



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FINDIK ZURUFU VE BİYOKÖMÜRÜ İLE
EKSTRAKSİYONLARININ TOPRAK KALİTESİ VE
EKMEKLİK BUĞDAY GELİŞİMİNE ETKİLERİ**

SELAHATTİN AYGÜN

DOKTORA TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ORDU 2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

SELAHATTİN AYGÜN

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün B-2014 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

FINDIK ZURUFU VE BİYOKÖMÜRÜ İLE EKSTRAKSİYONLARININ TOPRAK KALİTESİ VE EKMEKLİK BUĞDAY GELİŞİMİNE ETKİLERİ

SELAHATTİN AYGÜN

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ, 109 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. DAMLA BENDER ÖZENCİ)

Bu tez çalışmasında, 2019-2020 yıllarında yürütülen tarla denemeleri ile buğday bitkisi yetiştirilen kumlu tın toprağa fındık zurufu ve zuruftan üretilen biyokömür ve bunlardan elde edilen çayların uygulanması ile toprak kalitesi ve bitki gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneme tesadüf blokları faktöriyel deneme desenine göre, dört farklı uygulama (zuruf, zuruf çayı, biyokömür, biyokömür çayı), dört doz (0-1-2-3 t/da) ve 3 paralelli olarak 2 yıl yürütülmüştür. Toprak kalitesini değerlendirmek için her yıl toprakların bazı fiziksel ve kimyasal göstergeleri, ayrıca buğday bitkisinin morfolojik, verim ve temel besin elementi içerikleri belirlenmiştir.

Kumlu tın toprağın incelenen özelliklerin çoğunda biyokömür uygulaması öne çıkmış, doz artışına bağlı olarak özellikler de artmış, 2 t/da dozu yeterli bulunmuştur. Toprak kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla incelenen fiziksel ve kimyasal toprak göstergeleri ile buğday tane verimi arasındaki korelasyon ilişkileri dikkate alınarak potansiyel kalite göstergelerinin yer aldığı minimum veri seti oluşturulmuştur. Seçilen potansiyel toprak göstergelerine uygulanan temel bileşenler analizi ile organik madde, toplam azot, değişebilir potasyum, yarayışlı fosfor, elektriksel iletkenlik, solma noktası, makro-mikropor içerikleri nihai kalite göstergeleri olarak belirlenmiştir. Nihai kalite göstergelerinden hesaplanan toprak kalite indeksine göre, organik madde ve değişebilir potasyum en yüksek ağırlığa sahip, mikropor en düşük ağırlığa sahip toprak kalite göstergesi olarak belirlenmiştir. Tüm değişkenlerin etkisi dikkate alındığında, 2. yıl biyokömür uygulamasının 3 t/da dozu toprak kalitesine en yüksek etkiyi yapan uygulama olmuştur.

Buğday bitkisinin boy, başak uzunluğu ve hasat indeksi değerleri dışında incelenen diğer özellikleri denemenin 2. yılında daha yüksek bulunmuştur. Uygulama dozu arttıkça gelişim ve verimde artış meydana gelmiş, 2 t/da dozu yeterli bulunmuştur. Diğer yandan, bitkide toplam azot ve toplam fosfor içeriği 1. yıl, toplam potasyum içeriği ise 2. yıl daha yüksek bulundu. Biyokömür ve zuruf materyallerinin 3 t/da dozu etkili doz olarak belirlenmiştir. Genel olarak bitki gelişimi ve besin elementi içeriklerinde materyallerden net olarak öne çıkan bulunmamıştır. Bu nedenle, tarla koşullarında daha uzun süreli denemelerin yürütülmesi gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyokömür, Ekstraksiyon, Fındık Zurufu, *Triticum Aestivum*.

ABSTRACT

THE EFFECTS OF HAZELNUT HUSK AND BIOCHAR EXTRACTIONS ON SOIL QUALITY AND BREAD WHEAT DEVELOPMENT

SELAHATTİN AYGÜN

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION
PHD THESIS, 109 PAGES

SUPERVISOR: Prof. Dr. DAMLA BENDER ÖZENÇ

In the study carried out in field conditions in 2019-2020, the effects on soil quality and plant growth with applying hazelnut husk, biochar and tea produced from them in sandy loam soil where wheat are grown were investigated. The experiment was carried out in randomized blocks factorial design, four different applications (hazelnut husk, husk tea, biochar, biochar tea), four doses (0-1-2-3 t/da) and 3 parallels for 2 years. In order to evaluate the soil quality, some physical and chemical properties of the soils, as well as the morphological, yield and basic nutrient contents of the wheat plant were determined in every year.

In most of the investigated properties of sandy loam soil, biochar application became prominent, the properties increased depending on the dose increase, 2 t/da dose was found to be sufficient. Considering the correlation relations between the physical and chemical soil properties and wheat grain yield examined in order to evaluate the soil quality, the minimum data set containing the potential quality indicators was created. Organic matter, total nitrogen, exchangeable potassium, available phosphorus, electrical conductivity, wilting point and macro-micropore contents were determined as final quality indicators by the principal component analysis applied to the selected potential soil indicators. According to the soil quality index calculated from the final quality indicators, organic matter and exchangeable potassium were determined as the highest weight and micropore was determined as the lowest weight soil quality indicator. Considering the effect of all variables, 3 t/da dose of biochar application in the 2nd year was in the highest quality class in soil quality classification.

Apart from the height, ear length and harvest index values of the wheat plant, the other properties examined were found to be higher in the second year of the experiment. As the application dose increased, there was an increase in growth and yield, and the dose of 2 t/da was found to be sufficient. On the other hand, the total nitrogen and total phosphorus content of the plant was higher in the first year, and the total potassium content in the second year was higher. 3 t/da dose of biochar and husk materials was determined as the effective dose. In general, plant growth and nutrient content were not found to be clearly prominent among the materials. Therefore, it is thought that longer-term trials should be conducted under field conditions.

Keywords: Biochar, Extraction, Hazelnut Husk, *Triticum Aestivum*.

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi, alıőmanın yürütölmesi ve yazımı esnasında başta danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Damla BENDER ÖZENÇ'e, tez yazım aőamasındaki katkılarından ötürü Sayın Doç. Dr. Mustafa SAĞLAM'a ve Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ndeki tüm değerli hocalarıma sağladıkları desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Çalıőmalarım sırasında desteğini, sabrını ve anlayıőını esirgemeyen Araştırma Görevlisi Yunus Emre ALTUNÇ'a, Araştırma Görevlisi Sefa GÜN'e, Araştırma Görevlisi Uğur YİĞİT'e, Araştırma Görevlisi Mert ACAR'a, Arő. Gör. Özlem ETE AYDEMİR'e, Ziraat Yüksek Mühendisi Umut ATEŐ'e, Ziraat Yüksek Mühendisi Aykut ÇAĞLAR'a teşekkür ederim.

Aynı zamanda, manevi desteklerini her an üzerimde hissettiğim babam, annem ve kızım Elif Erva AYGÜN'e teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI
ÇİZELGE LİSTESİ	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	VIII
EKLER LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	8
2.1 Fındık Zurufu İle İlgili Yapılan Çalışmalar	8
2.2 Biyokömür İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	10
2.3 Organik Atık Ekstraktı İle İlgili Yapılan Çalışmalar	20
3. MATERYAL ve YÖNTEM	24
3.1 Materyal	24
3.2 Denemenin Kurulması.....	25
3.3 Yöntem	28
3.3.1 Deneme Materyallerinde Yapılan Analizler	28
3.3.1.1 Fındık Zurufu ve Biyokömürde Yapılan Analizler	28
3.3.1.2 Fındık Zurufu Çayı ve Biyokömür Çayında Yapılan Analizler	29
3.3.2 Toprak Örneklerinde Yapılan Analizler	29
3.3.3 Bitki Örneklerinde Yapılan Analizler	31
3.3.4 Toprak Kalite Değerlendirmesi.....	32
3.3.4.1 Kalite Göstergelerinin Seçimi	32
3.3.4.2 Temel bileşen analizi.....	33
3.3.4.3 Ağırlık atamaları	33
3.3.4.4 Göstergelerin Skorlaması	33
3.3.4.5 Toprak Kalite İndeksinin Hesaplanması	34
3.4 İstatistik analizler	35
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	36
4.1. Toprak Kalite Göstergelerinin Seçimi.....	36
4.2 Toprak Kalitesinin Değerlendirmesi	39
4.3 Buğday Bitkisinin Bazı Gelişim Özellikleri.....	53
4.3.1 Bitki Boyu ve Başak Uzunluğu.....	53
4.3.2 Bayrak Yaprak Alanı, m ² 'deki Başak Sayısı, Başakta Tane Sayısı.....	56
4.3.3 Bin Tane Ağırlığı, Tane Verimi, Hektolitreye Ağırlığı ve Hasat İndeksi.....	61
4.3.4 Bitki Toplam Azot, Fosfor ve Potasyum İçerikleri	70
4.3.4.1 Toplam Fosfor İçeriği.....	73
4.3.4.2 Toplam Potasyum.....	77
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	81
6. KAYNAKLAR	83
EKLER	102
ÖZGEÇMİŞ	107

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 a) Zuruf b) Zuruf Biyokömürü c) Zuruf Çayı d) Biyokömür Çayı	25
Şekil 3.2 Deneme Arazisi Parsellerine Ait Görünüm	25
Şekil 3.3 Deneme Arazisinden 1. Yıl Toprak Örneklemesi ve Buğday Hasatı	27
Şekil 3.4 Deneme Arazisinden 2. Yıl Toprak Örneklemesi ve Buğday Hasatı	28
Şekil 4.1 a) Yılların Bitki Boyu Üzerine Etkisi b) Uygulamaların Bitki Boyu Üzerine Etkisi c) Dozların Bitki Boyu Üzerine Etkisi d) Yılların Başak Uzunluğu Üzerine Etkisi.....	55
Şekil 4.2 a) Yılların Bayrak Yaprak Alanı Üzerine Etkisi b) Dozların Bayrak Yaprak Alanı Üzerine Etkisi	57
Şekil 4.3 a) Yılların m ² 'de BS Üzerine Etkisi b) Dozların m ² 'de BS Üzerine Etkisi c) Yıl x Uygulama İnteraksiyonunun m ² 'de BS Üzerine Etkisi.....	59
Şekil 4.4 a) Yılların Başakta Tane Sayısı Üzerine Etkisi b) Dozların Başakta Tane Sayısı Üzerine Etkisi c) Yıl x Doz İnteraksiyonunun Başakta Tane Sayısı Üzerine Etkisi.....	61
Şekil 4.5 a) Yılların Bin Tane Ağırlığı Üzerine Etkisi b) Dozların Bin Tane Ağırlığı Üzerine Etkisi.....	64
Şekil 4.6 a) Yılların Tane Verimi Üzerine Etkisi b) Dozların Tane Verimi Üzerine Etkisi c) Yıl d Doz İnteraksiyonunun Tane Verimi Üzerine Etkisi	66
Şekil 4.7 a) Yılların Hektolitre Ağırlığı Üzerine Etkisi b) Dozların Hektolitre Ağırlığı Üzerine Etkisi.....	67
Şekil 4.8 a) Dozların Hasat İndeksi Üzerine Etkisi b) Yıl x Doz İnteraksiyonunun Hasat İndeksi Üzerine Etkisi c) Uygulama x Doz İnteraksiyonunun Hasat İndeksi Üzerine Etkisi	69
Şekil 4.9 a) Yılların Toplam Azot Üzerine Etkisi b) Dozların Toplam Azot Üzerine Etkisi c) Yıl x Doz İnteraksiyonunun Toplam Azot Üzerine Etkisi	73
Şekil 4.10 a) Yılların Toplam Fosfor Üzerine Etkisi b) Uygulamaların Toplam Fosfor Üzerine Etkisi c) Dozların Toplam Fosfor Üzerine Etkisi d) Yıl x Doz İnteraksiyonunun Toplam Fosfor Üzerine Etkisi e) Yıl x Uygulama İnteraksiyonunun Toplam Fosfor Üzerine Etkisi	76
Şekil 4.11 a) Uygulamaların Toplam Potasyum Üzerine Etkisi b) Dozların Toplam Potasyum Üzerine Etkisi c) Yıl x Doz İnteraksiyonunun Toplam Potasyum Üzerine Etkisi.....	79

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Deneme Alanı Toprağına Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri.....	24
Çizelge 3.2 Deneme Materyallerine Ait Bazı Kimyasal Özellikler	25
Çizelge 3.3 Deneme Yıllarına Ait İklim Verileri.....	26
Çizelge 3.4 Toprak Kalite Sınıflandırması	35
Çizelge 4.1 Uygulamalar Sonrası Toprak Fiziko-Kimyasal Özellikleri (2019)	38
Çizelge 4.2 Uygulamalar Sonrası Toprak Fiziko-Kimyasal Özellikleri (2020)	39
Çizelge 4.3 Zuruf Uygulaması Yapılan Topraklarda Buğday Tane Verimi ile Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Arasındaki Korelasyon	42
Çizelge 4.4 Biyokömür Uygulaması Yapılan Topraklarda Buğday Tane Verimi ile Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Arasındaki Korelasyon	43
Çizelge 4.6 Biyokömür Çayı Uygulaması Yapılan Topraklarda Buğday Tane Verimi ile Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Arasındaki Korelasyon	45
Çizelge 4.7 Potansiyel Toprak Kalite Göstergelerinin Yıllara Göre Temel Bileşen Analizi Sonuçları.....	47
Çizelge 4.9 Gösterge Skorlama Fonksiyonları, Alt, Üst ve Optimum Eşik Değerleri	49
Çizelge 4.10 Uygulamaların Toprak Kalite İndeksi Üzerine Etkisi	50
Çizelge 4.11 Buğday Bitkisinin Bazı Agronomik Özellikleri	54
Çizelge 4.12 Buğday Bitkisinin Verim Özellikleri.....	62
Çizelge 4.13 Buğday Bitkisinin Bazı Besin Elementi Konsantrasyonları.....	70

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

μS/cm	: Mikrosiemens/Santimetre
AS	: Agregat Stabİlİtesi
B	: Biyokömür
BB	: Bitki Boyu
BÇ	: Biyokömür Çayı
BTA	: Bin Tane Ağırlığı
BTS	: Başakta Tane Sayısı
BYA	: Bayrak Yaprak Alanı
cm	: Santimetre
cm/h	: Santimetre/Saat
cm³	: Santimetre Küp
da	: Dekar
EC	: Elektriksel İletkenlik
g	: Gram
HA	: Hacim Ağırlığı
ha	: Hektar
Hİ	: Hidrolik İletkenlik
K	: Potasyum
kg	: Kilogram
m² BS	: m ² 'de Başak Sayısı
MAP	: Makropor
mg	: Miligram
MİP	: Mikropor
OM	: Organik Madde
P	: Fosfor
ppm	: Milyonda Bir
SN	: Solma Noktası
t	: Ton
TK	: Tarla Kapasitesi
TKİ	: Toprak Kalite İndeksi
TN	: Toplam Azot
YSİ	: Yarayışlı Su İçeriği
Z	: Zuruf

EKLER LİSTESİ

Sayfa

- EK 1:** 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin bitki boyu üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları 103
- EK 2:** 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin başak uzunluğu üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları 103
- EK 3:** 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin bayrak yaprak alanı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları 103
- EK 4:** 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin m²'deki başak sayısı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları..... 104
- EK 5:** 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin başakta tane sayısı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları 104
- EK 6:** 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin bin tane ağırlığı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları..... 104
- EK 7:** 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin tane verimi üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları 105
- EK 8:** 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin hektolitre ağırlığı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları..... 105
- EK 9:** 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin hasat indeksi üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları..... 105
- EK 10:** 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin toplam azot içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları 106
- EK 11:** 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin toplam fosfor içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları 106
- EK 12:** 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin toplam potasyum içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları 106

1. GİRİŞ

Dünya genelinde toprağa dayalı üretim sistemleri, üretim yoğunluğuna olan gereksinim nedeniyle gittikçe artan bir tükenme eğilimi göstermektedir; çünkü tarımsal üretimdeki büyümenin çoğu var olan ya da daralan tarımsal arazi kaynaklarındaki üretkenliğin artmasından meydana gelmektedir (Shah ve Wu, 2019). Tarımsal üretim sistemleri için kritik bir kaynak olan toprağın kalitesinin korunması öncelikli bir konu olup, yıldan yıla büyüyen dünya nüfusunun taleplerini karşılamak için gıda verimliliğini de sürdürmelidir (Hatfield, 2014). Ancak, arazi kullanımı ve arazi yönetimi önlemlerinden etkilenen toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik niteliklerinde önemli kayıplar rapor edilmiştir (Hatfield, 2014; Joko ve ark., 2017; Qiu ve ark., 2019; Nehrani ve ark., 2020).

