kg ⁻¹)	1.82	0.76	
	pH (1:1; toprak su karışımı)	8.09	0.75	
TOPLAM KALİTE SKOR			0.67	ORTA
				Tekstür Sınıfı: KİL
<i>KUM (%)</i> : 30.21		<i>SİLT (%)</i> : 24.85		<i>KİL (%)</i> : 44.94

Skor değeri*	Sınıfı
>0.80	Çok yüksek
0.80-0.60	Yüksek
0.60-0.40	Orta
0.40-0.20	Düşük
<20	Çok düşük

*: Andrews ve ark. (2004)'e göre skorlanmıştır.

Tablo 4.54. Çumra serisi şeker pancarı tarımı altındaki toprakların kalite skor cetveli

Toprak kalitesi raporu				
İndikatör		Ortalama Değer	Ortalama Skor*	Sınırlamalar
FİZİKSEL	Tarla Kapasitesi (g g ⁻¹)	0.35	0.47	Su tutma ve kullanılabilirliği
	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	1.40	0.39	Kök gelişimi, besin ve su iletimi
	Agregat Stabilitesi (%)	18.41	0.40	Havalanma, İnfiltrasyon, Köklenme, Dayanım, Sızdırmazlık, Erozyon, Yüzeysel akışı
	Penetrasyon Direnci 0-20 cm (kPA)	1496	0.28	Kök gelişimi, besin ve su iletimi
BİYOLOJİK	Aktif Karbon (mg kg ⁻¹)	367	0.22	Mikrobiyal canlılar için düşük enerji kaynağı
	Kök sağlığı (1- 9)	4.04	0.66	
	Potansiyel Mineralize Olabilir Azot (µg N g FKT ⁻¹ hafta ⁻¹)	7.50	0.38	Organik madde kalitesinin düşük olması, Organik N depolamanın az olması, N mineralizasyonunun düşük olması
	Organik Madde (%)	1.35	0.49	Besin maddesi depolamanın az olması, İyon değişimi, C tutumunun az olması, Su tutma kapasitenin az olması
KİMYASAL	Yarayışlı Fosfor (mg kg ⁻¹)	29.46	0.87	
	Mn (mg kg ⁻¹)	14.78	0.93	
	Yarayışlı Potasyum (mg kg ⁻¹)	670	1.00	
	Cu (mg kg ⁻¹)	2.61	0.86	
	pH (1:1; toprak su karışımı)	8.08	0.67	
TOPLAM KALİTE SKOR			0.59	ORTA
Tekstür Sınıfı: KİL				
KUM (%): 26.91		SİLT (%): 22.99		KİL (%): 50.11

Skor değeri*	Sınıfı
>0.80	Çok yüksek
0.80-0.60	Yüksek
0.60-0.40	Orta
0.40-0.20	Düşük
<20	Çok düşük

4.10. Ortalama Toprak Kalite Skorunun Bitki Bazlı Karşılaştırılması

Toprak kalitesine bitki değişimlerinin etkilerini değerlendirmek için yapılan varyans analiz sonuçları Tablo 4.55'te sunulmuştur. Buna göre bitkiler arasındaki farklılık $P < 0.000$ seviyesinde önemli çıkmıştır. Bitkilerin toprak kalite ortalamalarının LSD testine göre karşılaştırılması Tablo 4.56'da verilmiştir.

Buğday ve şeker pancarı tarımı altındaki toprakların ortalama kalite skorları istatistiksel olarak önemli çıkmış ve sırasıyla; 0.67 ve 0.59 kalite değerleri hesaplanmıştır. Buradan da görüleceği gibi buğday tarımı altındaki arazilerin kalite skorları şeker pancarı tarımı altındaki arazilerin kalite skorlarından daha yüksek çıkmıştır. Önceki bölümlerde de açıklandığı gibi, bunun temel nedeni olarak şeker pancarı tarımında uygulanan yoğun toprak işleme ve tarla trafiğinin toprakların fiziksel özelliklerini bozarak toprak kalitesinin düşük çıkmasına neden olduğu değerlendirilmiştir.

Tablo 4.55. Bitkilerin toprak kalitesine etkilerinin varyans analiz sonuçları

	SD	KT	KO	F	P
Bitki	1	0.17472	0.17472	26.61	0.000
Hata	106	0.69588	0.00656		
Toplam	107	0.87060			

SD: Serbestlik derecesi; KT: Kareler toplamı; KO: Kareler ortalaması; P: Önem seviyesi;

Tablo 4.56. Bitkilerin toprak kalite skorlarının t-testine göre karşılaştırılması

Bitki	Ortalama
Buğday	0.67±0.083 A
Şeker pancarı	0.59±0.079 B

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Toprak kalitesi son 20 yılda en çok çalışılan araştırma konularından biri olmuştur. Kalite parametresi olarak kullanılacak özelliklerin belirlenmesi ve skora ile ilgili eksikliklerden dolayı toprak kalitesinin belirlenmesinde çeşitli güçlükler yaşanmıştır. Ülkemiz açısından bakıldığında Türkiye şartlarına uygun metotların bulunmadığı ya da geliştirilen diğer metotların Türkiye şartlarına uygun olup olmadıklarının yeterince denenmediği görülmektedir. Ancak topraklarımızın sürdürülebilir kullanımı için kalitelerinin belirlenmesi ve buna göre amenajman işlemlerinin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada Türkiye'nin en önemli tarımsal alanlarından biri olan Konya Çumra yöresinde toprak kalitesinin, dünyada yaygın olarak kullanılan metotlara göre belirlenmesi, çalışma alanında toprak kalitesini izlemek için kullanılacak parametreler ortaya konmuştur. Bu amaçla Çumra yöresinde en yaygın toprak serisinde, bitki rotasyonunda en çok kullanılan buğday ve şeker pancarı alanlarında iki yıl süre ile dört farklı zamanda toprak örnekleri alınmış ve alınan örneklerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalite parametrelerinin değişimleri belirlenmiştir.

Elde edilen analiz sonuçlarına göre temel bileşen analizi yardımıyla bölge için en uygun kalite parametreleri uzman görüşlerin de yardımıyla belirlenmiştir. Seçilen kalite indikatörleri şunlardır; fiziksel indikatörler, tarla kapasitesi, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi ve penetrasyon direnci, kimyasal indikatörler; yarıyışlı fosfor, mangan, potasyum, bakır ve pH, biyolojik indikatörler; aktif karbon, kök sağlığı değeri, potansiyel mineralize olabilir azot, organik madde olarak 3 ana başlık altında toprak 13 adet kalite indikatörü seçilmiştir.

Seçilen indikatörlerin skorlanması ve toprak kalitesinin sayısal bir değer alabilmesi için her bir indikatör için formülasyonlar geliştirilmiş ve geliştirilen formüller sayesinde bölge için toprak kalite skorları elde edilmiştir.