Topraklar, kullanımlarındaki değişikliklerle doğrudan ilişkilidir. Artan sıkıştırma, organik karbon kaybı, erozyon ve biyolojik aktivitenin azalması gibi bozulmalardan farklı derecelerde etkilenebilir. Toprak kalitesi, belirli bir tür toprağın, doğal veya yönetilen ekosistem sınırları içinde, bitki ve hayvan üretkenliğini sürdürmek, su ve hava kalitesini korumak veya geliştirmek ve insan sağlığını ve yerleşimini desteklemek için işlev görme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Karlen ve ark., 1997). Daha özel bir tanımlama ise, toprağın bitki gelişimi için bir substrat olarak işlevini tam olarak yerine getirme, ortamdaki su akışının düzenlenmesi, bir tampon görevi görmesi için biyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tatmin edici bir şekilde bütünleştirme kapasitesini ifade eder (Karlen ve ark., 1997; Pierce ve ark., 2018). Karmaşık bir işleve sahip olan toprak kalitesi kavramı doğrudan sahada veya laboratuvarında ölçülemez; ancak dolaylı olarak toprak göstergelerinden çıkarılabilir (Mukherjee ve Lal, 2014). Bu nedenle toprak kalitesinin sürdürülebilirliğinde bilimsel yönetim, küresel gıda güvenliğinin sağlanmasında anahtar rol oynamaktadır (Subba Rao ve Lenka, 2020; Çelik ve ark., 2021; Janku ve ark., 2022). Arazide benimsenen yönetim uygulamaları nedeniyle toprak kalitesi, toprak özellikleriyle etkin bir şekilde ilişkili olduğundan, daha sürdürülebilir bir tarımın geliştirilmesi için toprak kalite indeksinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Tarımsal uygulamaların toprak kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmek için, aralarındaki ilişkilerin karmaşıklığı dikkate alınarak biyolojik, fiziksel ve kimyasal toprak göstergelerinin değerlendirilmesi önerilmektedir (Marion ve ark., 2022). Toprak kalite indeksi

yaklaşımı toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile bir yönetim hedefini kapsayan ve toprak sağlığı arasında ilişki kuran kantitatif bir araç olarak kullanılmıştır (Andrews ve ark., 2002; Abdollahi ve ark., 2015; Nakajima ve ark., 2015; Haney ve ark., 2018; Vasu ve ark., 2021). Amenajman seçeneklerini değerlendiren bir araç olarak toprak kalite indeksi bitkisel üretim ya da arazi çalışmalarında kullanılmıştır. (Sharma ve ark., 2005; Masto ve ark., 2007; Stott ve ark., 2011; Vasu ve ark., 2021). Bölgesel ölçekte toprak kalite indeksi yaklaşımını kullanan az sayıda çalışma vardır (Vasu ve ark., 2016). Toprak kalitesinin yerel, bölgesel, ulusal ve küresel düzeylerde iyileşme veya bozulma eğilimlerini belirlemek ve değişimleri tanımlamak için ana göstergelerin ve referans değerlerinin seçilmesi önemlidir (De Paul Obade, 2017).

Toprak kalitesini ölçen doğrudan bir yöntem olmadığı için toprak kalite değerlendirmesi, yalnızca belirli toprak kalite göstergelerindeki değişimi zamanla izleyerek ya da bunlara ait en iyi yönetim uygulamalarını karşılaştırarak yapılmaktadır (Mukherjee ve Lal, 2014; Nakajima ve ark., 2015; Zeraatpisheh ve ark., 2020; Çelik ve ark., 2021; Janku ve ark., 2022). Bir çok toprak kalite değerlendirme prosedürü arasında, toprak sağlığı üzerine amenajmanın etkisini değerlendirmek için normleştirme teknikleri ile doğrusal ya da doğrusal olmayan skorlama prosedürlerini içeren toprak kalitesi değerlendirme çerçevesi kullanılmıştır (Andrews ve ark., 2004). Bu çerçevede toprak kalite göstergelerinin tanımlanması ve her bir gösterge parametresine ağırlık ataması, belirli bir toprak kalitesi ile ilişki kurabilen güçlü bir toprak kalite indeksi geliştirmede kritik bir öneme sahiptir (Amorim ve ark., 2020). Uzman görüşü ya da temel bileşen analizi (TBA) gibi istatistiksel teknikler minimum veri seti oluşturmak için sık sık kullanılmaktadır. Temel bileşenler analizi yaklaşımı kullanılarak hesaplanan toprak kalite indeksi, yalnızca verilerdeki varyasyonun en az %5'ini açıklayan ve öz değeri >1.0 olan temel bileşenlerin dikkate alınması gibi önemli bir sınırlamadan etkilenmektedir. Bu süreçte, belirli bir amenajman hedefi için kimi kritik ve çok önemli parametreler bazen dahil edilmemektedir (Vasu ve ark., 2016). Ayrıca TBA ile üretilen göstergeler zamanla değişebilir ve her bir göstergenin ağırlığı farklı amenajman uygulamalarında değişiklik gösterebilmektedir. Aksine, uzman görüşü içeren bir toprak fonksiyonuna dayalı yaklaşımda, belirli yönetim için tanımlanan parametreler ile doğrulanarak hesaplanan toprak kalite indeksinin elde edilmesi, bölgesel ölçekte kullanılması için güvenilir bir yaklaşımdır (Fernandes ve

ark., 2011). Bu metotların her birinde, veri dönüşümü doğrusal ya da doğrusal olmayan skorlama teknikleri kullanılarak yapılmaktadır. İndeksleme yöntemlerinin çoğu, gösterge parametresinin çeşidine ve araştırılan toprak fonksiyonu için önemine göre "daha fazla daha iyidir", "daha az daha iyidir" veya "optimum daha iyidir" olmak üzere üç skorlama fonksiyonunu kullanmaktadır (Karlen ve ark., 2013; Lenka ve ark., 2014; (Nakajima ve ark., 2015; Vasu ve ark., 2021; Lenka ve ark., 2022).

Toprak, yaşamın kaynağını oluşturması, beslenme için temel kaynak olması ve ekolojik denge sağlamadaki yeri dikkate alındığında ekosistemin en önemli öğelerinden biridir. Bu nedenle toprak verimliliğinin korunması, artırılması ve sürdürülebilir olması için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bunlardan birisi temel toprak bileşenlerinden olan toprak organik maddesi dolayısıyla toprak organik karbonudur. Organik madde ya da organik karbon, toprak verimliliğinin tanımlayıcıları olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine çok sayıda olumlu katkıları nedeniyle diğer verimlilik bileşenlerinin önünde yer almaktadır. Yüksek organik madde içeriği toprağın fiziksel özelliklerini geliştirir (Uehara ve Gilman, 1981), yüksek kation değişim kapasitesi sağlar, toprak çözeltisinden besinlerin yıkanmasını azaltır (Duxbury ve ark., 1989), enzim aktivitesi bakımından yararlı substratların kaybını önler, yer altı suyu kirliliğini önler, toprak porozitesini artırır (Bauer ve Black, 1994), strüktürel gelişime katkı sağlar, toprak erozyonunu azaltır, enzim aktivitesi ve mikroorganizma sayısını artırır. Diğer taraftan, dünya nüfusunun hızla artması, insanları birim alandan daha fazla verim elde etme çabasına yöneltmiş, bu da toprakların daha yoğun kullanılması sonucunda toprak sağlığının bozulması sonucunu doğurmuş ve de toprakların sürdürülebilirliği tehlike altına girmiştir. Genellikle topraklardaki yapısal bozulmalar çok yoğun bir şekilde işlenen topraklarda toprak organik maddesinin azalmasından dolayı meydana gelmektedir (Grandy ve ark., 2002). Sürdürülebilir toprak verimliliği için organik veya inorganik gübre ilaveleri, başvurulan en etkili uygulamalardır. Kimyasal gübreler, uygun bir şekilde verildiği takdirde, topraktaki eksilen besin elementlerini sağlamadaki en etkili yol olmasına rağmen toprak verimliliğinin sürdürülebilirliğini korumada yeterli değildir. Buna rağmen, organik madde hem besin elementi sağlaması hem de toprağın birçok özelliği üzerine olumlu katkı yapması nedeniyle, toprakta bulunmalı yoksa mutlaka ilave edilmesi gereklidir. Her ne kadar çeşitli organik madde kaynakları

olmasına rağmen, en yaygın kullanılan organik madde kaynağı çiftlik gübresidir. Fakat çiftlik gübresinin çeşitli toprak ve çevre faktörlerine bağlı olmak üzere birkaç yıl içerisinde mineralize olması, onun toprak verimliliği üzerine olan etkisini kısa süreli kılmaktadır. Kimi diğer organik madde kaynaklarında da durum benzerdir. Bu nedenle topraklara organik madde ilavesi düzenli aralıklarla yapılmalıdır (Coşkan ve ark., 2006). Bunun yerine, toprak verimliliğinin sürdürülebilirliği için daha stabil yapılı (Glaser ve ark., 2002), yeterli kalitede organik atıkların kullanımı (Khai ve ark., 2008; González ve ark., 2010; De Lucia ve Cristiano, 2015) toprak organik maddesinin korunmasını sağlayacaktır. Günümüzde toprağın organik madde miktarını artırmaya yönelik girişimlerde bulunmaya başlanmış; organik materyallerin zengin besin içeriği ve toprak özelliklerine yönelik sağladığı faydalar nedeniyle tarımda kullanılmasına yönelik birçok çalışma yürütülmüştür. Özellikle, bitkisel kökenli hasat artıklarının topraklara uygulanarak değerlendirilmesi hem toprakların kaybettiği organik madde kaynaklarının karşılanması hem de üreticinin atık sorununun bertarafı için tercih edilen yollardan biri olmaktadır.

Dünya'nın en önemli fındık üreticisi olan ülkemiz, ekonomide önemli bir yere sahiptir. Başta Karadeniz Bölgesi olmak üzere ülkemizde 39 ilde fındık üretilmektedir. Fındık tarımı aile işletmeciliği şeklinde yapılmakta; Gümrük ve Ticaret Bakanlığı verilerine göre, ekonomik olarak yaklaşık 700 bin hektar alanda 395 bin aile fındık üretimi yapmaktadır (GTB, 2018). Karadeniz Bölgesi'nde özellikle Ordu, Giresun, Trabzon ve Samsun'da yetiştirilen, Marmara Bölgesi'nde en fazla Sakarya'da yetiştirilen fındık bu bölgelerin en önemli geçim kaynağı olmaktadır. Fındığın yüzeyinde bulunan yeşil örtü zuruf olarak isimlendirilmektedir. Başlangıçta yeşil renkli olan ve hasat olumunda tabandan başlayarak sarımsı kırmızı ya da kırmızımsı kahverengi renkli bir bitki dokusudur. Hasat zamanı harman yerlerinde ayıklama makineleri ile fındıktan ayrılmaktadır. Üreticiler tarafından tarım alanlarında kullanımı tercih edilmemekte ve çoğu zaman hasat sonunda atık olarak yığın halinde harman yerlerinde bırakılmaktadır. Fındık yetiştiriciliğinde hasat sonunda 1 kg yaş fındıktan yaklaşık 1/5 oranında da kuru zuruf artı kalmaktadır. Yıllara göre ürün verimi ve buna bağlı olarak atık miktarı değişmekle beraber, her yıl ortalama 500.000 ton civarında tarımsal atık olarak ortaya fındık zurufu çıkmaktadır (Aygün, 2015). Dünya fındık dikim alanlarının yaklaşık olarak %80'inin ülkemizde olduğu

düşünüldüğünde bu atıkların değerlendirilmesinin fındık üreticileri ve ülke ekonomisi açısından oldukça önemli olduğu göz ardı edilmemelidir. Büyük bir atık potansiyeli olan fındık zuruğunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, onun organik bir materyal olarak kullanımı bakımından değerlendirilebilecek değerlere sahip olduğunu göstermektedir. Yüksek organik madde içeriği, uygun pH ve EC içeriğine sahip, besin değerleri bakımından azot ve fosfor düşük, potasyum ve mikro elementler yeter ve fazla düzeydedir (Kacar ve Katkat, 1998). Zuruf, düşük azot miktarı ve yüksek karbon içeriğine bağlı olarak C/N oranı (33/1) yüksektir. Bu nedenle doğrudan kullanılması gerektiği (Çalışkan ve ark., 1996) bildirilmiştir. Doğada kendi halinde yaklaşık iki yıl gibi bir sürede ayrışmaya başlaması nedeniyle tekrar topraklara organik madde ve besin maddesi kaynağı olarak geri dönüşümünün sağlanabileceği belirtilmektedir (Bender Özenç, 2005; Yılmaz ve Bender Özenç, 2012; Aygün, 2015).

Toprakların sürdürülebilirliğini artırmak ve iklimsel değişimler sonucunda topraklarda karbon tutunumu artırmak ve atmosfere salınımı azaltmak amacıyla son yıllarda biyokömür kullanımı araştırmaları hız kazanmıştır. Biyokömür son 20 yılda C döngüsünde rol alması, biyoremediasyon, toprak verimliliği, atık su ve tarımdaki tüm çevresel yönetim araçlarında potansiyel rol alması nedeniyle dikkate değer önem kazanmıştır (Diatta ve ark., 2020). Siyah karbon ya da biyomasın karbonlaştırılması olarak bilinen biyokömür, geniş sıcaklık aralığında (300-1000 °C), az oksijenli ya da oksijensiz koşullarda piroliz işlemi ile ağaç, bitki atıkları, hayvan gübreleri, algler, şehir ve sanayi atıkları gibi organik kütlelerin farklı formlarından kaynaklanan bir organik materyaldir (Kavitha ve ark., 2018; Weber ve Quicker, 2018; Adeyemi ve ark., 2020; Diatta ve ark., 2020). Biyokömür toprakta yavaş çözünen ve tamamen ayrışması binlerce yıl alabilen dayanıklı bir karbondur (Weber ve Quicker, 2018; Pariyar ve ark., 2020). Genellikle odun hammaddesinden üretilen biyokömüre göre hayvan gübreleri, çiftlik gübreleri, deniz yosunları ve bitki atıklarından üretilen biyokömür daha yüksek miktarda besin, yüksek pH ve daha az dayanıklı C içermektedir (Kavitha ve ark., 2018; Rawat ve ark., 2019). Biyokömür, C ana bileşeninin yanı sıra aynı zamanda dünyadaki çoğu bitki türünün üretimini geliştirebilecek H, O, Mg ve N, P, K gibi makro besin elementlerini içermektedir (Seleiman ve ark., 2018; Adeyemi ve ark., 2020; Adnan ve ark., 2020; Diatta ve ark., 2020; Seleiman ve ark., 2020; Seleiman ve ark., 2021).

Son yıllarda, organik materyallerden ekstraksiyon yapılarak elde edilen sıvı ürünlerin tarımda kullanımını üzerine çalışmalar da oldukça artış göstermektedir. Hasat sonrası meydana gelen atık kütleleri, ilerleyen teknoloji ile olabildiğince küçültmeye yönelik kullanılmaktadır. Bunlardan biri biyokömür diğeri ise sıvı ürünlere olan eğilimdir. Ekstraksiyon işlemi kısaca tanımlanırsa, özellikle kompost ürünlerinin havalı ve havasız koşullarda su ile belirli sürelerde karıştırılıp, filtre edilmesi şeklindedir. Karışım süresine bağlı olarak elde edilen materyal; ekstraksiyon ya da çay olarak isimlendirilmektedir. Eğer su ve kompostun karışım süresi 15 dakika gibi kısa sürelerde ise elde edilen materyal ekstraksiyon olarak; karışım süresi 36 saat, 7 gün, 14 gün gibi uzun zaman periyodunda; havalı ve havasız koşullardan elde ediliyorsa, elde edilen ekstrakt çay olarak adlandırılmaktadır (Da-Bing ve ark., 2012; Marin ve ark., 2014; Din ve ark., 2017). Kompost ekstraksiyonu ile ilgili son yıllarda yapılmış çalışmalarda, kompost ekstraksiyonunun bitkilerde hastalık etmenleri üzerine yapılmış çalışmalara ağırlık verilmiş (Kim ve ark., 2009; Wahyuni ve ark., 2010); ancak toprak kalitesi ve bitki besleme materyali olarak kullanımına yönelik çalışmalar çok yetersiz düzeyde bulunmaktadır. Bu bulgulardan yola çıkarak, biyokömürden üretilecek olan ekstraksiyon ürünlerinin hastalık etmeni faktörünü taşımayacağı için, tarımda kullanımının daha güvenilir olabileceği düşünülmektedir.

Buğday insan beslenmesinde en önemli tahıl ürünlerinin başında yer almaktadır. Buğday organik maddece zengin, hafif ve orta kireçli, tınlı bünyeli topraklarda optimum gelişim göstermektedir. Kaliteli ürün yetiştiriciliği için yıllık yağışın 350-500 mm olduğu iklim bölgeleri uygundur. Buğday uygun besleme değeri, saklama ve işlenmesindeki kolaylıklar nedeni ile yaklaşık olarak 50 ülkenin temel besini durumundadır. Dünya buğday ekimi 2020/2021 döneminde 225 milyon hektar alanda gerçekleşmiştir. 2020/2021 döneminde verim 3.45 t/ha olup, dünyada buğday üretimi bir önceki döneme kıyasla yaklaşık 12 milyon ton artış göstererek 774 milyon tona çıkmıştır. Ülkemizde 2021 yılında buğday ekiliş alanı 67.4 milyon dekar, toplam üretim miktarı 17.7 milyon tondur. Ekiliş alanlarının 55.4 milyon dekarında 14.5 milyon ton ekmeklik buğday, 12 milyon dekarında 3.2 milyon ton makarnalık buğday üretimi gerçekleştirilmiştir (TOB, 2022).

Fındık zurufu atığının hem doğal koşullarda bekletilmesi ile hem de kompostlanarak değerlendirilmesi ve fındık kabuğundan biyokömür üretimi ile toprak ve bitki gelişimine yönelik çalışmalar yürütülmüştür. Ancak hem zuruf atığından üretilen biyokömür ile zuruf ve zuruf biyokömüründen ekstrakt eldesine hem de bu atıkla ilgili olarak toprak kalite indeksinin belirlenmesine yönelik olarak yürütülen çalışmalara rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, 1: Fındık hasat atığı olan zuruftan üretilen biyokömürün ve bundan elde edilecek olan ekstraktın toprağa uygulanmasının toprakların temel fiziksel ve kimyasal özellikler ile bazı besin elementi içerikleri üzerine ne gibi düzenleme meydana getirdiğinin belirlenmesi ve yetiştirilen buğday test bitkisi ile bitki gelişimine olan etkilerin de ortaya konulması 2: İncelenen toprak özelliklerinin, buğday veriminde etkili olan toprak kalite göstergelerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile fındık zurufu ve fındık zurufundan elde edilen biyokömür ve ekstrakt ürünlerin kullanılabilirliğinin ortaya konulması ve alışkanlık kazandırılmasının üreticiye katkı sağlama açısından önemli bir boşluğu dolduracaktır. Toprak kalitesi ve bitki gelişimi üzerine etkileri ile ilgili literatür eksikliğini giderilmesini sağlaması ve toprak - bitki kalitesini artırmada organik atık olarak fındık zurufu ürünlerinin kullanımının etkilediği toprak kalite özelliklerinin belirlenerek üreticilerin tarımsal işlemlerde gelenekselden yeni gelişmeleri uygulamaya aktarmaları bakımından yeni fırsatlar yaratılacağı düşünülmektedir. Ayrıca, bölge için önemli bir ürün olan fındığın her türlü yan ürününün kullanılması yetersiz olan organik madde kaynağı yaratılmasına katkı sağlamasını teşvik edecektir. Çiftlik gübresi ve ticari gübrelerin pahalı ve bölgede kullanımlarının yetersiz olması yanında doğal dengeyi koruma ve çevreye olacak olumlu katkıları ile birlikte ele alındığında, zuruftan elde edilen ürünlerin tarımda organik gübre olarak kullanımının üreticilerin kaynak arama sorununa çözüm olabileceği, bununla birlikte üreticiye ekonomik katkı da sağlayacağı düşünülmektedir. Bu şekilde, bölgemiz ve de ülkemiz için önemli bir atık potansiyeli olan fındık zurufu atıkları ile biyokömür yapımı için gerekli işletmelerin kurulmasında dikkati çekmek, bölge ve ülke ekonomisine katkı sağlamış olacağını düşünmekteyiz.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Fındık Zurufu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Ülkemizde 2020 yılında 7.3 milyon da alanda fındık üretimi yapılmış bunun 2.3 milyon da üretim alanı ile Ordu İli 1. sırada yer almıştır. 2020 yılında Türkiye’de 665 bin ton fındık üretilmiş bunun 197 bin tonu Ordu ilimizden alınmıştır (Anonim, 2022). 1 kg yaş fındıktan hasat sonrası 1/5 oranında kuru zuruf arta kaldığı düşünüldüğünde 133 bin ton zuruf açığa çıkmakta, üretim miktarına göre de bu atıkların yaklaşık 40 bin tonu sadece Ordu iline aittir. Bu nedenle doğal bir atık olan fındık zurufunun topraklara geri kazanımı önem taşımakta olup, zurufun ortam olarak ve topraklara uygulanması sonrasında etkilerini inceleyen çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Fındık zurufu, yüksek organik madde içeriği, düşük azot ve fosfor içeriğine, yeter ve fazla düzeyde potasyum ve mikro element içeriğine sahip bir materyaldir (Kacar, 1994). Fındık zurufu doğrudan kullanılmasının sakıncalı olduğu kompostlamaya tabi tutulması veya en azından doğal koşullar altında 1-2 yıl bekleddikten sonra topraklara uygulanması gerektiği belirtilmiştir (Çalışkan ve ark., 1996; Bender Özenç ve Özenç, 2009). Fındık zurufu kompostunun toprakların başta su tutma kapasitesi olmak üzere, havalanması, porozitesi ve su geçirgenliği gibi fiziksel özelliklerini düzenlediği, organik madde ve bazı besin elementi içeriklerini özellikle de K içeriğini artırdığı (Bender ve ark., 1998; Özenç ve Çalışkan, 2001; Zeytin ve Baran, 2003), toprak biyolojik özelliklerini iyileştirdiği (Kızılkaya ve ark., 2015) bildirilmiştir.

Fındık zurufunun topraklara uygulanarak kullanılması dışında sahip olduğu özelliklere bağlı olarak topraksız ortam materyali olarak da değerlendirilebileceği çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur. Bender Özenç (2005) tarafından ortam olarak fındık zurufunun özelliklerini araştırdığı çalışmada, 2–4 mm ve 4–6.35 mm tane büyüklüklerinin killi tın toprağın fiziksel özelliklerini, 0-2 mm ve 2-4 mm tane büyüklüklerinin ise kimyasal özellikler üzerine daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Benzer bir çalışma Dede ve ark., (2011) tarafından da yürütülmüş, fındık zurufunun optimum 0-2 mm tane büyüklüğünün (havalanma ve su tutma kapasitesi için) topraksız yetiştirme ortamı olarak alternatif yetiştirme ortamı bileşeni olabileceği ifade edilmiştir.

Candemir (2005) tınlı kum ve killi toprakların toprak kalite indeksleri üzerine

toprak düzenleyici olarak fındık zurufu, çay ve tütün atıkları ile çiftlik gübresinin etkilerini araştırdığı çalışmada, kaba fraksiyonlu toprakların fiziksel özelliklerini uzun süreli iyileştirmek için zuruf ve tütün atıklarının, ince fraksiyonlu toprakların OC ve EC gibi kimyasal özelliklerini artırması için çay atığının uygun organik atıklar olduğunu belirlemiştir.

Bender Özenç ve Özenç (2008) fındık zurufu kompostu ve farklı organik atıkların killi tın toprağa olan etkilerini araştırdıkları 3 yıllık arazi çalışmasında, tüm düzenleyicilerin toprakların fiziksel özelliklerini iyileştirdiği, fındık zuruf kompostunun toplam porozite, tarla kapasitesi, solma noktası ve strüktürel stabilitesini artırırken, makro-mikro por üzerine etkili olmadığı ve bu etkilerin ikinci yıl sonunda daha da belirgin olarak görüldüğünü bildirmiştir.

Bender Özenç ve Özenç (2009) yaptıkları çalışmada fındık zurufu kompostunun toprak geçirgenliğine uzun dönem etkisini araştırmışlardır. Fındık bahçesine uygulanan fındık zurufu kompostunun toprak hidrolik iletkenliği, su tutma kapasitesi, yarayışlı su içeriği, porozite ve makropor-mikropor oranı üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda fındık zurufu kompostu uygulamasının toprakların su tutma kapasitesini, mikropor oranını ve hidrolik iletkenliğini artırdığını tespit etmişlerdir.

Dede ve ark., (2011) fındık zurufunun dört farklı ayrışma düzeyine göre incelendikleri fiziksel özelliklerin güçlü ayrışmış zuruf örneklerinde ideal değerlere ulaştığı, pH, EC, C/N oranı ve besin elementi içerikleri gibi kimyasal özelliklerin ise, taze zuruf örneği hariç diğerlerinde kabul edilebilir değerlerde olduğu bildirilmiştir.

Candemir ve Gülser (2011) killi ve kumlu tın tekstüre sahip topraklara hayvan gübresi, fındık zurufu, çay atığı, tütün atığı uygulamalarının toprak kalite göstergeleri üzerine etkisini inceledikleri tarla çalışmasında, uygulanan atıkların toprağın organik madde ve humik asit içeriğini arttırdığı, su ve besin maddesi kullanımını olumlu yönde etkilediği, toprağın organik karbon kapsamında ise kontrolün üzerinde bir artış sağladığı ortaya konulmuştur.

Gülser ve ark., (2015) fındık zurufu ve kompostun toprak kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda fındık zurufu ve kompost toprakta organik karbon içeriğini ve elektriksel iletkenliği artırmıştır. Kontrol uygulamasına göre fındık zurufu ve kompost uygulamaları toplam değişebilir katyonları, agregat

stabilitesini ve infiltrasyon oranını artırmış, penetrasyon direncini ve hacim ağırlığını istatistiksel olarak önemli derecede azaltmıştır.

Aygün (2015) yaptığı çalışmada kumlu tın ve killi tın tekstüre sahip topraklara fındık zurufu kompostunu %0, %0.5, %1, %2 ve %3 oranında uygulamıştır. Toprak kalitesinin zamanla değişimini incelemiştir. Çalışma sonucunda artan fındık zurufu kompostu uygulaması ile toprakların değişebilir potasyum, sodyum ve magnezyum içerikleri artmıştır. 1. örnekleme döneminden 4. örnekleme dönemine doğru toprakların organik madde içeriği, toplam azot, elektriksel iletkenlik ve hidrolik iletkenlik değerleri azalma göstermiştir. Killi tın tekstüre sahip toprakların agregat stabilitesi içeriği kumlu tın toprakların agregat stabilitesi içeriğinden daha yüksek elde edilmiştir.

Gümüş ve Şeker (2017) yaptıkları çalışmada, mantar kompostunun bozulmuş toprakların fizikokimyasal özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Mantar kompostu uygulamasının toprak agregat stabilitesini, toplam N ve toplam C içeriğini artırdığını tespit etmişlerdir.

Sezer ve Özenç (2018) killi tın ve kumlu tın tekstüre sahip mısır yetiştirilen topraklara 0, 3, 6, 8 t/da zuruf kompostu uygulamışlardır. Mısır bitkisinin boy gelişimi üzerine killi tın topraklarda yetiştirilen bitkinin boyu kumlu tın topraklarda yetiştirilen bitki boyundan daha yüksek elde edilmiştir. Mısır bitkisine ait toplam azot, fosfor ve potasyum içeriklerini zuruf kompost dozları istatistiksel olarak önemli derecede etkilemiştir.

Özenç ve ark., (2019) fındık zurufu ve fındık kabuğundan üretilen biyokömürün kumlu tın toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında bir inkübasyon denemesi yürütmüşlerdir. Her iki materyalin toprağa uygulanması incelenen toprak özelliklerini iyileştirdiği ortaya konulmuştur. Fındık zurufunun, fiziksel özelliklerin tümünde, biyolojik özelliklerde (biyokütle-C ve aril sülfataz enzimi hariç) ve Mn içeriği hariç diğer besin elementlerinde daha etkili olduğu, inkübasyon süresine bağlı olarak etkinin değiştiği belirlenmiştir.

2.2 Biyokömür İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Biyokömür, organik materyallerin pirolizi sonucu değişen oranda CO₂, yanıcı gazlar (H₂, CO, CH₄), uçucu yağlar, katranlı buharların açığa çıktığı karbonca zengin

katı atıktır (Suliman ve ark., 2016; Tripathi ve ark., 2016). Biyokömürün genel bir karakteristiği atmosfere dönüşümü kolay olmayan dayanıklı aromatik organik karbon ihtiva etmesidir (Sandhu ve ark., 2017; Sun ve ark., 2018). Biyokömür, piroliz olmamış materyale göre daha uzun sürelerde toprakta karbonun depolanmasına olanak sağlamaktadır (Sheng ve Zhu, 2018). Biyokömür üretildiği materyalden farklı birçok özelliğe sahiptir ve bu özellikler maksimum sıcaklık, yanma süresi ve oranı, oksijen, basınç ve diğer etmenler gibi piroliz koşulları tarafından yönetilmektedir (Gonzaga ve ark., 2017; Kalinke ve ark., 2017). Yapılan çalışmalarda biyokömür oluşum süreci boyunca artan sıcaklık, doğrusal olarak besin elementlerinin özellikle N ve P içeriklerinin yarayışlılığını azaltmakta ve sonuçta toprakta besin elementi tutma kapasitesini düşürmektedir (Chen ve ark., 2018; Baiamonte ve ark. 2019). Toprak karbon döngüsünde uzun dönem biyokömürün etkinliği, besin elementi yarayışlılığı, su tutma kapasitesi ve toprak redoks reaksiyonları biyokömürün yapısına ve fizikokimyasal özelliklerine bağlıdır.

Bir toprak düzenleyici olarak biyokömürün işlevselliği, farklı besin kaynaklarından üretilen biyokömürler arasında geniş ölçüde değişiklik gösterebilen yüzey alanı, hacim ağırlığı, por yapısı ve dağılımı, parçacık boyutu, su tutma kapasitesi, KDK, pH, farklı fonksiyonel grupların varlığı ve fazlalığı gibi belirli fizikokimyasal özelliklere dayanmaktadır (Rawat ve ark., 2019; Seleiman ve ark., 2020; Tomczyk ve ark., 2020). Farklı hammadde kaynaklarından elde edilen biyokömürün farklı fiziksel özellikleri (yüzey alanı, porozite ve por büyüklük dağılımı) mikrobiyal aktiviteyi, toprakta su tutma kapasitesini, mineral ve besin elementleri tutulumunu, organik bileşenlerin tutulumunu önemli derecede etkileyebilmektedir (Bonanomi ve ark., 2017; Igalavithana ve ark., 2017; Seleiman ve ark., 2020; Shakya ve Agarwal, 2020).

Biyokömür topraklara uygulandığında diğer toprak düzenleyiciler ile birlikte C, pH, KDK, porozite, yüzey alanı, hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi, besin kullanım etkinliği, yarayışlı P ve toplam N gibi fizikokimyasal toprak özelliklerini değiştirmektedir (Weber ve Quicker, 2018; Seleiman ve ark., 2020; Wang ve ark., 2020). Ayrıca toprakta mikrobiyal popülasyonu ve besin döngüsünü pozitif yönde etkileyerek toprak sıkışmasını azaltır ve poroziteyi artırır (Abujabhah, 2017; Pariyar ve ark., 2020). Biyokömür aynı zamanda bozulmuş toprakların iyileşmesine, ağır

metallerin uzun dönem adsorbsiyonu ile kirletilmiş topraklar ve diğer toprak kirleticilerinin zararlı etkisini yok etmede rol almaktadır (Inyang ve Dickenson, 2015; Seleiman ve ark., 2020; Seleiman ve Hafez, 2021). İfade edilen parametreler içerisinde biyokömürün son etkisi; besin kaynaklarına, piroliz sıcaklığına, biyokömür parçacık boyutuna ve toprak tekstürüne önemli derecede bağlıdır (Gao ve DeLuca, 2016; Seleiman ve ark., 2020). Biyokömürün parçacık boyutu ve şekli toprağın fizikokimyasal ve hidrolik özelliklerinde anahtar rol oynamaktadır. Toprak parçacıkları agregatları oluşturmak için ince ve küçük biyokömür parçacıkları ile daha kolay etkileşime girebilmekte (Blanco-Canqui, 2017; De Jesus Duarte ve ark., 2019), toprakta gözenekliliği, su tutunmasını ve topraktaki taşınımı değiştirerek toprak parçacıkları arasındaki boşlukları doldurmaktadır (Yao ve ark., 2017).