Yapılan araştırma sonucunda toplam fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalite skorları ortalama olarak sırasıyla 0.42, 0.86 ve 0.54 olarak hesaplanmıştır. Kalite skorları göstermektedir ki çalışma alanındaki toprakların kalite değerleri orta ve düşük olup özellikle fiziksel ve biyolojik özelliklere bağlı kalitenin daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum topraklarımızın sürdürülebilir kullanımı için gerekli amenajman planlamalarında fiziksel ve biyolojik özelliklerin geliştirilmesine yönelik

toprak strüktürünün iyileştirilmesi, organik gübreleme, yeşil gübreleme ve/veya anız ilavesi ile toprağa daha fazla organik madde kazandırılması, ekim nöbetinde toprak strüktürünü geliştirici özelliklere sahip bitkilere daha fazla yer verilmesi, azaltılmış veya minimum toprak işleme tekniklerinin kullanımı, doğrudan ekim yöntemlerinin uygulamaya sokulması, toprağı fazla parçalayan kobra tipi aletlerin kullanılmaması, çizel ve dipkazan gibi toprak sıkışmasını önleyen ve/veya azaltan toprak işleme ekipmanlarının tercih edilmesi gibi tedbirlerin alınmasını gerekli kılmaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre çalışılan alanın ortalama kalite skorları buğday tarımı altındaki arazilerde 0.67 ve şeker pancarı tarımı altındaki arazilerde ise 0.59 olarak hesaplanmıştır. Çalışılan seride toprak kalite skoru bitki çeşidine göre de değişiklik göstermiştir. Bitki çeşidinin toprak kalite skoruna etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Aynı seri içinde buğday ekili alanlarda pancar ekili alanlara göre daha yüksek kalite skorları elde edilmiştir. Özellikle fiziksel toprak özellikleri ile ilgili kalite değerlerinin pancar ekili alanlarda düştüğü tespit edilmiştir. Bu sonuçlar göstermektedir ki kimyasal toprak özellikleri ya çok az etkilenmekte ya da yararlı besin elementi gibi indikatörler gübreleme ile olumsuz etkileri giderilebilmekte iken fiziksel kalite parametreleri toprak amenajmanından önemli ölçüde etkilenmekte ve toprak kalite skorunun düşmesine neden olmaktadır. Toprak penetrasyon direnci ve hacim ağırlığı ve buna bağlı olarak faydalı su kapasitesi toprak amenajmanından en çok etkilenen toprak özellikleri olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle toprak kalitesinin sürdürülebilmesi için rotasyona giren bitki çeşitlerine göre fiziksel toprak özelliklerinin korunmasına yönelik işlemlerde daha dikkatli davranılması gerekmektedir.

5.2 Öneriler

Bu çalışmada bölgemiz için toprak kalitesinin belirlenmesi ve izlenmesi için gerekli olan indikatörler belirlenmiş, belirlenen indikatörler için skarlama denklemleri oluşturulmuştur. Yapılan bu işlemler neticesinde artık her bir arazinin toplam kalite skorları elde edilebilecek olup, bu veriler ışığında arazilerin sürdürülebilirliğinin devamı sağlanacaktır. Ancak bu verilerin daha fazla ve farklı alanlarda katılarak genişletilmesi, ayrıca verim değerlerinin de incelenip bunlara göre yorum yapılmasına ihtiyaç vardır.

Topraklarımızı verim potansiyelinin üst limitlerinde, ekosisteme zarar vermeden, yüksek verim ve kalitede bitkisel üretimin gerçekleştirilmesi için, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, toprak kalite yaklaşımının uygulamaya aktarılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Acín-Carrera, M., José Marques, M., Carral, P., Álvarez, A. M., López, C., Martín-López, B. ve González, J. A., 2013, Impacts of land-use intensity on soil organic carbon content, soil structure and water-holding capacity, *Soil Use and Management*, 29 (4), 547-556.
- Acton, D. ve Gregorich, L., 1995, The health of our soils-towards sustainable agriculture in Canada. Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, *Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ont*, 3, 138.
- Akbuluk, M. ve Çoklar, H., 2008, Physicochemical and rheological properties of sesame pastes (tahini) processed from hulled and unhulled roasted sesame seeds and their blends at various levels, *Journal of Food Process Engineering*, 31 (4), 488-502.
- Alexander, E. ve McLaughlin, J., 1990, Soil porosity as an indicator of forest and rangeland soil condition (compaction) and relative productivity, *Proceedings of the Soil Quality Standards Symposium, San Antonio, Texas, Oct.*
- Andrews, S. S., Karlen, D. L. ve Mitchell, J. P., 2002, A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90 (1), 25-45.
- Andrews, S. S., Karlen, D. L. ve Cambardella, C. A., 2004, The Soil Management Assessment Framework, *Soil Science Society of America Journal*, 68 (6), 1945-1962.
- Are, K. S., Oluwatosin, G. A., Ayoola, O. T. ve Adelana, A. O., 2013, Evaluation of two methods of soil quality assessment as influenced by slash and burn in tropical rainforest ecology of Nigeria AU - Adeyolanu, Olateju Dolapo, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59 (12), 1725-1742.
- Arshad, M. A. ve Coen, G. M., 1992, Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria, *American Journal of Alternative Agriculture*, 7 (1-2), 25-31.
- Askari, M. S. ve Holden, N. M., 2014, Indices for quantitative evaluation of soil quality under grassland management, *Geoderma*, 230-231, 131-142.
- Askari, M. S., Cui, J., O'Rourke, S. M. ve Holden, N. M., 2015a, Evaluation of soil structural quality using VIS-NIR spectra, *Soil and Tillage Research*, 146, 108-117.

- Askari, M. S. ve Holden, N. M., 2015, Quantitative soil quality indexing of temperate arable management systems, *Soil and Tillage Research*, 150, 57-67.
- Askari, M. S., O'Rourke, S. M. ve Holden, N. M., 2015b, Evaluation of soil quality for agricultural production using visible–near-infrared spectroscopy, *Geoderma*, 243-244, 80-91.
- Ayoubi, S., Khormali, F., Sahrawat, K. ve Rodrigues de Lima, A., 2011, Assessing impacts of land use change on soil quality indicators in a loessial soil in Golestan Province, Iran, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13, 727-742.
- Bal, L., Şeker, C. ve Gümüş, İ. E., 2011, Kaymak Tabakası Oluşumuna Fiziko-Kimyasal Faktörlerin Etkileri, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25 (3), 96-103.
- Bardgett, R. D. ve McAlister, E., 1999, The measurement of soil fungal:bacterial biomass ratios as an indicator of ecosystem self-regulation in temperate meadow grasslands, *Biology and Fertility of Soils*, 29 (3), 282-290.
- Baridón, J. E. ve Casas, R. R., 2014, Quality indicators in subtropical soils of Formosa, Argentina: Changes for agriculturization process, *International Soil and Water Conservation Research*, 2 (4), 13-24.
- Barron, V. ve Torrent, J., 1986, Use of the Kubelka—Munk theory to study the influence of iron oxides on soil colour, *Journal of Soil Science*, 37 (4), 499-510.
- Bayramin, İ., 2003, Beypazari topraklarının medalus metoduna göre toprak kalite indekslerinin belirlenmesi, *ile*, 29344, 100-108.
- Beck, T., 1971, Die messung der katalaseaktivitaet von Böden, *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 130 (1), 68-81.
- Ben-Hur, M., Shainberg, I., Keren, R. ve Gal, M., 1985, Effect of Water Quality and Drying on Soil Crust Properties¹, *Soil Science Society of America Journal*, 49 (1), 191-196.
- Benintende, S., Benintende, M., Sterren, M., Saluzzio, M. ve Barbagelata, P., 2015, Biological variables as soil quality indicators: Effect of sampling time and ability to classify soils by their suitability, *Ecological Indicators*, 52, 147-152.
- Bergstrom, D., Monreal, C. ve King, D., 1998, Sensitivity of soil enzyme activities to conservation practices, *Soil Science Society of America Journal*, 62 (5), 1286-1295.