Biyokömür, toprağın KDK'sını, pH, mineralizasyon, minerallerin dağılımını, hareketliliğini ve farklı besin elementlerinin bitkiye yararlılığını etkilemektedir (Novotny ve ark., 2015; Dai ve ark., 2017). Genellikle doğada biyokömürler alkaline özelliktedir ve biyokömürün alkaliniteği piroliz işlemi süresince artan sıcaklıkla artış göstermektedir (Shakya ve Agarwal, 2020). Piroliz süresince yüksek sıcaklık karboksil, formil ya da hidroksil grupları uzaklaştırmakta ve inorganik elementlerin ve bazı oksitlerin konsantrasyonunu artırmaktadır. Bu da biyokömürün pH'sında artışa neden olmaktadır (Singh ve ark., 2020). Ayrıca biyokömürün pH'sı hammadde kaynaklarına bağlıdır. Lignin içeriği yüksek ceviz ya da kabuk gibi materyallerden üretilen biyokömürün pH'sı yaklaşık 8'ken, hayvan gübresi, atık yığınları ve alglerden üretilen biyokömürün pH'sı en yüksek (~9.5) seviyelerdedir (Aller, 2016). 7-9 pH'ya sahip biyokömür asidik topraklara (pH<7) uygulandığında, toprak pH'sını artırır ve kation değişimi için metal iyonları ve H⁺ iyonları arasındaki rekabet daha da düştüğü için Cu, Zn, Cd, Hg gibi kationların toprakta taşınabilirliğini azaltmaktadır (Novotny ve ark., 2015; Aller, 2016). Yüksek KDK'ya sahip biyokömürler daha fazla besin elementi tutabilir, besin elementlerinin yıkanmasını azaltır, toprakta elektriksel yük dengesini sağlamak için bitki kökleri H⁺ iyonunu serbest bırakırken topraktan NH₄⁺, K⁺, Ca⁺² ve Mg⁺² absorpsiyonunu artırır ve N yıkanmasını azaltır (Palansooriya ve ark., 2019; Seleiman ve ark., 2021).

Biyokömür geniş yüzey alanına, güçlü adsorpsiyon kapasitesine ve eşsiz gözenek yapısına sahip ve mineral besin elementlerince zengindir (Lehmann, 2007;

Ramlow ve ark., 2019). Bu nedenle, topraklara biyokömür uygulamaları, tarımsal üretkenliğin önemli derecede artmasıyla sonuçlanan besin kullanım etkinliğini ve toprak verimliliğini geliştirdiği için önerilmektedir (Laird ve ark., 2010; Khademalrasoul ve ark., 2014; Hagner ve ark., 2016; Obia ve ark., 2018). Biyokömür uygulamaları toprakların elektriksel iletkenlik, pH, KDK, besin elementi içeriği gibi kimyasal, porozite, hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik, su tutma kapasitesi, strüktürel stabilite gibi fiziksel bazı özelliklerini etkilemektedir (Blanco-Canqui, 2017; El-Naggar ve ark., 2018; Lamb ve ark., 2018; Liu ve ark., 2018; Shi ve ark., 2018).

Devereux ve ark., (2012) kışlık buğday yetiştirilen topraklara biyokömürü %0, %1.5, %2.5 ve %5 dozunda biyokömür uygulamışlardır. Araştırma sonucunda biyokömür uygulamaları por boyutunu önemli derecede etkilemiştir. Artan biyokömür uygulamaları toprakta doymun hidrolik iletkenliği ve hacim ağırlığını azaltmış, toprakta su geçirgenliğini önemli derecede artırmıştır. Uygulamalar buğday gelişimini önemli derecede etkilememiştir.

Mukherjee ve Lal (2013) %1 ve %2 oranında topraklara biyokömür uygulamışlardır. Araştırma sonucunda uygulamalar toprağın hacim ağırlığını azaltırken, su tutma kapasitesi, toprak strüktürleşmesi, agregatlaşma ve toprak havalanmasını artırdığını bildirmişlerdir.

Herath ve ark., (2013) alfisol ve andisol toprakta 350 °C ve 500 °C' de üretilen mısır yığını biyokömürünü topraklara 17.3, 11.3 ve 10 t/ha oranında uygulamışlar ve toprağın fiziksel özellikleri (agregat stabilitesi, hacimsel nem içeriği, hacim ağırlığı, doymun hidrolik iletkenlik ve toprak su geçirgenliği) üzerine etkilerini araştırmışlardır. Her iki toprakta biyokömür uygulaması önemli derecede ($p < 0.05$) agregat stabilitesini, makropor içeriğini artırmıştır. Biyokömür uygulaması hacimsel nem içeriğini artırmıştır. Biyokömür uygulaması alfisol toprakların doymun hidrolik iletkenliğini önemli derecede ($p < 0.05$) artırmıştır. Bununla birlikte 350 °C' de üretilen biyokömür uygulaması andisol toprakların yalnızca hidrolik iletkenliğini artırmıştır.

Carvalho ve ark., (2014) çeltikte havasız koşullarda kumlu tın toprakta biyokömürün (0, 8, 16 ve 32 t/ha) bitkiye yararışlı su içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Biyokömür uygulamasından 2 ve 3 yıl sonra topraklarda bitkiye yararışlı su içeriğini arttığını bildirmişlerdir.

Curaqueo ve ark., (2014) iki farklı volkanik toprakta (Inceptisol ve Ultisol) biyokömürün (0, 5, 10, 20 t/ha) toprak özellikleri ve arpa verimi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada her iki volkanik toprakta da 20 t/ha biyokömür uygulaması toprak pH' sını, toplam değişebilir katyonları ve elektriksel iletkenliği artırdığını tespit etmişlerdir. Her iki toprakta da suya dayanıklı agregatlar en yüksek uygulama dozunda (20 t/ha) artmıştır. Ultisol toprakların su tutma kapasitesi 10 ve 20 t/ha uygulamasında artış göstermiştir. Arpa verimi (tane verimi) en yüksek (20 t/ha) uygulamasında Inceptisol topraklarda %31.3 ve Ultisol topraklarda %21.9 artış göstermiştir.

Sağlam ve ark., (2015) çeltik arazisinden iki farklı derinlikten (0-30 cm ve 30-60 cm) aldıkları 83 toprak örneğinde, 17 fiziko-kimyasal toprak özelliğinde toprak kalite indeksinin değişimini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda kil, silt, kum, elektriksel iletkenlik, değişebilir kalsiyum ve magnezyum içeriği, kalite göstergesi olarak seçilmiştir. Silt her iki toprak derinliğinde de en önemli kalite göstergesi olarak bulunmuştur.

Lusiba ve ark., (2017) 10 t/ha biyokömür ve fosforlu gübre uygulamasının tınlı kum toprakların hacim ağırlığını azalttığını ve porozitesini artırdığını ifade etmişlerdir. Biyokömürün etkisinin kumlu topraklarda, killi topraklara göre daha fazla olduğu, biyokömürün etkisinin topraklara özgü olduğunu göstermektedir. Literatürde killi tekstüre sahip arazilerde toprakların fiziksel özellikleri üzerine biyokömür uygulamalarının etkisini gösteren az sayıda çalışma olduğu belirtilmiştir.

Mishra ve ark., (2017) çeltik verimi, gelişimi ve toprakların fizikokimyasal özellikleri üzerine çeltik kavuzu ve çeltik kavuzu biyokömürünü (%2 ve %4) topraklara uygulamışlardır. Araştırma sonucunda çeltik kavuzu uygulaması pH' yı etkilememiştir. Çeltik kavuzu biyokömürü uygulaması ise toprak asitliğini azaltmıştır. Her iki uygulama toprakların hacim ağırlığını azaltırken, toprakların doymun hidrolik iletkenliğini, doymun su içeriğini, bitkiye yarayışlı su içeriğini ve tarla kapasitesini artırmıştır.

Sari (2018) toprak kalitesi üzerine biyokömür materyallerinin (fıstık kabuğu, mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü) etkisini araştırmıştır. Biyokömür materyalini topraklara %0, %0.2 ve %0.4 oranında uygulamışlardır. Araştırma sonucunda toprakta

elektriksel iletkenlik, agregat stabilitesi ve hidrolik iletkenlik değerleri artmıştır. Doz ve materyaller arasında pozitif ilişkiler olduğunu tespit etmişlerdir.

Lebrun ve ark., (2019) biyokömür, kompost ve demir cevherinin toprakların fizikokimyasal özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda biyokömür ve/veya kompost uygulamasının toprak verimliliğini ve toprak por su karakteristiklerini geliştirdiğini, toksisiteyi ve toprak asitliğini azalttığını tespit etmişlerdir.

Birol (2020) yaptığı çalışmada killi topraklara eltik kavuzu ve tavuk gübresi biyokömürünü 0, 1, 2, 3, 4, 5 t/da dozunda uygulamışlardır. Araştırma sonucunda biyokömür dozu artışı ile toprak hacim ağırlığı azalmış, toprakta toplam gözeneklilik, tarla kapasitesi, solma noktası yarayışlı su içeriği, toplam karbon miktarı ve toprakta potasyum konsantrasyonu artmıştır. Toprak pH' sı, elektriksel iletkenlik, organik madde, azot fosfor ve kireç miktarı istatistiksel olarak önemli bir değişim göstermemiştir.

Biyokömür yeni bir yetiştirme ortamı ve gübre çeşidi olarak farklı bitki türlerinin yetiştiriciliğinde kullanılmakta (Turan, 2019; Shahbaz ve ark., 2019; Turan, 2020; Khan ve ark., 2020; Zubair ve ark., 2021; Naeem ve ark., 2021), toprak su ve besin tutma kapasitesinin geliştirilmesinde, toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin geliştirilmesinde, besin elementi kullanım etkinliğinin geliştirilmesinde ve bitki gelişiminin artırılmasında önemli rol oynamaktadır (Laird ve ark., 2010; Cui ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2017; Klammsteiner ve ark., 2020). Birçok alışma göstermektedirki biyokömür, toprakta besin elementlerinin salınımını geciktirmekte, toprak organik madde içeriğini artırmakta, azot yıkanmasını azaltmakta, toprak mikrobiyal biyokütle karbon ve mikrobiyal biyokütle azot içeriğini artırmaktadır (Pandit ve ark., 2018; Wang ve ark., 2018a; Wang ve ark., 2018b; Wang ve ark., 2018c; Xiu ve ark., 2019).

Namlı ve ark., (2017) tavuk altlığı ve fındık kabuğu biyokömürünü 150 ve 300 kg/da dozlarında ve kimyasal gübrelerle birlikte buğday yetiştirilen topraklara uygulamışlardır. Çalışma sonucunda biyokömür uygulamaları toprakların organik madde, azot, kireç, pH, EC ve mikro element içeriği üzerine önemli etkide bulunmamıştır. Toprakların fosfor ve potasyum içeriklerini artırmıştır. Tavuk altlığı

biyokömürü, fındık kabuğu biyokömüründen daha etkili bulunmuştur. Buğday verimi üzerine biyokömürlerin DAP gübresiyle beraber uygulanması daha etkili bulunmuştur.

Nguyen ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada, tuzlu-sodik topraklara biyokömür (biyokömürsüz, çeltik kavuzu ve çeltik kavuzu biyokömürü) ve hayvan gübresi (hayvan gübreli ve hayvan gübresiz) uygulamışlardır. Hayvan gübresiz, çeltik kavuzu ve çeltik kavuzu biyokömürü uygulanan topraklarda çeltik gelişimi artış göstermiştir. Biyokömür eklenen toprakların KDK'sı kontrolden daha yüksek elde edilmiştir.

Singh ve Mavi (2018) yaptıkları çalışmada, çeltik kavuzu biyokömürünü tınlı kum, kumlu kil ve killi topraklara farklı oranlarda (%0, %0,5, %1, %2 ve %4) uygulamışlardır. Biyokömürün artan oranı ile birlikte kumlu tınlı topraklarda diğer iki farklı tekstür içeriğindeki toprağa göre, mikrobiyal biyokütle karbon, çözünmüş organik karbon, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 'u ve $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 'unun daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Kartika ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada, toprakların kimyasal özellikleri, çeltik gelişimi ve verimi üzerine çeltik kavuzu biyokömürünü iki farklı boyutta (≤ 1 mm ve >1 mm) ve 4 farklı oranda (1 t/ha, 2 t/ha, 3 t/ha, 4 t/ha) topraklara uygulamışlardır. Araştırma sonucunda biyokömür uygulanan toprakların pH'sı kontrole göre artmıştır. ≤ 1 mm biyokömür uygulamasında toprakların yarayışlı fosfor içeriği artarken; >1 mm parçacık boyutunda daha yüksek oranda biyokömür uygulamasında yarayışlı P içeriği azalmıştır. 3 t/ha biyokömür uygulamasında en yüksek tane ağırlığı, dolu başak sayısı ve bin tane ağırlığı olduğunu tespit etmişlerdir. Kontrole göre dolu başak sayısı 4 t/ha uygulamasında azalma göstermiştir.

Bista ve ark., (2019) odun biyokömürünü 0, 11.2, 22.4, 44.8 t/ha dozunda kimyasal gübrelerle birlikte buğday yetiştirilen topraklara uygulamışlardır. Biyokömür uygulamaları toprak organik madde içeriğini, toprak pH, fosfor, potasyum ve sülfür içeriğini artırmıştır. Toprakta NO_3^- miktarı, biyokömür uygulamalarındaki artış ile ve kimyasal gübre uygulamalarında azalma göstermiştir.

Bai ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada, çeltik-buğday rotasyonu uygulanan arazide saman ve saman biyokömürünün toprak agregasyonu ve toprak mantar popülasyonuna uzun dönem etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla topraklara kontrol, geleneksel inorganik gübre, saman ve saman biyokömürü uygulamışlardır. Araştırma sonucunda inorganik gübre uygulamasına göre saman ve saman biyokömürü

uygulaması 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikte toprakların toplam organik karbon, toplam azot içeriğini ve agregatlaşmasını önemli düzeyde etkilemiştir.

Zeleya ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada, kanalizasyon atığı ve şeker kamışı küspesinden elde edilen biyokömürün şeker kamışı üretimi ve beslenmesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda kanalizasyon atığından biyokömür üretimi ile kanalizasyon atığının zararlı etkileri azaltılmış ve tarımda kullanılabilecek alternatif bir teknoloji olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda biyokömür toprak verimliliğini, kök gelişimini ve besin elementi alımını artırdığını tespit etmişlerdir.

Liu ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada, dağlama bitkisi ve marul yetiştirilen topraklara %0, %1.5, %3 ve %5 oranında yer fıstığı kabuğu biyokömürü ve yer fıstığı kabuğu kompostundan üretilen biyokömürü uygulamışlardır. Çalışma sonucunda yer fıstığı kabuğu biyokömürü her iki bitkide verimi önemli düzeyde etkilememiştir. Kompostlanmış yer fıstığı kabuğundan üretilen biyokömür ise toprak kalite özelliklerinin (su tutma kapasitesi, toprak organik madde içeriği, toprak elektriksel iletkenliği ile K ve P gibi makro elementlerin yarayışlılığı) gelişmesine katkı sağlamıştır.

Tarakçıoğlu ve ark., (2019) fındık kabuğundan üretilen biyokömür ile diğer atıkların kumlu tınlı toprağın besin kapsamı üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, biyokömür ve hayvan gübresinin toprak pH'sı, organik madde, toplam azot, bitkiye yarayışlı fosfor ve potasyum içeriğini arttırdığı, demir ve bakır miktarını azalttığı belirlenmiştir.

Hu ve ark., (2021) buğday mısır rotasyonunda saman, saman biyokömürü ve kimyasal gübrelerin toprak özellikleri ve buğday bitkisinin gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada topraklara kontrol, azot + fosforlu kimyasal gübre (geleneksel), 8 t/ha saman + kimyasal gübre, 8 t/ha saman biyokömürü + kimyasal gübre, 16 t/ha saman biyokömürü + kimyasal gübre uygulamışlardır. Araştırma sonucunda en yüksek buğday bitkisine ait bitki boyu ve biyokütle içeriği 16 t/ha uygulamasında elde edilmiştir. Başakta tane sayısı ve 1000 tane ağırlığı 16 t/ha uygulamasında diğer uygulamalara göre istatistiksel olarak oldukça önemli bulunmuştur. Saman biyokömürü uygulamalarında toprak organik karbon, toplam azot ve mikrobiyal biyokütle karbonu önemli derecede artırmıştır.

Bazı çalışmalarda bitki verimini artırmak için biyokömür özelliği farklı topraklar arasında büyük ölçüde değişiklik gösterdiği açıklanmıştır (Jay ve ark., 2015; Abiven ve ark., 2015). Genellikle bitki gelişimi kumlu topraklarda hızlı su akışı, besin elementi yıkanması, yüksek hacim ağırlığı, zayıf organik karbon içeriği ve düşük mikroorganizma varlığı nedeniyle engellenmektedir (Baïamonte ve ark., 2019; Alotaibi ve Schoenau, 2019). Biyokömür kumlu topraklarda tuzluluğu azaltabilmekte, toprak karbonu olarak işlev görebilmekte, yıkanma ve buharlaşma yoluyla besin elementi kaybını azaltabilmekte ve bitkiye yarayışlı besin elementlerini artırmaktadır (Hardy ve ark., 2019). Ayrıca biyokömür toprak pH'sını ve toprak fizikokimyasal özelliklerini düzenleyerek bitki sağlığını geliştirmektedir (Pimenta ve ark., 2019). Ancak topraklara biyokömür uygulamaları bitki gelişimi ve üretimi üzerine tutarsız sonuçlar da göstermektedir (Butnan ve ark., 2015; Sigua ve ark., 2016). Spokas ve ark., (2012) yapılan çalışmaların yaklaşık yarısında topraklara biyokömür uygulandıktan sonra bitki gelişimi ve verimi üzerinde kısa dönem pozitif etkiler gösterdiği, ancak çalışmaların diğer yarısında önemsiz ve negatif etkiler gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Jay ve ark., (2015) biyokömür uygulamalarının etkisinin toprak verimlilik durumu ile ters ilişkili olduğunu ve düşük verimli topraklarda biyokömür uygulaması ile daha iyi verim alınabileceğini gözlemlemişlerdir. Genellikle bitki gelişimi ve verimi sadece toprak özelliklerine (verimlilik, tekstür gibi) bağlı olmayıp aynı zamanda toprak ve biyokömür arasındaki interaksiyonlarda olduğu gibi biyokömürün karakteristiklerine de bağlıdır (Novak ve Busscher, 2013; Sigua ve ark., 2016). Özellikle düşük sıcaklıklarda üretilen (≤ 400 °C) yeni biyokömürler genellikle zararlı bileşikler (radikaller, fenoller, ketonlar gibi) içermektedir (Lyu ve ark., 2016) ve bunun topraklara herhangi bir olgunlaştırma, kompostlaştırma ve kimyasal gübre ile karıştırma gibi ön işleme tabi tutulmadan uygulanması tavsiye edilmemektedir (Schmidt ve ark., 2014; Zhu ve ark., 2017). Ayrıca tek bir biyokömür çeşidi toprak özelliklerindeki farklılıklar ve toprak parçacıkları ve mikroorganizmaları arasındaki interaksiyonlar nedeniyle tüm toprak tiplerindeki problemleri gideremez (Novak ve Busscher, 2013; Zhu ve ark., 2017).

Naeem ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada, mısır bitkisinin tane verimi ve toprak özellikleri üzerine biyokömür, kompost ve inorganik gübrenin etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda biyokömür, kompost ve inorganik gübre

uygulanması kontrole göre mısırın tane verimini ve gelişimini artırmıştır. Fakat biyokömür + kompost + inorganik gübre uygulamasında bunların tek başına uygulanmasına göre mısırın tane verimi ve gelişimi daha yüksek oranda artış göstermiştir. Biyokömür, kompost ve inorganik gübrenin birlikte uygulamasında toprakların organik karbon, N, P ve K içeriği önemli derecede artış gösterirken pH azalmıştır.

Yan ve ark., (2019) mısır sapından üretilen biyokömürü 0, 20, 40 ve 60 t/ha oranlarında kışık buğday yetiştirilen topraklara uygulamışlardır. Uygulamalar kontrol uygulamasına göre toprak sıcaklığını ve toprak nem içeriğini artırmıştır. Toprak nem içeriği en yüksek 40 t/ha dozunda bulunmuştur. Artan biyokömür uygulama dozları ile toprak hacim ağırlığı azalmıştır. En yüksek buğday tane verimi 40 t/ha dozunda elde edilmiştir.

Ibrahim ve ark., (2019) killi tekstüre sahip topraklara 0 ve 10 t/ha dozunda biyokömürü fosforlu gübreler (%0, %50, %100, %150) ile birlikte uygulamışlardır. Farklı oranlarda fosforlu gübreler ile, 10 t/ha biyokömür uygulaması toprakların hacim ağırlığını istatistiksel olarak önemli derecede azaltmıştır. Uygulamalar agregat stabilitesi, doymun hidrolik iletkenlik, su tutma kapasitesini önemli derecede artırmıştır. Aynı zamanda uygulamalar buğdayın tane verimini de artırmıştır.

Javeed ve ark., (2021) 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C' de üretilen hurma atığı biyokömürünü topraklara uygulamışlardır. Çalışma sonucunda N, P ve K gübresi ile beraber uygulanan düşük sıcaklıkta üretilen hurma atığı biyokömürü, buğday biyokütle içeriğini ve su tutma kapasitesini geliştirmiştir. Düşük sıcaklıklarda üretilen biyokömür sadece toprakların fiziksel özelliklerini (hacim ağırlığı, toplam porozite, pH, EC, KDK, organik madde ve agregat stabilitesi) iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda toprakta su tutma kapasitesini de artırmıştır.

Korai ve ark., (2021) buğday ve çeltik yetiştirilen topraklara kontrol, kimyasal gübre, yıkanmamış mısır biyokömürü, yıkanmış mısır biyokömürü, buğday biyokömürü ve yıkanmış buğday biyokömürünü 20 t/ha dozunda uygulamışlardır. Biyokömür uygulamaları, özellikle buğday biyokömürü uygulaması, toprakların yarayışlı N, P, K içeriklerini, bunların tanedeki ve buğday sapındaki konsantrasyonlarını önemli derecede artırmıştır. Biyokömür uygulaması buğdayın tane verimini artırmıştır. Biyokömür ve kimyasal gübre uygulaması buğdayın sap ve

tanesinde besin konsantrasyonlarını önemli derecede artırmıştır. Biyokömür uygulamasında yalnız kimyasal gübre uygulanan topraklara göre, toprak organik karbonu, toplam azot, yarayışlı fosfor ve potasyum içeriklerini önemli derecede artırmıştır.

Zaheer ve ark., (2021) yaptıkları çalışmada, biyokömür uygulamasının (28 g/kg ve 38 g/kg) buğday bitkisinin gelişimi ve toprağın biyokimyasal özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda 28 g/kg biyokömür uygulamasına göre, 38 g/kg biyokömür uygulamasında daha yüksek mineral besin içeriği, Bray P' u, değişebilir K, toprak karbonu, azot mineralizasyonu ve toprak solunumu elde edilmiştir. Biyokömür uygulamaları buğday bitkisinin gelişimini ve verimini önemli derecede etkilemiştir. Buğday bitkisine ait en yüksek bitki boyu, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, 1000 tane ağırlığı ve tane verimi en yüksek biyokömür uygulama dozunda (38 g/kg) elde edilmiştir.

Dong ve ark., (2022) iki farklı dozda azotlu gübreyi (240 ve 300 kg N ha⁻¹) biyokömür ile (0, 15, 30 t/ha) birlikte buğday yetiştirilen topraklara uygulamışlardır. Araştırma sonucunda aynı miktarda uygulanan azot dozuna karşı, artan biyokömür uygulamaları buğday verimini ve toprak organik karbon içeriğini artırmıştır. 30 t/ha biyokömür uygulama dozunda alınabilir potasyum istatistiksel olarak önemli derecede artmıştır. Temel bileşen analizi sonuçlarına göre biyokömür uygulaması, toprak organik karbon içeriği, yarayışlı potasyum ve toplam azot içeriğinin buğday verimini etkileyen ana faktörler olduğunu tespit etmişlerdir. Biyokömür uygulama dozu arttıkça buğday bin tane ağırlığı ve hasat indeksi artmıştır.

2.3 Organik Atık Ekstraktı İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Kompost ekstraktı yaygın olarak bitki verimini artırmak, toprakta varolan mikrobiyal popülasyonu geliştirmek ve bitkilerin mineral besin içeriği kalitesini artırmak için kullanılmaktadır (Din ve ark., 2017). Kompost ekstraktları toprak verimliliğini artırarak bitki gelişimini destekleyen ve bitki dokularındaki mineral besin konsantrasyonunu artıran birçok yararlı mikroorganizma içermektedir (Fritz ve ark., 2012). Kompost çayı olarak bilinen kompost ekstraktı belirli inkübasyon süresi içerisinde mikroroganizma katkılı ya da katkısız, kompostlanmış materyalin inkübasyonu sonucunda fermente olmuş sulu kompost karışımıdır (Kone ve ark., 2010).

Thomidis ve Exadaktylou (2010)'da yaptıkları araştırmada kompost ekstraktının şeftalide hastalık etmenlerinin büyük çoğunluğunu azalttığını tespit etmişlerdir.

Kasifah ve ark., (2014) yaptıkları bir çalışmada çeltik, mısır ve yerfıstığından elde edilen kompost ekstraksiyonlarının toprakta bitki besinlerinin yararlılığını geliştirici önemli bir role sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Mahmoud ve ark., (2015) yaptıkları çalışmada, soğan verimi, kalitesi ve toprak özellikleri üzerine azotlu gübre, kompost ekstraktı ve azot fikse eden bakterilerin etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda kompost ekstraktı ve 214 kg N ha⁻¹ toprakta yararlı besin içeriğini (N, P, K) ve organik madde içeriğini artırdığını, toprak tuzluluk ve pH' sı kompost ekstraktının yapraktan uygulanmasına göre, topraktan uygulanması daha azaltıcı etkide bulunmuştur.

Kim ve ark., (2015) yaptıkları çalışmada, tıbbi bitki kompostu, vermikompost, çeltik samanı kompostu ve bu üçünün karışımından elde edilen komposttan (TÇV), havalı koşullarda elde edilen kompost çayında (HKÇ) inkübasyon süresine bağlı kimyasal karakteristikleri ve mikrobiyal populasyonun değişimini incelemişlerdir. Kompost çaylarını kırmızı kıvrıcık marul, soya ve şeker mısırına uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, çeltik samanı kompost çayı hariç diğerlerinde, kompost çayının pH ve EC değerleri inkübasyon süresine bağlı olarak hafifçe artmaktadır. Tıbbi bitki ve çeltik samanı kompost çayı hariç tüm kompost çaylarında NO₃⁻ azotu, NH₄⁺ azotundan daha yüksek bulunmuştur. Plakadaki mantar ve bakteri sayısı başlangıçtaki havalı kompost çayından daha yüksektir. Tüm HKÇ' larında bakteriler daha baskındır. Yapraktan %0.4 (TÇV) uygulaması gelişim parametreleri üzerinde en etkili doz olarak bulunmuştur. %0.8 TÇV uygulaması soya fasulyesi ve şeker mısırında kök ve gövde gelişimini önemli derecede artırmıştır.

Lou ve ark., (2016) yaptıkları çalışmada, buğday ve mısır samanından elde edilen ekstraktların lahanada verim, C vitamini ve çözünebilir protein içeriğini önemli düzeyde artırırken, lahananın nitrat içeriğini azalttığını tespit etmişlerdir. Biyokömür su ekstraktının tarımda önemli bir sıvı düzenleyici olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Salim (2016)'da kumlu topraklarda buğdayın gelişim, verim ve mineral içeriği üzerine biyokömür ve deniz yosunu ekstraktı uygulamasının etkilerini araştırmıştır.

Araştırma sonucunda kontrole göre tüm uygulamalarda bitki boyu, kök uzunluğu ve klorofil okuma değerleri artış göstermiştir. Biyokömür uygulamasında kontrole göre, buğday kökünde N, P, Mg ve Ca konsantrasyonunu önemsiz düzeyde artırmıştır. %2 biyokömür + 1 g/L denizyosunu ekstraktının birlikte uygulanması kontrole göre kökte N, P ve K konsantrasyonlarını artırmıştır. Tüm uygulamalarda kontrole göre buğday yapraklarının N, P ve K konsantrasyonları artış göstermiştir.

Din ve ark., (2017)'de Pak Choi bitkisi üzerine havalı ve havasız koşullarda elde edilen kompost ekstraktlarının etkisini incelemiştir. Bu amaçla havalı kompost ekstraktı + organik gübre, havasız kompost ekstraktı + organik gübre, havalı kompost ekstraktı + inorganik gübre ve havasız kompost ekstraktı + inorganik gübreyi Pak Choi bitkisine uygulamışlardır. Araştırma sonucunda pak choi bitkisinin kuru ve yaş ağırlığını en yüksek havalı kompost ekstraktı + inorganik gübre uygulamasında, en düşük bitki yaş ağırlığını ise havalı kompost ekstraktı + organik gübre uygulamasında bulmuşlardır.

Gonzalez and Kang (2017) yaptıkları çalışmada, 2 hafta süresince kompostlu ve kompostsuz biyokömürden elde edilen süzükte pH değişimi ve 4 hafta süresince topraklara uygulanan biyokömür ve/veya kompost düzenleyicilerinin turp çimlenmesi üzerine etkisini incelemiştir. Araştırma sonucunda biyokömür uygulanan topraklarda yarayışlı P içeriği uygun seviyede bulunmazken, kompost uygulanmış diğer tüm ortamlarda bitkiye yarayışlı N içeriği (NO_3^- - $\text{N}^{\text{u}}=104 - 144 \text{ mg/kg}$) uygun seviyede bulunmuştur.

Ren ve ark., (2017)'de yaptıkları çalışmada, kompost ekstraktı, organik hayvan gübresi ve kompost ekstraktı + organik hayvan gübresinin yonca yetiştirilen topraklarda bitki ve toprak üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda uygulanan materyallerin yoncada kök, gövde ve toprakta N, P ve K içeriklerini artırdığını tespit etmişlerdir.

Soobhany (2018) yaptığı araştırmada, belediye katı atıklarından elde edilen vermikompost ve kompost ekstraktlarını kullanarak yeni bir toprak remediasyon tekniği ile ağır metal bulaşmış toprakların ekotoksitesini azaltıcı bir yönetim stratejisini değerlendirmiştir. Araştırma sonucunda ağır metallerin azaltılmasında vermikompost ekstraktının kompost ekstraktından daha fazla oranda etkili olduğunu tespit etmiştir.

Çelik ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada, kurutulmuş fındık zurufu ekstraktının ve zuruf kompostunun saksıda yetiştirilen kök ur nematodu bulunan domateste bazı bitki parametreleri ve nematod enfeksiyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda zuruf kompostu uygulamasının ekstrakt uygulamasına göre bitki kök ağırlığını daha önemli düzeyde etkilemiştir. Bitki gövde yaş ağırlığının ise zuruf ekstraktı uygulamasında, zuruf kompostu uygulamasından daha fazla etkilendiğini belirlemişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Deneme Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Arazisi'nde 2019 – 2020 yıllarında kurulmuştur. Deneme alanı toprağı %64 kum, %12 kil ve %24 silt içeriğine sahip olup kumlu tın tekstür sınıfında yer almaktadır. Deneme topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Deneme Alanı Toprağına Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri

	HA (gr/cm ³)	AS (%)	Hİ (cm/h)	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	pH	EC (µS/cm)	OM (%)	TN (%)	YP (ppm)	YK (ppm)
2019	1.33	36.55	4.23	19.64	10.36	9.28	7.8	63.2	0.49	0.023	10.12	104.2
2020	1.32	42.30	5.34	21.63	11.21	10.42	7.7	107.3	0.88	0.087	9.17	148.4

HA: Hacim ağırlığı; AS: Agregat stabilitesi; Hİ: Hidrolik İletkenlik; TK: Tarla Kapasitesi; SN: Solma Noktası; YSİ: Yarayışlı Su İçeriği; EC: Elektriksel İletkenlik; OM: Organik Madde; TN: Toplam Azot; YP: Yarayışlı Fosfor; YK: Yarayışlı potasyum

2019 yılı deneme alanı toprak özellikleri; toprak tekstürü kumlu tın, hidrolik iletkenlik orta düzeyde, hafif alkalın, tuzsuz, organik madde içeriği ve toplam azot içeriği çok az, alınabilir fosfor içeriği yeterli, alınabilir potasyum içeriği az düzeydedir. 2020 yılı deneme alanı toprak özellikleri; toprak tekstürü kumlu tın, hidrolik iletkenlik orta düzeyde, hafif alkalın, tuzsuz, organik madde içeriği çok az, toplam azot içeriği orta, alınabilir fosfor ve potasyum içeriği yeterli düzeydedir.