- Bergstrom, D., Monreal, C., Tomlin, A. ve Miller, J., 2000, Interpretation of soil enzyme activities in a comparison of tillage practices along a topographic and textural gradient, *Canadian Journal of Soil Science*, 80 (1), 71-79.
- Birkás, M., Jolánkai, M., Gyuricza, C. ve Percze, A., 2004, Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary, *Soil and Tillage Research*, 78 (2), 185-196.
- Blair, G., Lefroy, R. ve Lisle, L., 1995, Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems, *Australian Journal of Agricultural Research*, 46 (7), 1459-1466.
- Blake, G. ve Hartge, K., 1986a, Particle Density 1, *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods* (methodsofsoilan1), 377-382.
- Blake, G. ve Hartge, K., 1986b, Bulk Density 1, *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods* (methodsofsoilan1), 363-375.
- Blanco-Canqui, H. ve Lal, R., 2009, Crop Residue Removal Impacts on Soil Productivity and Environmental Quality AU - Blanco-Canqui, Humberto, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28 (3), 139-163.
- Blanco-Canqui, H., Mikha, M. M., Presley, D. R. ve Claassen, M. M., 2011, Addition of Cover Crops Enhances No-Till Potential for Improving Soil Physical Properties, *Soil Science Society of America Journal*, 75 (4), 1471-1482.
- Blanco-Canqui, H., Shaver, T. M., Lindquist, J. L., Shapiro, C. A., Elmore, R. W., Francis, C. A. ve Hergert, G. W., 2015, Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies in Temperate Soils, *Agronomy Journal*, 107 (6), 2449-2474.
- Blecker, S. W., Stillings, L. L., Amacher, M. C., Ippolito, J. A. ve DeCrappeo, N. M., 2012, Development of vegetation based soil quality indices for mineralized terrane in arid and semi-arid regions, *Ecological Indicators*, 20, 65-74.
- Boyraz, N. ve Baştaş, K. K., 2004, Konya İlinde Kavunlarda Solgunluğa Sebep Olan Fungal Etmenlerin Tespiti ve Mücadele Olanakları Üzerinde Bir Araştırma, *S.Ü. Fen Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP). Proje No: ZF 99/11. Konya*.
- Braida, J. A., Reichert, J. M., Veiga, M. d. ve Reinert, D. J., 2006, Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30 (4).

- Brejda, J. J., Karlen, D. L., Smith, J. L. ve Allan, D. L., 2000a, Identification of regional soil quality factors and indicators II. Northern Mississippi Loess Hills and Palouse Prairie, *Soil Science Society of America Journal*, 64 (6), 2125-2135.
- Brejda, J. J., Moorman, T. B., Karlen, D. L. ve Dao, T. H., 2000b, Identification of regional soil quality factors and indicators I. Central and Southern High Plains, *Soil Science Society of America Journal*, 64 (6), 2115-2124.
- Burger, J. A. ve Kelting, D. L., 1998, Soil quality monitoring for assessing sustainable forest management, *The contribution of soil science to the development of and implementation of criteria and indicators of sustainable forest management (thecontribution)*, 17-52.
- Caldwell, B. A., Griffiths, R. P. ve Sollins, P., 1999, Soil enzyme response to vegetation disturbance in two lowland Costa Rican soils, *Soil Biology and Biochemistry*, 31 (12), 1603-1608.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Andrews, S. S. ve Karlen, D. L., 2004, Watershed-scale assessment of soil quality in the loess hills of southwest Iowa, *Soil and Tillage Research*, 78 (2), 237-247.
- Caravaca, F., Lax, A. ve Albaladejo, J., 1999, Organic matter, nutrient contents and cation exchange capacity in fine fractions from semiarid calcareous soils, *Geoderma*, 93 (3-4), 161-176.
- Carter, M. R., Gregorich, E. G., Anderson, D. W., Doran, J. W., Janzen, H. H. ve Pierce, F. J., 1997, Chapter 1 Concepts of soil quality and their significance, In: *Developments in Soil Science*, Eds: Gregorich, E. G. ve Carter, M. R.: Elsevier, p. 1-19.
- Castioni, G. A., Cherubin, M. R., Menandro, L. M. S., Sanches, G. M., Bordonal, R. d. O., Barbosa, L. C., Franco, H. C. J. ve Carvalho, J. L. N., 2018, Soil physical quality response to sugarcane straw removal in Brazil: A multi-approach assessment, *Soil and Tillage Research*, 184, 301-309.
- Chakrabarti, K., Sarkar, B., Chakraborty, A., Banik, P. ve Bagchi, D., 2000, Organic recycling for soil quality conservation in a sub- tropical plateau region, *Journal of Agronomy and crop Science*, 184 (2), 137-142.
- Cherubin, M. R., Oliveira, D. M. d. S., Feigl, B. J., Pimentel, L. G., Lisboa, I. P., Gmach, M. R., Varanda, L. L., Morais, M. C., Satiro, L. S., Popin, G. V., Paiva, S. R. d., Santos, A. K. B. d., Vasconcelos, A. L. S. d., Melo, P. L. A. d., Cerri, C. E. P. ve Cerri, C. C., 2018, Crop residue harvest for bioenergy production and its

- implications on soil functioning and plant growth: A review, *Scientia Agricola*, 75, 255-272.
- Culman, S. W., Snapp, S. S., Freeman, M. A., Schipanski, M. E., Beniston, J., Lal, R., Drinkwater, L. E., Franzluebbers, A. J., Glover, J. D., Grandy, A. S., Lee, J., Six, J., Maul, J. E., Mirksy, S. B., Spargo, J. T. ve Wander, M. M., 2012, Permanganate Oxidizable Carbon Reflects a Processed Soil Fraction that is Sensitive to Management, *Soil Science Society of America Journal*, 76 (2), 494-504.
- D'Hose, T., Cougnon, M., De Vlieghe, A., Vandecasteele, B., Viaene, N., Cornelis, W., Van Bockstaele, E. ve Reheul, D., 2014, The positive relationship between soil quality and crop production: A case study on the effect of farm compost application, *Applied Soil Ecology*, 75, 189-198.
- Dalal, R. ve Henry, R., 1988, Cultivation effects on carbohydrate contents of soil and soil fractions, *Soil Science Society of America Journal*, 52 (5), 1361-1365.
- Dalal, R., 1998, Soil microbial biomass—what do the numbers really mean?, *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38 (7), 649-665.
- Danielson, R. ve Sutherland, P., 1986, Porosity, *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods* (methodsofsoilan1), 443-461.
- Davidson, E. A. ve Ackerman, I. L., 1993, Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils, *Biogeochemistry*, 20 (3), 161-193.
- De Meester, T., 1970, Soils of the Great Konya Basin, Turkey, *Agric. Res. Rep.*, 740, 290.
- Dick, R. P., Breakwell, D. P. ve Turco, R. F., 1996, Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators, *Methods for assessing soil quality* (methodsforasses), 247-271.
- Ditzler, C. A. ve Tugel, A. J., 2002, Soil Quality Field Tools C.A. Ditzler, current address: Natl. Soil Survey Cent., 100 Centennial Mall North, Room 152, Lincoln, NE 68508-3866, *Agronomy Journal*, 94 (1), 33-38.
- Doran, J., Coleman, D., Bezdicek, D., Stewart, B., Turco, R., Kennedy, A. ve Jawson, M., 1994, Microbial Indicators of Soil Quality, *SSSA Special Publication Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*.
- Doran, J., Kettler, T. ve Tsivou, M., 1997, Field and laboratory solvita soil test evaluation, *USDA-ARS. Department of Agronomy. University of Nebraska, Lincoln*.