Tez çalışmasında fındık zurufu, fındık zurufu biyokömürü ve bu iki materyalden elde edilen çaylar materyal olarak kullanılmıştır. Fındık zurufu, fındık üretimi yapılan bir bahçeden temin edilmiştir. Bahçede bırakılmış fındık zurufu yağınından 4 mm'lik elekten elenen zuruf materyali çuvallara doldurularak Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne ait Toprak Odası'na taşınarak deneme için depolanmıştır. Fındık zurufu biyokömürü, özel olarak yaptırılan biyokömür fırınında üretilmiştir. 13 L kapasiteli olan biyokömür fırınına yerleştirilen zuruf materyali 350 °C'de 3.5 saat yakılarak zuruf biyokömürü elde edilmiştir. Zuruf çayı ve zuruf biyokömürü çayı hazırlamak için 1:10'luk zuruf - biyokömür / saf su karışımı 24 saat 100 dev/dk mekanik çalkalayıcıda çalkalanıp süzülerek, çaylar hazır hale getirilmiş ve

+4 °C’de depolanmıştır. Denemede kullanılan materyallere ait örnekler Şekil 3.1’de, kimyasal özellikler Çizelge 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.1 a) Zurufla kaplı toprak b) Zurufla kaplı biyokömür c) Zurufla kaplı çay d) Biyokömürle kaplı çay

Çizelge 3.2 Deneme Materyallerine Ait Bazı Kimyasal Özellikler

	pH	EC (µS/cm)	OM (%)	N (%)	P (%)	K (ppm)
Fındık Zurufları	4.55	1661	92.19	1.24	0.065	5232
Biyokömür	7.45	865	82.41	1.70	0.124	6749
Zurufla Çay	5.87	1288	-	-	0.833	592
Biyokömür Çay	7.54	791	-	-	0.199	577

3.2 Denemenin Kurulması

Tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre 4 materyal (zurufla, zurufla çay, zurufla biyokömürü, zurufla biyokömürü çayı), 4 doz (0-1-2-3 t da⁻¹) ve 3 tekerrürlü kurulan deneme 2019 – 2020 yıllarında 2 yıl süreyle yürütülmüş ve buğday bitkisi yetiştirilmiştir. Buğday çeşidi olarak bölgeye uygun Ahmetağa kışlık ekmeclik buğday tohumu kullanılmıştır. Deneme, 310 m² alanda herbiri 2x1 m² olacak şekilde net 96 m² alanda 48 parsel çakılı olarak oluşturulmuştur. Deneme parsellerine ait görseller Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2 Deneme Arazisi Parsellerine Ait Görünüm

Ordu Metereoloji Müdürlüğünden temin edilen deneme yıllarına ait iklim verileri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 Deneme Yıllarına Ait İklim Verileri

AYLAR	Aylık Toplam Yağış (mm)			Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Ocak	-	161.1	65.6	-	6.5	8.8
Şubat	-	122.1	93.3	-	7.1	7.1
Mart	-	80.7	109	-	9.5	7.0
Nisan	-	46.4	38.8	-	9.9	11.5
Mayıs	-	86.4	69.2	-	15.6	15.6
Haziran	-	80.7	39.7	-	20.6	19.8
Temmuz	-	28.4	89.2	-	23.8	24.5
Ağustos	-	125.7	132.6	-	22.8	23.7
Eylül	-	46.6	-	-	22.3	-
Ekim	108.8	20	-	17.2	17.9	-
Kasım	95.7	164.6	-	12	11.5	-
Aralık	157.8	16.3	-	9.2	9.3	-

Her iki yıl, arazi tohum ekiminden önce pulluk ile sürülmüş, ardından rotavatör ile toprak ekime hazırlanmıştır. Çalışma alanına ait alandaki taş ve yabancı otlar temizlenmiştir. Başlangıç toprak özelliklerini belirlemek amacıyla araziden toprak örnekleme yapılmıştır. 1. yıl, hazırlanan parsellere 10/11/2019 tarihinde tez önerisinde belirtilen oranlarda (0, 1, 2, 3 t da⁻¹) fındık zuru, zuru biyokömürü, zuru çayı ve zuru biyokömürü çayı topraklara çapa ile karıştırılarak uygulanmıştır. 20/11/2019 tarihinde buğday tohumları 20 cm sıra arasına 4-6 cm derinliğe m²'de 500 bitki olacak şekilde parsellere ekilmiştir. Arazide her hafta buğday gelişimi takip edilmiş, yabancı ot temizliği yapılmış, fenolojik gözlem ve bitki fotoğrafları alınmıştır. Buğday bitkisinin gübreleme programı dikkate alınarak denemenin 1. yılında 27/11/2019 tarihinde 5 kg/da saf N-P-K olacak şekilde 20-20-20 kompoze gübre, 08/03/2020 tarihinde 5 kg/da saf N olacak şekilde CAN (Kalsiyum Amonyum Nitrat) gübresi, 04/04/2020 tarihinde 4 kg/da saf N olacak şekilde CAN gübresi, 05/04/2020 tarihinde K₂SO₄ (Potasyum Sülfat) gübresinden 5 kg/da saf K olacak şekilde uygulanmıştır. 04/05/2020 tarihinde deneme alanında buğday yapraklarında sararma ve kızarıklık ile başgösteren N ve P noksanlığını önlemek amacıyla 06/05/2020 tarihinde 3 kg/da saf P ve 5 kg/da saf N olacak şekilde; (25-15-0) gübresinden uygulanmıştır. Bitkide toplam N, P ve K içeriklerini belirlemek amacıyla sapa kalkma döneminde (13/04/2020) arazide 48 parselde her 1 m² alandan bitki örnekleri hasat edilmiştir. Bitki örnekleri kese kağıtlarına konularak numaralandırılmış (1-48) ve

laboratuvara getirilmiştir. Buğdaya ait bitkisel özellikleri belirlemek için 01/07/2020 tarihinde ilk yıl hasatı yapılmıştır. Hasat sonrası 20/07/2020 tarihinde toprakta fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlemek için her parselden yüzey toprak örnekleri (0-30 cm) alınmış, numaralandırılmış ve laboratuvara getirilmiştir. 1. yıl toprak örnekleme ve hasata ait görseller Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3 Deneme Arazisinden 1. Yıl Toprak Örnekleme ve Buğday Hasatı

Denemenin 2. yılında; 19/11/2020 tarihinde çakılı parsellere ekimden önce materyaller ve çay ekstraktları uygulanmış, 02/12/2020 tarihinde tohum ekimi yapılmıştır. 09/12/2020 tarihinde, 5 kg/da saf N, P, K olacak şekilde 15-15-15 kompoze gübre, 08/03/2020 tarihinde 9 kg/da saf N olacak şekilde, 08/05/2021 tarihinde 5 kg/da saf N olacak şekilde CAN gübresi uygulanmıştır. Bitkide toplam N, P ve K içeriklerini belirlemek amacıyla sapa kalkma döneminde (29/04/2021) arazide 48 parselde her 1 m² alandan bitki örnekleri hasat edilmiştir. Bitki örnekleri kese kağıtlarına konularak numaralandırılmıştır (1-48) laboratuvara getirilmiştir. Buğdaya ait bitkisel özellikleri belirlemek için 19/07/2021 tarihinde ikinci yıl hasatı yapılmıştır. Hasat sonrası 07/08/2021 tarihinde toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için her parselden yüzey toprak örnekleme (0-30 cm) alınmış, numaralandırılmış ve laboratuvara getirilmiştir. 2. yıl toprak örnekleme ve hasata ait görseller Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4 Deneme Arazisinden 2. Yıl Toprak Örnekleme ve Buğday Hasatı

Denemelerin sonunda, her yıl hasat sonrası alınan yüzey toprak örnekleri laboratuvara getirilerek kurutulmuş, dövülerek 2 mm'lik elekten elenmiş, tez önerisinde belirlenen fiziksel (toprak tekstürü, toprak hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik, agregat stabilitesi, tarla kapasitesi, solma noktası, makropor, mikropor içeriği, havalanma porozitesi) ve kimyasal toprak özelliklerini (pH, EC, toprak organik madde içeriği, toplam azot, değişebilir fosfor ve potasyum) belirlemek için analize hazır hale getirilmiştir.

Deneme esnasında, her yıl sapa kalkma döneminde alınarak laboratuvara getirilen bitki örneklerinin yaş ağırlıkları tartılmıştır. Saf su ile yıkanan bitki örnekleri, bitki kurutma dolabında 65 °C'de kurutulmuş ve bitkilerin kuru ağırlıkları alınmıştır. Kurutulan bitki örnekleri bitki değirmeninde öğütülerek analize (toplam N, P ve K analizleri) hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan örnekler analizler dışında buzdolabında muhafaza edilmiştir. Deneme sonunda her yıl hasat edilen bitki örneklerinde tez önerisinde belirtilen, bitki boyu, 1000 tane ağırlığı, tane verimi, m²'de başak sayısı, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, bayrak yaprak alanı, hektolitre ağırlığı, hasat indeksi belirlenmiştir.

3.3 Yöntem

3.3.1 Deneme Materyallerinde Yapılan Analizler

3.3.1.1 Fındık Zurufu ve Biyokömürde Yapılan Analizler

pH: 1:10 oranında adsorban-saf su karışımında hidrojen iyonu konsantrasyonunun pH-metre ile potansiyometrik olarak ölçülmesi yöntemi ile belirlenmiştir (Black ve ark., 1965)

Elektriksel İletkenlik: 1:10 oranında adsorban-saf su karışımında elektriksel iletkenliğe bağlı kondaktivite metodu ile belirlenmiştir (Black ve ark., 1965).

Organik Madde: Fırında 550 °C’de yakılma sonunda biyokömür ve zuruf örneğinde beliren ağırlık kaybı dikkate alınarak belirlenmiştir (Horneck ve ark., 1989).

Toplam Azot: Kjeldahl yöntemi ile (Bremner, 1965)’e göre belirlenmiştir.

Toplam fosfor: Kitson ve Mellon (1944), tarafından bildirildiği şekilde önceden nitrik asit ile kuru yakılan örnekler, vanadomolibdo fosforik sarı renk metoduna göre belirlenmiştir.

Toplam Potasyum: Önceden nitrik asit ile kuru yakılan zuruf ve biyokömür örneklerinde atomik absorpsiyon spektrofotometre ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

3.3.1.2 Fındık Zurufu Çayı ve Biyokömür Çayında Yapılan Analizler

pH: Zuruf ve biyokömür çayına ait hidrojen iyonu konsantrasyonu çaylara pH-metre doğrudan daldırılarak potansiyometrik olarak ölçülmüştür.

Elektriksel İletkenlik: Zuruf ve biyokömür çayına ait elektriksel iletkenlik çaylara EC-metre probu doğrudan daldırılarak ölçülmüştür.

Toplam fosfor: Kitson ve Mellon (1944), tarafından bildirildiği şekilde örnekler, vanadomolibdo fosforik sarı renk metoduna göre belirlenmiştir.

Toplam Potasyum: Fındık zurufu ve biyokömür çayına ait toplam potasyum atomik absorpsiyon spektrofotometre ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

3.3.2 Toprak Örneklerinde Yapılan Analizler

Toprak Tekstürü: Toprak taneciklerinin büyüklüklerine göre kum, silt ve kil olarak toprak içerisindeki yüzde içerikleri Bouyoucos hidrometre yöntemi ile ölçülmüştür (Bouyoucos, 1951).

Toprak Hacim Ağırlığı: Hacmi bilinen örnek kabına alınan bozulmamış materyallerin fırın kuru ağırlıklarının toplam hacme bölünmesiyle, Blake ve Hartge (1986)’da belirtildiği şekilde tespit edilmiştir.

Hidrolik İletkenlik: Doygun toprak sütunlarında, sabit su seviyeli permeabilite yöntemi takip edilerek saptanmıştır (Demiralay, 1993).

Agregat Stabilitesi: “Islak eleme” yöntemi ile izlenerek, çapları 1-2 mm arasında olan toprak fraksiyonları, 0.250 mm elek açıklığına sahip bir elek üzerine aktarılarak, bu elek, “Yoder tipi” ıslak eleme aletine bağlanıp, elek içeriği 5 dakika su içerisinde ıslatılarak ve 5 dakika da su içerisinde elenmiştir. Elek üzerinde kalan suya dayanıklı agregatlar miktarı, gerçek toprak agregatlar miktarına oranlanarak agregat stabilitesi değerleri % olarak ifade edilmiştir (Demiralay, 1993).

Tarla Kapasitesi: Toprak örneklerinin tarla kapasitesindeki (1/3 atmosfer) rutubet içerikleri (%) olarak “basınç tablalı toprak nemi tayin cihazı” nda belirlenmiştir (Çepel, 1985; Kantarcı, 2000).

Solma Noktası: Toprak örneklerinin solma noktasındaki (15 atmosfer) rutubet içerikleri (%) olarak “basınç tablalı toprak nemi tayin cihazı”nda belirlenmiştir (Çepel, 1985; Kantarcı, 2000).

Makro Por: Toplam poroziteden (pF 0), 50 cm tansiyonda tutulan hacimsel su miktarının çıkarılması suretiyle bulunmuştur (Munsuz, 1982).

Mikro Por: Toplam poroziteden (pF 0), makro por miktarının çıkarılması suretiyle bulunmuştur (Munsuz, 1982).

Havalanma Porozitesi: Toplam gözenek hacminden, 50 cm tansiyonda tutulan hacimsel su miktarının çıkartılmasıyla hesaplanarak belirlenmiştir (Munsuz, 1982).

Toprak Reaksiyonu (pH): Toprakların pH değerleri 1:2.5 oranındaki toprak : saf su (w/v) karışımının iki saat süreyle mekanik bir çalkalayıcıda çalkalanması ve bir müddet bekleme süresi sonunda, nispeten berraklaşan kısımda cam elektrotlu pH-metre ile ölçülmesi suretiyle elde edilmiştir (Bayraklı, 1987).

Toprakta Elektriksel İletkenlik (EC): Toprakların EC değerleri, pH ölçümü için hazırlanan 1:2.5 oranındaki toprak : saf su (w/v) süspansiyonlarında elektriksel iletkenlik aleti ile ölçülmüştür (Bayraklı, 1987).

Organik Madde: Toprakların organik madde kapsamı, Walkey-Black yaş yakma yöntemi izlenerek titrimetrik olarak belirlenmiş ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Kacar, 1994).

Toplam Azot: Kjeldahl yöntemi ile (Bremner, 1965)'e göre belirlenmiştir.

Değişebilir Potasyum, Fosfor: Toprak örnekleri 1 N nötr NH_4OAc ile ekstrakte edilerek, değişebilir K fleymfotometre, P ise spektrofotometre cihazında belirlenmiştir (Sağlam, 1997).

3.3.3 Bitki Örneklerinde Yapılan Analizler

Bitki boyu (cm): 1 m²'lik hasat alanı içinden seçilen 10 bitkinin ana sapsarı toprak seviyesinden, kılçıklar hariç, en üst başakçığın ucuna kadar olan uzunluk ölçülerek cm olarak ifade edilmiştir.

1000 tane ağırlığı (g): Harman edilmiş taneler 100'er adet olmak üzere 4 defa sayılarak tartılmış ve ortalamaları alındıktan sonra 10 ile çarpılarak 1000 tane ağırlıkları gr olarak belirlenmiştir.

Tane verimi (kg/da): 1 m² 'lik alandan hasat edilen bitkilerden elde edilen ürün tartılarak dekara verimleri hesaplanmıştır.

m²'de başak sayısı: Olgunlaşma döneminde, her parselin hasat alanı içinde kalan sıralardan rastgele seçilen bir metrelik iki sıradaki başaklar sayılarak ve bu değerler m²'de başak sayısına çevrilmiştir.

Başak uzunluğu: Her parselden şansa bağlı olarak alınan 10 başakta başak ekseninin en alt boğumu ile en üstteki başakçığın ucu (kılçıklar hariç) arasındaki uzunluk ölçülerek cm olarak belirlenmiştir.

Başakta tane sayısı: Her parselden hasat alanı içerisinde şansa bağlı olarak alınan 10 başak ayrı ayrı harman edilip taneleri sayılarak ve başak başına tane sayısı adet olarak tespit edilmiştir.

Bayrak Yaprak Alanı: Başaklanma başlangıcında (bitki söküm haftası) parsellerde bulunan bitkilerin bayrak yaprağının eni ve boyu cetvelle ölçülerek bayrak yaprak alanı, bayrak yaprak eni ile boyunun 0.68 faktörüyle çarpımı sonucunda hesaplanmıştır (Kalaycı ve ark., 1998).

Hektolitre ağırlığı: Yüz litre buğdayın kg cinsinden ağırlığı olarak ifade edilen hektolitre ağırlığını hesaplamak için hektolitre ölçüm aleti kullanılmıştır. Bir litre olan hektolitre aletini dolduracak kadar buğday örneği alete konulmuş ve tanelerin

ağırlıkları tartılmıştır. Elde edilen değer 100 ile çarpılarak 100 L'de tane ağırlığı, gram cinsinden bulunarak ve kilograma çevrilmiştir (Elgün ve ark., 2002).

Hasat İndeksi: Parseli temsil edecek şekilde alınan 50 adet başaklı sap numuneleri 75 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulup, tartılarak kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Daha sonra elde edilen materyal harmanlanarak tane ve sap ağırlıkları tespit edilmiştir. Aşağıdaki formülle hasat indeksi hesaplanmıştır (Reynolds ve ark., 2001).

Hasat İndeksi (HI)= Tane ağırlığı (Bb 50)/Toplam kuru ağırlık (Ka 50)

Toplam azot: Kurutulmuş ve öğütülmüş bitki örneklerinde toplam N, Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Bremner, 1965).

Toplam fosfor ve potasyum: Nitrik asit ile kuru yakılan bitki örneklerinde fosfor, vanadomolibdo fosforik sarı yöntemine göre fleymfotometre ve atomik absorpsiyon spektrofotometre ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

3.3.4 Toprak Kalite Değerlendirmesi

Toprak kalite değerlendirmesinde kullanılacak minimum veri setinin belirlenmesinde, analizi yapılan fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin tamamı başlangıçta potansiyel kalite göstergeleri olarak değerlendirilmiştir (Goverts ve ark., 2006; Rezaei ve ark., 2006; Li ve ark., 2013).

3.3.4.1 Kalite Göstergelerinin Seçimi

Toprak kalite indikatörlerinin seçimine yönelik birçok araştırmacı tarafından çeşitli öneriler yapılmasına karşın Wang ve Gong (1998), her bir toprak özelliğinin toprak kalitesini doğrudan etkileyebileceğini ve bu nedenle kalite göstergelerinin toprak özelliklerinin geniş bir kısmını içine alması gerektiğini bildirmiştir. Bu çalışmadaki gösterge seçiminin birinci aşamasında, buğday verimi ile potansiyel toprak kalite göstergesi olarak kabul edilen ve çalışmada analizleri yapılan fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki korelasyon ilişkileri dikkate alınarak bir değerlendirme yapılmıştır. Korelasyon ilişkileri, kalite değerlendirmesinin ikinci aşaması için potansiyel kalite göstergeleri arasında seçilecek en uygun kalite göstergelerine karar verebilmek için kullanılmış ve farklı uygulamalar altında (zuruf, zuruf çayı, biyokömür, biyokömür çayı) buğday verimi ile korelasyon ilişkileri önemli bulunan potansiyel kalite göstergeleri, ikinci aşamada minimum veri setinin belirlenmesi için kullanacak kalite göstergeleri olarak seçilmiştir.

3.3.4.2 Temel bileşen analizi

Korelasyon analizine göre potansiyel kalite göstergeleri içerisinde seçilen kalite göstergelerinden oluşan veri seti olarak, en uygun göstergelerin yer aldığı minimum veri setinin belirlenmesi amacıyla, temel bileşenler analizine (TBA) tabi tutulmuştur. Minimum veri setinin oluşturulması için temel bileşenler analizine alınacak veri setinde, toprak özelliklerinin farklı birimlere sahip olmasından kaynaklanan problemleri elemine etmek amacıyla standartlaştırma yapılmış ve ayrıca veri setinde çoklu bağlantı ilişkileri de kontrol edilmiştir (Doran ve Parkin, 1994). Tanımlanan minimum veri seti seçim prosedürüne göre, yalnızca özdeğeri > 1 olan temel bileşenler minimum veri setinin (MVS 1) belirlenmesinde dikkate alınmıştır (Li ve ark., 2013; Rezaei ve ark., 2006). Bileşen matrisinde faktör yükü > 0.6 olan değerler, toprak kalite değerlendirilmesinde kullanılacak final kalite göstergeleri olarak kabul edilmiş ve bu veri seti de minimum veri seti 2 (MSV 2) olarak adlandırılmıştır.

3.3.4.3 Ağırlık atamaları

Minimum veri seti 2 (MVS 2) için final kalite göstergeleri seçildikten sonra, her bir kalite göstergesine ait ağırlıklar göstergelerin oransal ortak etken varyansları dikkate alınarak atanmıştır (Sun ve ark., 2003; Shukla ve ark., 2006).

3.3.4.4 Göstergelerin Skorlaması

Kalite göstergelerinin farklı birimlere sahip olması nedeniyle, toprak kalite göstergelerinin skorlanması ve göstergelerin gözlemlenen değerlerinin 0 ile 1 arasındaki bir değere normalleştirilmesi için çeşitli standart skorlama fonksiyonları (SSF) kullanılmıştır (Andrews ve ark., 2002). Toprak kalite göstergelerinin standartize edilmesinde standart skorlama fonksiyonlarının genel olarak Type S ve Type parabola gibi iki tipi seçilmiştir (Karlen ve ark., 1994; Hussain ve ark., 1999; Glover ve ark., 2000; Fernandes ve ark., 2011; Liu ve ark., 2013; Li ve ark., 2013; Lima ve ark., 2013). Standart skorlama sürecinde pozitif eğimler (daha fazla daha iyi) için Type S (SSF₁) ve pozitif eğim bir eşik değerinde negatif eğime dönüşüyorsa da (optimum) Type parabola (SSF₂) fonksiyonları tercih edilmiştir. Belirtilen bu iki standart skorlama fonksiyonunun (SSF) eşitlikleri ise aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$Type S (SFF_1): f(x) = \begin{cases} =0.1 & x < L \\ =0.1 + \frac{0.9x(x-L)}{(U-L)} & L \leq x < U \\ =1.0 & x > U \end{cases} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

$$Type Parabola (SFF_2): f(x) = \begin{cases} =0.1 & x < L_1, x > U_2 \\ =0.1 + \frac{0.9x(x-L_1)}{(U_1-L_1)} & L_1 \leq x < U_1 \\ =1.0 & U_1 \leq x \leq L_2 \\ =0.1 + \frac{0.9x(U_2-x)}{(U_2-L_2)} & L_2 < x \leq U_2 \end{cases} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Bu eşitliklerde

$f(x)$: 0.1 ile 1.0 arasında değişen indikatör skoru;

x : göstergenin gözlemlenen değeri;

L : göstergenin alt eşik değeri;

U : göstergenin üst eşik değeri.

3.3.4.5 Toprak Kalite İndeksinin Hesaplanması

Minimum veri seti 2’de (MSV 2) belirlenen kalite göstergeleri ağırlıklandırılıp ve skorlandırıldıktan sonra toprak kalite indeksi Doran ve Parkin (1994) tarafından tanımlanan yöntem kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{Toprak Kalite İndeksi (TKİ)} = \sum_{i=1}^n (W_i \times Q_i) \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Burada toprak kalite indeksi 0 ve 1 arasında değişirken, w_i her bir göstergeye atanan ağırlık değeri, Q_i gösterge skoru, n ise hesaplamada kullanılan final kalite göstergelerinin sayısını tanımlamaktadır. Hesaplanan toprak kalite indeksleri daha sonra Moebius-Clune (2011) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.4 Toprak Kalite Sınıflandırması

Toprak Kalite Sınıfı	Toprak Kalite İndeksi
Çok Yüksek	> 0.70
Yüksek	0.70-0.65
Orta	0.65-0.55
Düşük	0.55-0.50
Çok Düşük	< 0.50

3.4 İstatistik analizler

Potansiyel kalite göstergelerini belirlemek için ilk olarak toprak özellikleri ile buğday tane verimi arasında pearson korelasyon analizi yapılmış ve korelasyon ilişkileri önemli bulunan özellikler potansiyel kalite göstergesi olarak seçilmiştir. Final toprak kalite göstergelerine karar vermek için ise ikinci aşamada temel bileşenler analizi yapılmıştır. Denemede toprak kalite göstergelerinin belirlenmesi ve bitki gelişim özelliklerinin değerlendirilmesinde, veriler Shapiro-Wilk testi kullanılarak normallik testine tabi tutulmuştur. Normal dağılım koşulunu sağlamayan veri setlerinde karekök ve logaritma dönüşümleri uygulanarak normallik varsayımının karşılanması sağlanmıştır. Tüm veri setinde normal dağılım koşulları karşılandıktan sonra veri setinde varyans analizleri (ANOVA) yapılmış, ortalamalar arasındaki farklar ($p < 0.05$ önem seviyesinde) Tukey testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Tüm istatistik değerlendirmelerinde SPSS 20.0 paket programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Toprak Kalite Göstergelerinin Seçimi

Toprak kalitesinin değerlendirilmesinde fındık zurufu, zuruf biyokömürü, zuruf çayı ve biyokömür çayı uygulanarak buğday yetiştiriciliği yapılan kumlu tın toprakta buğday tane verimini etkileyen toprak özellikleri kullanılarak toprak kalite indeksinin hesaplanması amaçlanmıştır. Yürütülen denemede, her iki yıla ait örnekleme döneminde örneklenen toplam 96 adet toprak örneği için kalite göstergeleri olarak kullanılan bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlara ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Denemenin 1. yılında (2019), uygulanan materyallerin toprak fiziksel özelliklerinden hacim ağırlığı, makro por yüzdesi ve hidrolik iletkenlik, kimyasal özelliklerinden toplam azot, yarayışlı fosfor ve potasyum içerikleri üzerine etkileri önemli farklılık oluşturmuştur (Çizelge 4.1). Toprak hacim ağırlıkları organik materyal uygulamaları ile azalmış, biyokömür çayı uygulamasında daha düşük hacim ağırlığı değerleri bulunmuştur. Toplam azot içeriği üzerine zuruf uygulaması daha etkili olurken, diğer özelliklerde biyokömür uygulaması öne çıkmıştır. Diğer yandan, bu materyallerin uygulama dozu arttıkça incelenen toprak kalite göstergelerinden yarayışlı su içeriği ve EC değerleri hariç düzenli olarak artarken, toprak pH değerleri artan uygulama dozları ile birlikte istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma eğilimi göstermişlerdir. Toprağın çoğu fiziksel özelliği için 2 t/da dozu yeterli bulunurken, besin elementi kapsamlarında 3 t/da en etkili doz olmuştur. Denemenin 2. Yılında (2020), uygulamalar agregat stabilitesi, tarla kapasitesi, yarayışlı su içeriği, makro por yüzdesi, hidrolik iletkenlik haricindeki toprak göstergeleri üzerinde önemli farklılık oluşturmuştur (Çizelge 4.2). Hacim ağırlığı, biyokömür ve zuruf uygulamalarında daha fazla azalmış, solma noktası, pH, organik madde, yarayışlı fosfor içerikleri biyokömür uygulamalarında daha fazla artmış, mikro por yüzdesi, EC, toplam azot ve yarayışlı potasyum içeriklerinde biyokömürle birlikte zuruf uygulamaları da bu artışı paylaşmıştır.

Çizelge 4.1 Uygulamalar Sonrası Toprak Fiziko-Kimyasal Özellikleri (2019)

Uygulamalar (U)	HA (g/cm ³)	AS (%)	SN (%)	TK (%)	YSİ (%)	MAP (%)	MİP (%)	Hİ (cm/h)	pH	EC (µS/cm)	OM (%)	TN (%)	YP (ppm)	YK (ppm)
Z	1.29 [*] a	42.72 ^{öd}	9.12 ^{öd}	17.19 ^{öd}	8.07 ^{öd}	16.24 ^{**} b	46.63 ^{öd}	4.90 ^{**} b	7.75 ^{öd}	61.94 ^{öd}	1.49 ^{öd}	0.105 [*] a	6.142 [*] ab	142.14 [*] ab
ZÇ	1.27 ab	42.13	8.93	17.52	8.59	17.06 b	46.79	5.14 b	7.79	59.24	1.32	0.082 b	5.521 b	127.32 b
B	1.26 ab	42.73	9.65	17.87	8.22	18.74 a	47.33	6.86 a	7.74	65.81	1.53	0.097 ab	6.638 a	152.36 a
BÇ	1.25 b	45.78	9.34	17.81	8.47	16.92 b	47.13	5.50 b	7.75	63.71	1.31	0.095 ab	5.635 ab	136.07 ab
Doz, t/da (D)														
0	1.31 ^{**} a	37.75 ^{**} b	8.65 ^{**} b	16.27 ^{**} b	7.62 ^{öd}	15.58 ^{**} c	49.26 ^{**} a	4.31 ^{**} b	7.83 ^{**} a	62.12 ^{öd}	1.22 [*] b	0.073 ^{**} c	5.190 ^{**} b	120.1 ^{**} c
1	1.27 ab	43.17 ab	9.28 ab	17.47 ab	8.19	16.49 c	44.90 b	5.39 ab	7.84 a	61.29	1.34 ab	0.091 b	5.494 b	131.88 bc
2	1.26 b	44.92 a	9.37 ab	18.08 a	8.71	17.56 b	46.70 ab	6.19 a	7.68 b	63.44	1.42 ab	0.101 ab	5.719 b	145.79 ab
3	1.23 c	47.53 a	9.74 a	18.59 a	8.84	19.32 a	47.03 ab	6.51 a	7.69 b	63.84	1.68 a	0.114 a	7.534 a	160.07 a
U x D	öd	öd	öd	öd	öd	**	öd	öd	öd	**	öd	öd	öd	öd

*, **, öd: Sırasıyla p<0.05, p<0.01 düzeylerinde önemli ve önemli değil. Herbir özelliğe ait sütun içerisinde aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında fark kendi grubu içerisinde önemli değildir.

HA: Hacim ağırlığı; AS: Agregat stabilitesi, SN: Solma noktası, TK: Tarla kapasitesi, YSİ: Yarıyışlı su içeriği, MAP: Makropor yüzdesi, MİP: Mikropor yüzdesi, Hİ: Hidrolik iletkenlik, EC: Elektriksel iletkenlik, OM: Organik madde, TN: Toplam azot, YP: Yarıyışlı fosfor, YK: Yarıyışlı potasyum

Çizelge 4.2 Uygulamalar Sonrası Toprak Fiziko-Kimyasal Özellikleri (2020)

Uygulamalar (U)	HA (g/cm ³)	AS (%)	SN (%)	TK (%)	YSİ (%)	MAP (%)	MİP (%)	Hİ (cm/h)	pH	EC (µS/cm)	OM (%)	TN (%)	YP (ppm)	YK (ppm)
Z	1.18** b	50.10 öd	10.82** b	18.35 öd	7.53 öd	18.58 öd	48.07* a	9.44 öd	7.71 ab	57.43* a	1.40** b	0.097* a	5.361** b	162.1** a
ZÇ	1.23 a	50.99	10.42 bc	17.56	7.13	18.87	46.17 b	8.76	7.72 ab	51.54 b	1.33 b	0.085 b	5.825 b	129.21 b
B	1.18 b	49.49	11.36 a	18.41	7.34	18.71	47.32 ab	9.08	7.75 a	54.96 ab	1.66 a	0.094 ab	7.465 a	170.64 a
BÇ	1.21 a	50.52	10.16 c	17.59	7.53	18.99	48.07 a	9.24	7.64 b	53.07 ab	1.32 b	0.090 ab	5.361 b	125.62 b
Doz, t/da (D)														
0	1.20** ab	45.44** b	10.27** b	17.62 öd	7.13** b	16.58** c	47.35** ab	6.53** c	7.80** a	57.32* a	1.19** c	0.072** c	5.492** b	123.5** c
1	1.22 a	49.18 ab	11.30 a	18.09	6.79 b	17.52 bc	48.23 a	7.47 c	7.74 ab	55.77 ab	1.38 b	0.085 b	5.593 b	140.76 b
2	1.19 b	51.39 ab	9.99 b	18.45	8.82 a	19.44 ab	45.85 b	10.08 b	7.67 bc	52.01 b	1.46 b	0.100 a	6.095 b	143.73 b
3	1.18 b	55.09 a	11.21 a	17.74	6.70 b	21.61 a	48.22 a	12.45 a	7.59 c	51.89 b	1.68 a	0.109 a	7.603 a	179.53 a
U x D	**	öd	öd	öd	öd	öd	**	öd	öd	öd	**	öd	*	**

*, **, öd: Sırasıyla p<0.05, p<0.01 düzeylerinde önemli ve önemli değil. Herbir özelliğe ait sütun içerisinde aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında fark kendi grubu içerisinde önemli değildir.