- Doran, J. ve Safley, M., 1997, Defining and assessing soil health and sustainable productivity, *Biological indicators of soil health*. New York: CAB International.
- Doran, J. W. ve Parkin, T. B., 1994, Defining and assessing soil quality, *Defining soil quality for a sustainable environment* (definingsoilqua), 1-21.
- Doran, J. W. ve Jones, A. J., 1996, Methods for assessing soil quality, p.
- Doran, J. W. ve Zeiss, M. R., 2000, Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality, *Applied Soil Ecology*, 15 (1), 3-11.
- Doran, J. W., 2002, Soil health and global sustainability: translating science into practice, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88 (2), 119-127.
- Dumanski, J. ve Pieri, C., 2000, Land quality indicators: research plan, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 81 (2), 93-102.
- Einax, J. W. ve Soldt, U., 1999, Geostatistical and multivariate statistical methods for the assessment of polluted soils—merits and limitations, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 46 (1), 79-91.
- Elliot, E., 1994, The potential use of soil biotic activity as an indicator of productivity, sustainability and pollution, *Soil Biota. Management in Sustainable Farming Systems*, 250-256.
- Erkossa, T., Itanna, F. ve Stahr, K., 2007, Indexing soil quality: a new paradigm in soil science research, *Soil Research*, 45 (2), 129-137.
- Ersungur, Ş. M., Kızıltan, A. ve Polat, Ö., 2007, Türkiye’de Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması: Temel Bileşenler Analizi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21 (2).
- Eswaran, H., Almaraz, R., van den Berg, E. ve Reich, P., 1997, An assessment of the soil resources of Africa in relation to productivity, *Geoderma*, 77 (1), 1-18.
- Eyüpoğlu, F., 1999, Türkiye topraklarının verimlilik durumu, TC Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, p.
- Fauci, M. F. ve Dick, R. P., 1994, Microbial biomass as an indicator of soil quality: effects of long-term management and recent soil amendments, *Defining soil quality for a sustainable environment* (definingsoilqua), 229-234.
- Filip, Z., 2002, International approach to assessing soil quality by ecologically-related biological parameters, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88 (2), 169-174.
- Franzluebbers, A. ve Arshad, M., 1997, Soil microbial biomass and mineralizable carbon of water-stable aggregates, *Soil Science Society of America Journal*, 61 (4), 1090-1097.

- Gee, G. W. ve Bauder, J. W., 1986, Particle-size analysis 1, methods of soil, Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, p.
- Gerdeman, J. ve Nicolson, T., 1963, Spores of Mychorriza Endogene Species Extracted from Soil by Wet Sieving and Decanting, *Transactions of the British Mycological Society*, 46, 235-244.
- Gil-Sotres, F., Trasar-Cepeda, C., Leirós, M. C. ve Seoane, S., 2005, Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties, *Soil Biology and Biochemistry*, 37 (5), 877-887.
- Golchin, A., Baldock, J. ve Oades, J., 1997, A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics, *Soil processes and the carbon cycle. CRC Press, Boca Raton*, 245-266.
- Govaerts, B., Sayre, K. D. ve Deckers, J., 2006, A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico, *Soil and Tillage Research*, 87 (2), 163-174.
- Gregorich, E. G., Carter, M. R., Angers, D. A., Monreal, C. M. ve Ellert, B. H., 1994, Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils, *Canadian Journal of Soil Science*, 74 (4), 367-385.
- Gugino, B. K., Abawi, G. S., Idowu, O. J., Schindelbeck, R. R., Smith, L. L., Thies, J. E., Wolfe, D. W. ve Van Es, H. M., 2009, Cornell soil health assessment training manual, Cornell University College of Agriculture and Life Sciences, p.
- Güçdemir, İ. H., 2006, Türkiye gübre ve gübreleme rehberi, *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara*.
- Günel, H. ve Erşahin, S., 2006, Toprak özelliklerinin tahmininde sayısallaştırılmış renk parametrelerinin kullanımı, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12 (1), 85-92.
- Harris, R. ve Bezdicek, D., 1994, Descriptive aspects of soil quality/health, *Defining soil quality for a sustainable environment (definingsoilqua)*, 23-35.
- Harris, R., Karlen, D. ve Mulla, D., 1996, A conceptual framework for assessment and management of soil quality and health, *Methods for assessing soil quality*. (Eds JS Doran, AJ Jones)(SSSA, Inc.: Madison, WI, USA).
- Hazarika, S., Thakuria, D., Ganeshamurthy, A. N. ve Sakhivel, T., 2014, Soil quality as influenced by land use history of orchards in humid subtropics, *CATENA*, 123, 37-44.

- Herzog, F., Steiner, B., Bailey, D., Baudry, J., Billeter, R., Bukáček, R., De Blust, G., De Cock, R., Dirksen, J., Dormann, C. F., De Filippi, R., Frossard, E., Liira, J., Schmidt, T., Stöckli, R., Thenail, C., van Wingerden, W. ve Bugter, R., 2006, Assessing the intensity of temperate European agriculture at the landscape scale, *European Journal of Agronomy*, 24 (2), 165-181.
- Hobbs, P. R., 2007, Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production?, *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE-CAMBRIDGE*-, 145 (2), 127.
- Hoffmann, G. ve Teicher, K., 1961, Ein kolorimetrisches verfahren zur bestimmung der ureaseaktivität in Böden, *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, 95 (1), 55-63.
- Hofmann, E. ve Hoffmann, G., 1966, Die Bestimmung der biologischen Tätigkeit in Böden mit Enzymmethoden, *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology*, 28, 365-390.
- Hornsby, A. ve Brown, R., 1992, Soil parameters significant to pesticide fate, *Soil Quality Standards Symposium*.
- Huggins, D. R., Allmaras, R. R., Clapp, C. E., Lamb, J. A. ve Randall, G. W., 2007, Corn-Soybean Sequence and Tillage Effects on Soil Carbon Dynamics and Storage *Soil Science Society of America Journal*, 71 (1), 145-154.
- Idowu, O. J., van Es, H. M., Abawi, G. S., Wolfe, D. W., Ball, J. I., Gugino, B. K., Moebius, B. N., Schindelbeck, R. R. ve Bilgili, A. V., 2008, Farmer-oriented assessment of soil quality using field, laboratory, and VNIR spectroscopy methods, *Plant and Soil*, 307 (1), 243-253.
- Ingram, J., Fry, P. ve Mathieu, A., 2010, Revealing different understandings of soil held by scientists and farmers in the context of soil protection and management, *Land Use Policy*, 27 (1), 51-60.
- Isermeyer, H., 1952, Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden, *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, 56 (1- 3), 26-38.
- Islam, K. R. ve Weil, R., 2000, Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management, *Journal of Soil and Water Conservation*, 55 (1), 69-78.
- Janzen, H. H., 2006, The soil carbon dilemma: Shall we hoard it or use it?, *Soil Biology and Biochemistry*, 38 (3), 419-424.

- Jenny, H., 1946, Arrangement of soil series and types according to functions of soil-forming factors, *Soil Science*, 61 (5), 375-392.
- Kacar, B., 2009, Toprak Analizleri. Genişletilmiş 2. Basım, Nobel Yayın No: 1387, *Fen Bilimleri*, 90.
- Kandeler, F., Kampichler, C. ve Horak, O., 1996, Influence of heavy metals on the functional diversity of soil microbial communities, *Biology and Fertility of Soils*, 23 (3), 299-306.
- Karaarslan, E. ve Uyanöz, R., 2008, Konya Ovası'ndaki Büyük Toprak Gruplarından İzole Edilen Arbusküler Mikoriza (A.M.) Sporlarının Büyüklüklerine Göre Dağılımı, İnfeksiyon Etkinlikleri ve Toprağın Bazı Özellikleri ile Arasındaki İlişkiler, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22 (45), 21-28.
- Karagöz, Y. ve Kösterelioğlu, İ., 2008, İletişim becerileri değerlendirme ölçeğinin faktör analizi metodu ile geliştirilmesi, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* (21).
- Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F. ve Schuman, G. E., 1997, Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial), *Soil Science Society of America Journal*, 61 (1), 4-10.
- Karlen, D. L., Ditzler, C. A. ve Andrews, S. S., 2003, Soil quality: why and how?, *Geoderma*, 114 (3), 145-156.
- Karlen, D. L., Tomer, M. D., Neppel, J. ve Cambardella, C. A., 2008, A preliminary watershed scale soil quality assessment in north central Iowa, USA, *Soil and Tillage Research*, 99 (2), 291-299.
- Karlen, D. L., Stott, D. E., Cambardella, C. A., Kremer, R. J., King, K. W. ve McCarty, G. W., 2014, Surface soil quality in five midwestern cropland Conservation Effects Assessment Project watersheds, *Journal of Soil and Water Conservation*, 69 (5), 393-401.
- Kay, B., Grant, C. ve Australia, S., 1996, Structural aspects of soil quality, *Soil Quality is in the Hands of the Land Manager, Proceedings of an International Symposium Advances in Soil Quality for Land Management: Science, Practice and Policy* University of Ballarat, Victoria, 37.
- Keeney, D. R. ve Nelson, D. W., 1982, Nitrogen—Inorganic Forms 1, *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties* (methodsofsoilan2), 643-698.

- Klein, D. A., Sorensen, D., Redente, E. ve Tate, R., 1985, Soil Reclamation Processes: Microbiological Analyses and Applications, p.
- Klingebiel, A. ve Montgomery, P., 1961, Land-capability classification. Agricultural Handbook. No. 210. Soil Conservation Service, *US Department of Agriculture, Washington DC*.
- Klute, A., 1986, Water retention: laboratory methods, *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods* (methodsofsoilan1), 635-662.
- Ladd, J., Amato, M., Zhou, L.-K. ve Schultz, J., 1994, Differential effects of rotation, plant residue and nitrogen fertilizer on microbial biomass and organic matter in an Australian Alfisol, *Soil Biology and Biochemistry*, 26 (7), 821-831.
- Lal, R., 1990, Soil Erosion and Land Degradation: The Global Risks, In: Advances in Soil Science: Soil Degradation, Eds: Lal, R. ve Stewart, B. A., *New York, NY: Springer New York*, p. 129-172.
- Lal, R., 1997, Degradation and resilience of soils, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 352 (1356), 997-1010.
- Lal, R., 2009, Soils and Food Sufficiency: A Review, In: Sustainable Agriculture, Eds: Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Véronique, S. ve Alberola, C., *Dordrecht: Springer Netherlands*, p. 25-49.
- Langer, U. ve GuÈnther, T., 2001, Effects of alkaline dust deposits from phosphate fertilizer production on microbial biomass and enzyme activities in grassland soils, *Environmental Pollution*, 112 (3), 321-327.
- Larson, W. ve Pierce, F., 1991, Conservation and enhancement of soil quality, *Evaluation for sustainable land management in the developing world: proceedings of the International Workshop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Chiang Rai, Thailand, 15-21 September 1991*.
- Larson, W. E. ve Pierce, F. J., 1994, The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management, *Defining soil quality for a sustainable environment* (definingsoilqua), 37-51.
- Le Féon, V., Schermann-Legionnet, A., Delettre, Y., Aviron, S., Billeter, R., Bugter, R., Hendrickx, F. ve Burel, F., 2010, Intensification of agriculture, landscape composition and wild bee communities: A large scale study in four European countries, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137 (1), 143-150.

- Li, G., Chen, J., Sun, Z. ve Tan, M., 2007, Establishing a minimum dataset for soil quality assessment based on soil properties and land-use changes, *Acta Ecologica Sinica*, 27 (7), 2715-2724.
- Li, P., Zhang, T., Wang, X. ve Yu, D., 2013, Development of biological soil quality indicator system for subtropical China, *Soil and Tillage Research*, 126, 112-118.
- Li, Y. ve Lindstrom, M. J., 2001, Evaluating Soil Quality–Soil Redistribution Relationship on Terraces and Steep Hillslope, *Soil Science Society of America Journal*, 65 (5), 1500-1508.
- Liebig, M. A., Tanaka, D. L. ve Wienhold, B. J., 2004, Tillage and cropping effects on soil quality indicators in the northern Great Plains, *Soil and Tillage Research*, 78 (2), 131-141.
- Linden, D. R., Hendrix, P. F., Coleman, D. C. ve van Vliet, P. C., 1994, Faunal Indicators of Soil Quality 1, *Defining soil quality for a sustainable environment* (definingsoilqua), 91-106.
- Lindsay, W. L. ve Norvell, W. A., 1978, Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper 1, *Soil Science Society of America Journal*, 42 (3), 421-428.
- Liu, Z., Zhou, W., Shen, J., Li, S., He, P. ve Liang, G., 2014, Soil quality assessment of Albic soils with different productivities for eastern China, *Soil and Tillage Research*, 140, 74-81.
- Logsdon, S. D. ve Karlen, D. L., 2004, Bulk density as a soil quality indicator during conversion to no-tillage, *Soil and Tillage Research*, 78 (2), 143-149.
- Lu, J., Jiang, P., Wu, L. ve Chang, A. C., 2008, Assessing soil quality data by positive matrix factorization, *Geoderma*, 145 (3), 259-266.
- Magdoff, F. ve Van Es, H., 2000, Building soils for better crops, Sustainable Agriculture Network Beltsville, p.
- Mairura, F. S., Mugendi, D. N., Mwanje, J. I., Ramisch, J. J., Mbugua, P. K. ve Chianu, J. N., 2007, Integrating scientific and farmers' evaluation of soil quality indicators in Central Kenya, *Geoderma*, 139 (1), 134-143.
- Marzaioli, R., D'Ascoli, R., De Pascale, R. A. ve Rutigliano, F. A., 2010, Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types, *Applied Soil Ecology*, 44 (3), 205-212.

- Masto, R. E., Chhonkar, P. K., Singh, D. ve Patra, A. K., 2007, Soil quality response to long-term nutrient and crop management on a semi-arid Inceptisol, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118 (1), 130-142.
- MGM, 2019, 2013-2014 yılları genel iklim verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Moebius-Clune, B., Moebius-Clune, D., Gugino, B., Idowu, O., Schindelbeck, R. ve Ristow, A., 2016, Comprehensive assessment of soil health: The Cornell Framework Manual, Edition 3.1, Cornell Univ., Ithaca, NY.
- Moebius-Clune, B. N., Idowu, O. J., Schindelbeck, R. R., van Es, H. M., Wolfe, D. W., Abawi, G. S. ve Gugino, B. K., 2011, Developing Standard Protocols for Soil Quality Monitoring and Assessment, Dordrecht, 833-842.
- Moebius, B. N., van Es, H. M., Schindelbeck, R. R., Idowu, O. J., Clune, D. J. ve Thies, J. E., 2007, Evaluation of laboratory-measured soil properties as indicators of soil physical quality, *Soil Science*, 172 (11), 895-912.
- Mojiri, A., Kazemi, Z. ve Amirossadat, Z., 2011, Effects of land use changes and hillslope position on soil quality attributes (A case study: Fereydoonshahr, Iran), *African journal of Agricultural research*, 6 (5), 1114-1119.
- Montgomery, D. R., 2012, *Dirt: the erosion of civilizations*, Univ of California Press, p.
- Moreno, B., Garcia-Rodriguez, S., Cañizares, R., Castro, J. ve Benítez, E., 2009, Rainfed olive farming in south-eastern Spain: Long-term effect of soil management on biological indicators of soil quality, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 131 (3), 333-339.
- Mukherjee, A. ve Lal, R., 2014, Comparison of Soil Quality Index Using Three Methods, *PLOS ONE*, 9 (8), e105981.
- Munsuz, N., Çaycı, G., Sueri, A., Turhan, M., Kibar, M., Akıncı, N., Mühürdaroğlu, T. ve Erel, K., 1996, İçanadolu Bölgesi Şeker Fabrikaları Pancar Ekim Alanı Topraklarının Kil Mineralleri ile Potasyum Sağlama Kapasiteleri Arasındaki İlişkiler, *Türkiye Şeker Fabrikaları AŞ Yayın* (217).
- Nael, M., Khademi, H. ve Hajabbasi, M. A., 2004, Response of soil quality indicators and their spatial variability to land degradation in central Iran, *Applied Soil Ecology*, 27 (3), 221-232.
- Nakajima, T., Lal, R. ve Jiang, S., 2015, Soil quality index of a crosby silt loam in central Ohio, *Soil and Tillage Research*, 146, 323-328.
- Nannipieri, P., Grego, S., Ceccanti, B., Bollag, J. ve Stotzky, G., 1990, Ecological significance of the biological activity in soil, *Soil biochemistry*, 6.

- Nawaz, M. F., Bourrié, G. ve Trolard, F., 2013, Soil compaction impact and modelling. A review, *Agronomy for Sustainable Development*, 33 (2), 291-309.
- Negiş, H., Şeker, C. ve Gümüş, İ., 2016, Dönemsel Tarla Trafikinin Şeker Pancarı Tarımında Toprak Sıkışmasına Etkisi, *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3 (1), 103-107.
- Negiş, H., Gümüş, İ. ve Şeker, C., 2017, Effects of Four Different Crops Harvest Processes on Soils Compaction, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2. Uluslararası Balkan Tarım Kongresi (16-18 Mayıs 2017) Özel Sayısı.
- Nelson, D. W. ve Sommers, L. E., 1996, Total carbon, organic carbon, and organic matter, *Methods of soil analysis part 3—chemical methods (methodsofsoilan3)*, 961-1010.
- Ngo-Mbogba, M., Yemefack, M. ve Nyeck, B., 2015, Assessing soil quality under different land cover types within shifting agriculture in South Cameroon, *Soil and Tillage Research*, 150, 124-131.
- Nortcliff, S., 2002, Standardisation of soil quality attributes, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88 (2), 161-168.
- Olsen, S., Sommers, L. ve Page, A., 1982, Methods of soil analysis. Part 2, *Chemical and microbiological properties of Phosphorus. ASA Monograph*, 9, 403-430.
- Özbek, A. K., 2004, Aşağı Pasinler ovası topraklarının toprak kalite indeks parametreleri bakımından değerlendirilmesi, *Ekoloji*, 13 (51), 39-44.
- Özdamar, K., 2013, Paket programlar ile istatistiksel veri analizi: MINITAB 16-IBM SPSS 21, Nisan Kitabevi, p.
- Özgöz, E., Günel, H., Acir, N., Gökmen, F., Birol, M. ve Budak, M., 2013, Soil quality and spatial variability assessment of land use effects in a typic haplustoll, *Land Degradation & Development*, 24 (3), 277-286.
- Özülü, M. ve Özaytekin, H. H., 2011, Impact of land use changes on soil organic carbon, nutrient content, and cation exchange capacity of fine fractions in a semi-arid region of Central Anatolia, *Trends in Soil Science and Plant Nutrition*, 2 (1), 7-16.
- Parr, J. F., Papendick, R. I., Hornick, S. B. ve Meyer, R. E., 1992, Soil quality: Attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture, *American Journal of Alternative Agriculture*, 7 (1-2), 5-11.

- Pascual, J., García, C. ve Hernandez, T., 1999, Lasting microbiological and biochemical effects of the addition of municipal solid waste to an arid soil, *Biology and Fertility of Soils*, 30 (1-2), 1-6.
- Paz-Kagan, T., Shachak, M., Zaady, E. ve Karnieli, A., 2014a, A spectral soil quality index (SSQI) for characterizing soil function in areas of changed land use, *Geoderma*, 230-231, 171-184.
- Paz-Kagan, T., Shachak, M., Zaady, E. ve Karnieli, A., 2014b, Evaluation of ecosystem responses to land-use change using soil quality and primary productivity in a semi-arid area, Israel, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 193, 9-24.
- Pierce, F. J. ve Larson, W., 1993, Developing criteria to evaluate sustainable land management, *Proceedings of the eighth international soil management workshop: utilization of soil survey information for sustainable land use*, 7-14.
- Powers, R. F., Tiarks, A. E. ve Boyle, J. R., 1998, Assessing soil quality: practicable standards for sustainable forest productivity in the United States, *In: Davidson, EA, ed. Criteria and indicators of soil quality for sustainable forest productivity. Madison, WA: Special Publication 53 of the Soil Science Society of America: 53-80*, 53, 53-80.
- Puget, P., Chenu, C. ve Balesdent, J., 2000, Dynamics of soil organic matter associated with particle- size fractions of water- stable aggregates, *European Journal of Soil Science*, 51 (4), 595-605.
- Pulido Moncada, M., Gabriels, D. ve Cornelis, W. M., 2014, Data-driven analysis of soil quality indicators using limited data, *Geoderma*, 235-236, 271-278.
- Qi, Y., Darilek, J. L., Huang, B., Zhao, Y., Sun, W. ve Gu, Z., 2009, Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China, *Geoderma*, 149 (3), 325-334.
- Rahmanipour, F., Marzaioli, R., Bahrami, H. A., Fereidouni, Z. ve Bandarabadi, S. R., 2014, Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran, *Ecological Indicators*, 40, 19-26.
- Rashidi, M., Seilsepour, M., Ranjbar, I., Gholami, M. ve Abbassi, S., 2010, Evaluation of some soil quality indicators in the Varamin region, Iran, *World Applied Sciences Journal*, 9 (1), 101-108.
- Ray, S., Bhattacharyya, T., Reddy, K., Pal, D., Chandran, P., Tiwary, P., Mandal, D., Mandal, C., Prasad, J. ve Sarkar, D., 2014, Soil and land quality indicators of the Indo-Gangetic Plains of India, *Current Science*, 1470-1486.

- Reganold, J. P. ve Palmer, A. S., 1995, Significance of gravimetric versus volumetric measurements of soil quality under biodynamic, conventional, and continuous grass management, *Journal of Soil and Water Conservation*, 50 (3), 298-305.
- Rezaei, S. A., Gilkes, R. J. ve Andrews, S. S., 2006, A minimum data set for assessing soil quality in rangelands, *Geoderma*, 136 (1), 229-234.
- Rice, C. W., Moorman, T. B. ve Beare, M., 1996, Role of Microbial Biomass Carbon and Nitrogen in Soil Quality 1, *Methods for assessing soil quality (methodsforasses)*, 203-215.
- Riches, D., Porter, I., Oliver, D., Bramley, R., Rawnsley, B., Edwards, J. ve White, R. E., 2013, soil biological properties as indicators of soil quality in Australian viticulture, *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19 (3), 311-323.
- Ruf, A., Beck, L., Dreher, P., Hund-Rinke, K., Römbke, J. ve Spelda, J., 2003, A biological classification concept for the assessment of soil quality: “biological soil classification scheme” (BBSK), *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98 (1), 263-271.
- Sacco, D., Moretti, B., Monaco, S. ve Grignani, C., 2015, Six-year transition from conventional to organic farming: effects on crop production and soil quality, *European Journal of Agronomy*, 69, 10-20.
- Sánchez-Navarro, A., Gil-Vázquez, J. M., Delgado-Iniesta, M. J., Marín-Sanleandro, P., Blanco-Bernardeau, A. ve Ortiz-Silla, R., 2015, Establishing an index and identification of limiting parameters for characterizing soil quality in Mediterranean ecosystems, *CATENA*, 131, 35-45.
- Sanchez, P. A. ve Swaminathan, M., 2005, Hunger in Africa: the link between unhealthy people and unhealthy soils, *The Lancet*, 365 (9457), 442-444.
- Saviozzi, A., Levi-Minzi, R., Cardelli, R. ve Riffaldi, R., 2001, A comparison of soil quality in adjacent cultivated, forest and native grassland soils, *Plant and Soil*, 233 (2), 251-259.
- Schindelbeck, R. ve van Es, H., 2010, Understanding and managing your soil using the Cornell Soil Health Test, *Proceedings of the Fourteenth Australian Wine Industry Technical Conference, Adelaide, SA, Australia*, 3-8.
- Schindelbeck, R. R., van Es, H. M., Abawi, G. S., Wolfe, D. W., Whitlow, T. L., Gugino, B. K., Idowu, O. J. ve Moebius-Clune, B. N., 2008, Comprehensive assessment of soil quality for landscape and urban management, *Landscape and Urban Planning*, 88 (2), 73-80.

- Sharif, M. ve Moawad, A., 2006, Arbuscular mycorrhizal incidence and infectivity of crops in north west frontier province of Pakistan, *World J Agric Sci*, 2, 123-132.
- Sharma, K. L., Grace, J. K., Mandal, U. K., Gajbhiye, P. N., Srinivas, K., Korwar, G. R., Hima Bindu, V., Ramesh, V., Ramachandran, K. ve Yadav, S. K., 2008, Evaluation of long-term soil management practices using key indicators and soil quality indices in a semi-arid tropical Alfisol, *Soil Research*, 46 (4), 368-377.
- Sherwood, S. ve Uphoff, N., 2000, Soil health: research, practice and policy for a more regenerative agriculture, *Applied Soil Ecology*, 15 (1), 85-97.
- Shirani, H., Habibi, M., Besalatpour, A. A. ve Esfandiarpour, I., 2015, Determining the features influencing physical quality of calcareous soils in a semiarid region of Iran using a hybrid PSO-DT algorithm, *Geoderma*, 259-260, 1-11.
- Shukla, M., Lal, R. ve Ebinger, M., 2004, Soil Quality Indicators For The North Appalachian Experimentalwatersheds In Coshocton Ohio, *Soil Science*, 169 (3), 195-205.
- Shukla, M. K., Lal, R. ve Ebinger, M., 2006, Determining soil quality indicators by factor analysis, *Soil and Tillage Research*, 87 (2), 194-204.
- Sillianpa, M., 1990, Micronutrient assessment at the country level: an international study. 1990, *FAO-Soils Bulletin* (63).
- Singh, L. ve Singh, J., 1993, Importance of short- lived components of a dry tropical forest for biomass production and nutrient cycling, *Journal of Vegetation Science*, 4 (5), 681-686.
- Singh, S. R., Kundu, D. K., Tripathi, M. K., Dey, P., Saha, A. R., Kumar, M., Singh, I. ve Mahapatra, B. S., 2015, Impact of balanced fertilization on nutrient acquisition, fibre yield of jute and soil quality in New Gangetic alluvial soils of India, *Applied Soil Ecology*, 92, 24-34.
- Smith, P., House, J. I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G., West, P. C., Clark, J. M., Adhya, T., Rumpel, C., Paustian, K., Kuikman, P., Cotrufo, M. F., Elliott, J. A., McDowell, R., Griffiths, R. I., Asakawa, S., Bondeau, A., Jain, A. K., Meersmans, J. ve Pugh, T. A. M., 2016, Global change pressures on soils from land use and management, *Global Change Biology*, 22 (3), 1008-1028.
- Sumner, M. E., 1999, Handbook of soil science, CRC press, p.
- Swanepoel, P. A., du Preez, C. C., Botha, P. R., Snyman, H. A. ve Habig, J., 2014, Soil quality characteristics of kikuyu–ryegrass pastures in South Africa, *Geoderma*, 232-234, 589-599.

- Şeker, C. ve Karakaplan, S., 1999, Relationships of modulus of rupture to soil properties in Konya plain, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (2), 183-190.
- Şeker, C. ve Işıldar, A., 2000, Tarla trafiğinin toprak profilindeki gözenekliliğe ve sıkışmaya etkisi, *Türk J. Agric. For*, 24, 71-77.
- Şeker, C., Özaytekin, H. H., Negiş, H., Gümüş, İ., Dedeoğlu, M., Atmaca, E. ve Karaca, Ü., 2017a, 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.
- Şeker, C., Özaytekin, H. H., Negiş, H., Gümüş, İ., Dedeoğlu, M., Atmaca, E. ve Karaca, Ü., 2017b, Identification of regional soil quality factors and indicators: a case study on an alluvial plain (central Turkey), *Solid Earth*, 8 (3), 583-595.
- Tatlidil, H., 2002, Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel analiz, Engin Yayınları, p.
- Tesfahunegn, G. B., Tamene, L. ve Vlek, P. L. G., 2011a, Evaluation of soil quality identified by local farmers in Mai-Negus catchment, northern Ethiopia, *Geoderma*, 163 (3), 209-218.
- Tesfahunegn, G. B., Tamene, L. ve Vlek, P. L. G., 2011b, A participatory soil quality assessment in Northern Ethiopia's Mai-Negus catchment, *CATENA*, 86 (1), 1-13.
- Tesfahunegn, G. B., 2016, Soil Quality Indicators Response to Land Use and Soil Management Systems in Northern Ethiopia's Catchment, *Land Degradation & Development*, 27 (2), 438-448.
- Thalman, A., 1968, Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenaseaktivität im Boden mittels triphenyltetrazoliumchlorid (TTC), *Landwirtsch Forsch.*, 21, 249-258.
- Tiwari, M. R., Khanal, S., Shrestha, B. ve Jha, R. K., 2006, Nutritional variation of different feed ingredients and compound feed found in different parts of Nepal, *Nepal Agriculture Research Journal*, 7, 75-81.
- Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., de Ruiter, P. C., van der Putten, W. H., Birkhofer, K., Hemerik, L., de Vries, F. T., Bardgett, R. D., Brady, M. V., Bjornlund, L., Jørgensen, H. B., Christensen, S., Hertefeldt, T. D., Hotes, S., Gera Hol, W. H., Frouz, J., Liiri, M., Mortimer, S. R., Setälä, H., Tzanopoulos, J., Uteseny, K., Pižl, V., Stary, J., Wolters, V. ve Hedlund, K., 2015, Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe, *Global Change Biology*, 21 (2), 973-985.

- Ülgen, A. N. ve Yurtsever, N., 1995, Türkiye gübre ve gübreleme rehberi, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, p.
- Viana, R. M., Ferraz, J. B. S., Neves, A. F., Vieira, G. ve Pereira, B. F. F., 2014, Soil quality indicators for different restoration stages on Amazon rainforest, *Soil and Tillage Research*, 140, 1-7.
- Visser, S. ve Parkinson, D., 1992, Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil microorganisms, *American Journal of Alternative Agriculture*, 7 (1-2), 33-37.
- Wander, M. ve Nissen, T., 2004, Value of Soil Organic Carbon in Agricultural Lands, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 9 (4), 417-431.
- Wander, M. M. ve Drinkwater, L. E., 2000, Fostering soil stewardship through soil quality assessment, *Applied Soil Ecology*, 15 (1), 61-73.
- Wang, J., Fu, B., Qiu, Y. ve Chen, L., 2003, Analysis on soil nutrient characteristics for sustainable land use in Danangou catchment of the Loess Plateau, China, *CATENA*, 54 (1-2), 17-29.
- Warkentin, B. P., 1995, The changing concept of soil quality, *Journal of Soil and Water Conservation*, 50 (3), 226-228.
- Whalen, J. K. ve Sampedro, L., 2010, Soil ecology and management, CABI, p.
- Wienhold, B. J., Karlen, D. L., Andrews, S. S. ve Stott, D. E., 2009, Protocol for indicator scoring in the soil management assessment framework (SMAF), *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24 (4), 260-266.
- Wilson, B. R., Koen, T. B., Barnes, P., Ghosh, S. ve King, D., 2011, Soil carbon and related soil properties along a soil type and land-use intensity gradient, New South Wales, Australia, *Soil Use and Management*, 27 (4), 437-447.
- Wright, A. F. ve Bailey, J. S., 2001, Organic carbon, total carbon, and total nitrogen determinations in soils of variable calcium carbonate contents using a Leco CN-2000 dry combustion analyzer AU - Wright, Alan F, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32 (19-20), 3243-3258.
- Yakovchenko, V., Sikora, L. J. ve Kaufman, D. D., 1996, A biologically based indicator of soil quality, *Biology and Fertility of Soils*, 21 (4), 245-251.
- Yang, J., Kim, S., Ok, Y., Lee, H., Kim, D. ve Kim, K., 2010, Determining minimum data set for soil quality assessment of organic farming system in Korea, *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, 1-6.

- Yao, R.-J., Yang, J.-S., Zhang, T.-J., Gao, P., Yu, S.-P. ve Wang, X.-P., 2013, Short-term effect of cultivation and crop rotation systems on soil quality indicators in a coastal newly reclaimed farming area, *Journal of Soils and Sediments*, 13 (8), 1335-1350.
- Yemefack, M., Jetten, V. G. ve Rossiter, D. G., 2006, Developing a minimum data set for characterizing soil dynamics in shifting cultivation systems, *Soil and Tillage Research*, 86 (1), 84-98.
- Zdruli, P., Calabrese, J., Ladisa, G. ve Otekhile, A., 2014, Impacts of land cover change on soil quality of manmade soils cultivated with table grapes in the Apulia Region of south-eastern Italy, *CATENA*, 121, 13-21.
- Zhong, L. ve Qiguo, Z., 2001, Organic carbon content and distribution in soils under different land uses in tropical and subtropical China, *Plant and Soil*, 231 (2), 175-185.
- Zornoza, R., Mataix-Solera, J., Guerrero, C., Arcenegui, V., García-Orenes, F., Mataix-Beneyto, J. ve Morugán, A., 2007, Evaluation of soil quality using multiple lineal regression based on physical, chemical and biochemical properties, *Science of The Total Environment*, 378 (1), 233-237.
- Zuber, S. M., Behnke, G. D., Nafziger, E. D. ve Villamil, M. B., 2015, Crop Rotation and Tillage Effects on Soil Physical and Chemical Properties in Illinois, *Agronomy Journal*, 107 (3), 971-978.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hamza NEGİŞ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya 12/09/1985
Telefon : 0533 659 1181
Faks : 0332 241 0108
e-mail : hnegis@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: A.Ö.L. Selçuklu Konya	2003
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2009
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2014
Doktora	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2014	Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi	Öğr. Gör.

UZMANLIK ALANI

Toprak kalitesi, Toprak mekaniği, Toprak Fiziki

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Seker Cevdet, Özaytekin Hasan Hüseyin, Negiş Hamza, Gümüş İlknur, Dedeoğlu Mert, Atmaca Emel, Çetin Karaca Ümmühan (2017). Identification of regional soil quality factors and indicators: a case study on an alluvial plain (central Turkey). SOLID EARTH, 8(3), 583-595., Doi: 10.5194/se-8-583-2017

Negiş Hamza, Gümüş İlknur, Şeker Cevdet (2017). Effects of Four Different Crops Harvest Processes on Soils Compaction. Tekirdag Ziraat Fakültesi Dergisi.

Seker Cevdet, Özaytekin Hasan Hüseyin, Negiş Hamza, Gümüş İlknur, Dedeoğlu Mert, Atmaca Emel, Çetin Karaca Ümmühan (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), Doi: 10.1007/s10661-017-5848-z.

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

Akay Ayşen, Şeker Cevdet, Negiş Hamza (2018). Effect of Enhanced Elemental Sulphur Doses on pH Value of an Excessive Calcareous Soil. II. International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress (Özet Bildiri/Sözlü Sunum).

Şeker Cevdet, Negiş Hamza, Urlu İsmail Hakkı, Gümüş İlknur, Özaytekin Hasan Hüseyin, Atmaca Emel, Çetin Karaca Ümmühan (2018). Different Textured Soils Quality Scores: Cornell Soil Health Assessment and Soil Management Assessment Framework. I.International Agricultural Science Congress, 567.

Negiş Hamza, Gümüş İlknur, Şeker Cevdet (2017). Determination of the Effects of Harvest Processes Applied to Four Different Crops on the Physical Properties of Soils. 2nd International Balkan Agriculture Congress.

Negiş Hamza, Şeker Cevdet, Özaytekin Hasan Hüseyin, Gümüş İlknur, Dedeoğlu Mert, Atmaca Emel, Çetin Karaca Ümmühan (2017). Determination of Biological Soil Quality Score in Sugar Beet Made Culture. The International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies.

Negiş Hamza, Şeker Cevdet, Özaytekin Hasan Hüseyin, Gümüş İlknur, Atmaca Emel, Karaca Ümmühan (2016). Determination Of Chemical Soil Quality Score In Sugar Beet Made Culture. 2 ND International Conference on Science, Ecology and Technology- 2016 (ICONSETE'2016) (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum).

Gümüş İlknur, Şeker Cevdet, Özaytekin Hasan Hüseyin, Negiş Hamza, Urlu İsmail Hakkı, Atmaca Emel, Karaca Ümmühan (2016). Determination of physical soil quality score in sugar beet made culture. 2 ND international conference on science, ecology and technology-2016 (ICONSETE'2016).

D. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Atmaca Emel, Karaca Ümmühan, Şeker Cevdet, Özaytekin Hasan Hüseyin, Gümüş İlknur, Negiş Hamza (2016). Çumra Ovasında Buğday Tarımı Yapılan Alanlarda Arbusküler Mikorizal Spor Dağılım Durumu. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi

Karaca Ümmühan, Atmaca Emel, Şeker Cevdet, Özaytekin Hasan Hüseyin, Gümüş İlknur, Negiş Hamza (2016). Konya şartlarında yaygın toprak serilerinde biyolojik aktivite ile organik madde arasındaki ilişkiler. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi

Atmaca Emel, Karaca Ümmühan, Şeker Cevdet, Özaytekin Hasan Hüseyin, Gümüş İlknur, Negiş Hamza (2016). Aynı toprak serisindeki arbusküler mikorizal

fungus Spor varlığına bitki farklılığının Etkisi. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 3(1), 108-112.

Gümüş İlknur, Dedeoğlu Mert, Şeker Cevdet, Özaytekin Hasan Hüseyin, Karaca Ümmühan, Atmaca Emel, Negiş Hamza (2016). Toprağın su depolama kapasitesi yaklaşımıyla kuraklık etkisinin değerlendirilmesi. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 3(1), 113-116.

Negiş Hamza, Şeker Cevdet, Gümüş İlknur (2016). Dönemsel tarla trafiğinin seker pancarı tarımında toprak sıkışmasına etkisi. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 3(1), 103-107.

Gümüş İlknur, Şeker Cevdet, Negiş Hamza, Özaytekin Hasan Hüseyin, Atmaca Emel, Karaca Ümmühan (2016). Buğday ekili alanlarda agregat stabilitesine etki eden faktörlerin belirlenmesi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 0(0), 236, Doi: 10.17100/nevbiltek.06676.

Negiş Hamza, Şeker Cevdet, Gümüş İlknur, Özaytekin Hasan Hüseyin, Atmaca Emel, Karaca Ümmühan (2016). Seker Pancarı Tarımında Penetrasyon Direncinin Belirlenmesi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 0(0), 272-279., Doi: 10.17100/nevbiltek.35371.