HA: Hacim ağırlığı; AS: Agregat stabilitesi, SN: Solma noktası, TK: Tarla kapasitesi, YSİ: Yarıyışlı su içeriği, MAP: Makropor yüzdesi, MİP: Mikropor yüzdesi, Hİ: Hidrolik iletkenlik, EC: Elektriksel iletkenlik, OM: Organik madde, TN: Toplam azot, YP: Yarıyışlı fosfor, YK: Yarıyışlı potasyum

Diğer yandan, uygulama dozlarının etkileri 1. yıl ile benzerlik göstermiş, doz artışı ile hemen hemen tüm özelliklerde artışlar meydana gelmiş (hacim ağırlığı ve pH hariç) ve genel olarak 3 t/da dozu öne çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda, fındık zurufu uygulamalarının kaba ve ince bünyeli toprakların havalanma, su tutma kapasitesi, hidrolik iletkenlik, agregat stabilitesini artırdığı (Candemir, 2005; Bender Özenç ve Özenç, 2008; Gülser ve ark., 2015; Özenç ve ark., 2019) toprak kalite indeksi üzerine etkileri bakımından su ve besin kullanımını olumlu etkilediği (Bender Özenç ve Özenç, 2009; Candemir ve Gülser, 2011) şeklindeki sonuçların bulguları çalışmamızı desteklemektedir. Zuruf biyokömürü bildiğimiz kadarıyla ülkemizde üzerinde çalışılmış bir materyal değildir. Ancak fındık kabuğundan üretilen biyokömürün toprağa uygulanması ile toprak fiziksel özellikleri yanında özellikle besin maddesi kapsamında daha etkili bir materyal olduğu ülkemizde yapılan çeşitli çalışmalarla bildirilmiştir (Namlı ve ark., 2017; Tarakçioğlu ve ark., 2019). Biyokömür, organik materyallerin pirolizi sonucu yüksek yüzey alanı, gözeneklilik ve besin maddesi kapsamına sahip olması, topraklara uygulandığında su ve besin kullanım etkinliğini artıran ve toprak verimliliğini geliştiren malzemelerdir. Bulgularımızda zuruf biyokömürü etkisinin öne çıkması beklenen bir sonuç olmuştur.

4.2 Toprak Kalitesinin Değerlendirmesi

Toprak kalitesinin değerlendirilmesinde uygun kalite göstergelerinin seçimi oldukça önemlidir. Wang ve Gong (1998), herbir toprak özelliğinin toprak kalitesini doğrudan etkileyebileceğini bildirmektedir. Bu nedenle toprak kalite değerlendirmesine yönelik çalışmalarda seçilecek toprak kalite göstergeleri toprak özelliklerinin geniş bir kısmını içerisine almalıdır (Sağlam ve ark., 2015). Bu çalışmanın ilk aşamasında, 2 yıl buğday yetiştiriciliği yapılan kumlu tın toprağın hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, makropor, mikropor yüzdesi, tarla kapasitesi, solma noktası, yarayışlı su içeriği, hidrolik iletkenlik gibi fiziksel, organik madde, pH, EC, toplam azot, fosfor ve potasyum gibi kimyasal toprak özellikleri ile buğday tane verimi arasındaki korelasyon ilişkisi belirlenmiştir. Bu veriler ile başlangıç veri seti oluşturulmuştur. Toplam veri seti ile birçok özellik daha hassas olarak açıklanabilir, ancak veri setinin fazlalığı örnek alımı, arazi ve laboratuvar çalışmaların yoğunluğu ve maliyet artışını da beraberinde getirmektedir (Cherubin ve ark., 2016). Bununla birlikte, arazide de üretici tarafından daha kolay uygulanabilirliği dikkate alınarak

potansiyel kalite göstergelerinin seçilmesi önerilmektedir (Qi ve ark., 2009; Lima ve ark., 2013; Askari ve Holden, 2014).

Yıllık veriler üzerinde gerçekleştirilen her uygulamaya ait korelasyon analizlerinde her iki yılda da buğday tane verimi ile ilişkileri önemli bulunan toprak özellikleri potansiyel kalite göstergeleri olarak seçilmişlerdir (Çizelge 4.3-4.6). Zuruf uygulamalarının incelenen toprak özellikleri ile buğday tane verimi arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon analiz sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. 1. yıl agregat stabilitesi ve pH ($p<0.05$ düzeyinde), 2. yıl hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, organik madde, makro por yüzdesi, hidrolik iletkenlik, pH, toplam azot ve potasyum ($p<0.05$ düzeyinde) özellikleri buğday tane verimi üzerine önemli düzeyde etkili olmuş ve bu toprak özellikleri potansiyel kalite göstergesi olarak seçilmişlerdir. Biyokömür uygulamalarının incelenen toprak özellikleri ile buğday tane verimi arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon analiz sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Biyokömür uygulamaları ile 1. yıl agregat stabilitesi, makro por yüzdesi, hidrolik iletkenlik, pH, toplam azot ve potasyum ($p<0.05$ düzeyinde), 2. yıl yalnızca solma noktası ($p<0.05$) özellikleri buğday tane verimi üzerine önemli düzeyde etkili olmuş ve bu toprak özellikleri potansiyel kalite göstergesi olarak seçilmişlerdir. Zuruf çayı uygulamalarının incelenen toprak özellikleri ile buğday tane verimi arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon analiz sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Zuruf çayı uygulamaları ile 1. yıl agregat stabilitesi ve pH ($p<0.05$ düzeyinde) 2. yıl yalnızca hacim ağırlığı ($p<0.01$ düzeyinde) özellikleri buğday tane verimi üzerine önemli düzeyde etkili olmuş ve bu toprak özellikleri potansiyel kalite göstergeleri olarak seçilmişlerdir. Biyokömür çayı uygulamalarının incelenen toprak özellikleri ile buğday tane verimi arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Biyokömür çayı uygulamaları ile 1. yıl hiçbir toprak özelliği etkili olmazken, 2. yıl organik madde, mikro por yüzdesi, hidrolik iletkenlik, EC, toplam azot ve fosfor özellikleri ($p<0.05$ düzeyinde) buğday tane verimi üzerine önemli düzeyde etkili olmuş ve bu toprak özellikleri potansiyel kalite göstergesi olarak seçilmişlerdir. Her uygulamaya göre ayrı ayrı değerlendirilerek buğday tane verimi ile ilişkisi önemli olan toprak kalite göstergeleri belirlenerek, buğday tane verimi için ortak olan kalite göstergeleri saptanmıştır. Buna göre, buğday tane verimi ile toprak hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, organik madde, solma noktası, makropor ve

mikropor yüzdesi, hidrolik iletkenlik, pH, EC, toplam azot, fosfor ve potasyum özellikleri deneme toprağı için potansiyel kalite göstergeleri olarak seçilmişlerdir.

Çizelge 4.3 Zuruf Uygulaması Yapılan Topraklarda Buğday Tane Verimi ile Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Arasındaki Korelasyon

1. Yıl	Tane Verimi	HA	AS	SN	TK	YSİ	MAP	MİP	Hİ	OM	pH	EC	TN	P
HA	-.574													
AS	.804**	-.411												
SN	.084	-.701*	.042											
TK	.285	-.503	.327	.611*										
YSİ	.304	-.190	.383	.138	.868**									
MAP	.194	-.265	.095	.107	.197	.179								
MİP	-.334	.016	-.476	-.014	-.280	-.341	-.351							
Hİ	.461	-.099	.341	.035	.121	.129	.736**	-.581*						
OM	.314	-.734**	.193	.766**	.204	-.225	.015	.153	.077					
pH	-.705*	.392	-.365	-.180	-.528	-.548	-.209	.155	-.372	-.202				
EC	.231	-.316	-.210	.265	-.004	-.171	-.011	.512	.095	.467	-.367			
TN	.254	-.306	.155	.435	.478	.325	.380	-.312	.511	.502	-.526	.145		
P	.187	-.152	-.018	.318	.480	.402	-.273	-.019	-.029	.317	-.657*	.260	.673*	
K	.263	-.540	-.070	.724**	.551	.236	.288	-.031	.369	.639*	-.618*	.496	.779**	.683*
2. Yıl														
HA	-.649*													
AS	.664*	-.185												
SN	-.043	.377	.065											
TK	.288	-.595*	.234	.015										
YSİ	.276	-.707*	.177	-.463	.879**									
MAP	.816**	-.506	.429	.215	.144	.025								
MİP	.115	.349	-.061	.689*	-.392	-.676*	.333							
Hİ	.873**	-.495	.493	.137	.103	.026	.975**	.301						
OM	.713**	-.380	.563	.429	.278	.042	.761**	.362	.787**					
pH	-.852**	.405	-.623*	-.096	-.296	-.217	-.803**	-.265	-.813**	-.648*				
EC	.041	-.212	-.334	.310	.104	-.056	.351	.244	.340	.357	.020			
TN	.671*	-.414	.460	.455	.414	.150	.544	.357	.595*	.788**	-.482	.321		
P	.106	.248	-.102	.059	-.479	-.453	.190	.674*	.191	.116	-.291	-.093	-.112	
K	.820**	-.288	.497	.379	.105	-.088	.720**	.529	.784**	.783**	-.725**	.129	.843**	.248

*korelasyon $p < 0.05$, **korelasyon $p < 0.001$

Çizelge 4.4 Biyokömür Uygulaması Yapılan Topraklarda Buğday Tane Verimi ile Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Arasındaki Korelasyon

1. Yıl	Tane Verimi	HA	AS	SN	TK	YSİ	MAP	MİP	Hİ	OM	pH	EC	TN	P
HA	-.420													
AS	.742**	-.617*												
SN	.533	-.724**	.572											
TK	.505	-.594*	.663*	.718**										
YSİ	.265	-.230	.456	.173	.809**									
MAP	.612*	-.829**	.540	.589*	.554	.288								
MİP	-.533	.046	-.573	-.325	-.177	.024	-.036							
Hİ	.593*	-.497	.749**	.183	.387	.393	.410	-.244						
OM	.329	-.864**	.436	.779**	.470	.007	.622*	.110	.317					
pH	-.734**	.312	-.816**	-.230	-.451	-.445	-.453	.416	-.707*	-.096				
EC	-.231	-.183	.135	.078	-.108	-.219	-.339	-.187	.333	.245	.196			
TN	.673*	-.733**	.710**	.580*	.619*	.387	.751**	-.139	.575	.693*	-.432	-.079		
P	.492	-.824**	.624*	.523	.513	.285	.757**	-.086	.444	.625*	-.564	-.064	.577*	
K	.697*	-.849**	.657*	.790**	.501	.042	.843**	-.373	.366	.724**	-.422	-.047	.707*	.794**
2. Yıl														
HA	.195													
AS	.245	-.462												
SN	.714**	-.259	.674*											
TK	.127	-.210	.468	.433										
YSİ	-.501	-.156	.085	-.348	-.271									
MAP	.013	-.557	.862**	.623*	.469	.086								
MİP	.223	-.229	-.344	.033	.156	-.049	-.274							
Hİ	-.038	-.749**	.815**	.385	.311	.140	.828**	-.135						
OM	.122	-.765**	.806**	.598*	.468	.077	.819**	-.008	.824**					
pH	.178	.712**	-.425	-.161	-.029	-.357	-.419	.109	-.492	-.738**				
EC	.266	.256	-.349	-.043	-.319	-.406	-.502	-.027	-.456	-.447	.233			
TN	-.179	-.812**	.676*	.350	.468	.286	.774**	.017	.785**	.925**	-.799**	-.596*		
P	-.077	-.694*	.786**	.347	.084	.070	.754**	-.410	.902**	.739**	-.563	-.270	.672*	
K	.133	-.565	.759**	.620*	.420	-.115	.795**	-.338	.650*	.868**	-.711**	-.176	.773**	.698*

*korelasyon $p < 0.05$, **korelasyon $p < 0.001$

Çizelge 4.5 Zuruf Çayı Uygulaması Yapılan Topraklarda Buğday Tane Verimi ile Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Arasındaki Korelasyon

1. Yıl	Tane Verimi	HA	AS	SN	TK	YSİ	MAP	MİP	Hİ	OM	pH	EC	TN	P
HA	-.453													
AS	.752**	-.283												
SN	-.032	-.558	.008											
TK	.277	-.559	.291	.847**										
YSİ	.411	-.489	.409	.655*	.957**									
MAP	.444	-.401	.650*	.035	.150	.193								
MİP	-.062	-.467	-.281	.661*	.548	.416	-.102							
Hİ	.559	.025	.617*	-.022	.068	.109	.554	-.057						
OM	.190	-.647*	.040	.356	.009	-.183	.298	.262	.148					
pH	-.660*	.510	-.433	-.143	-.489	-.617*	-.503	-.436	-.405	.017				
EC	.205	-.717**	-.156	.286	.153	.061	.136	.697*	-.014	.631*	-.466			
TN	.402	-.705*	.164	.626*	.704*	.657*	.227	.472	.000	.281	-.492	.354		
P	.045	-.199	-.031	-.028	.115	.179	.442	-.037	.161	-.069	-.358	.146	.277	
K	.179	-.502	.001	.420	.406	.347	.352	.239	.248	.385	-.350	.412	.289	.655*
2. Yıl														
HA	.771**													
AS	.078	-.132												
SN	-.162	-.228	-.050											
TK	.253	-.079	-.142	.059										
YSİ	.309	.058	-.095	-.506	.832**									
MAP	.152	-.248	.377	-.004	.166	.145								
MİP	-.340	-.371	-.372	.196	.116	-.009	-.144							
Hİ	.102	-.085	.491	.146	.010	-.072	.377	-.729**						
OM	.092	-.118	.701*	.168	-.054	-.140	.460	-.716**	.799**					
pH	-.075	.263	-.815**	-.120	-.163	-.074	-.458	-.004	-.101	-.467				
EC	-.438	-.481	-.712**	.327	.252	.036	-.201	.571	-.428	-.438	.384			
TN	.167	-.174	.792**	.048	.136	.091	.734**	-.470	.683*	.773**	-.658*	-.569		
P	-.094	-.063	.557	.188	-.093	-.185	.078	-.626*	.504	.817**	-.367	-.291	.548	
K	-.007	-.226	.670*	.144	-.157	-.216	.115	-.487	.549	.741**	-.464	-.366	.626*	.747**

*korelasyon $p < 0.05$, **korelasyon $p < 0.001$

Çizelge 4.6 Biyokömür Çayı Uygulaması Yapılan Topraklarda Buğday Tane Verimi ile Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Arasındaki Korelasyon

1. Yıl	Tane Verimi	HA	AS	SN	TK	YSİ	MAP	MİP	Hİ	OM	pH	EC	TN	P
HA	.061													
AS	.289	-.793**												
SN	.311	-.722**	.644*											
TK	.343	-.528	.742**	.685*										
YSİ	.260	-.251	.580*	.286	.894**									
MAP	.054	-.417	.283	.442	.414	.272								
MİP	-.212	.573	-.778**	-.415	-.810**	-.810**	-.538							
Hİ	.306	-.274	.275	.510	.535	.390	.491	-.478						
OM	-.200	-.682*	.360	.533	-.059	-.405	.060	.055	.034					
pH	-.357	.362	-.516	-.152	-.295	-.294	-.431	.547	-.352	-.013				
EC	.069	-.498	.134	.485	-.111	-.444	.017	.170	.057	.609*	-.138			
TN	.552	-.712**	.885**	.727**	.685*	.454	.353	-.631*	.470	.388	-.515	.190		
P	-.071	.008	.035	.381	.572	.518	.487	-.374	.540	-.266	.217	-.325	.002	
K	.150	-.490	.626*	.502	.538	.399	-.008	-.578*	.422	.428	-.241	.100	.517	.183
2. Yıl														
HA	.513													
AS	.419	.210												
SN	.441	.276	.144											
TK	-.038	.214	-.030	-.055										
YSİ	-.271	.023	-.103	-.588*	.840**									
MAP	.561	.079	-.115	-.073	-.183	-.108								
MİP	.640*	.482	.481	.755**	.003	-.408	.211							
Hİ	.638*	.149	.025	-.092	-.118	-.045	.543	-.133						
OM	.812**	.579*	.459	.135	.016	-.061	.443	.361	.688*					
pH	-.401	-.075	-.390	.239	-.143	-.246	-.397	-.044	-.527	-.576				
EC	-.644*	.091	-.536	-.292	.256	.366	-.430	-.313	-.619*	-.606*	.459			
TN	.622*	.269	.334	-.075	.069	.097	.515	.077	.800**	.708**	-.847**	-.639*		
P	.653*	.206	.691*	.139	-.105	-.161	.348	.419	.328	.590*	-.157	-.679*	.318	
K	.350	.242	.544	.033	-.036	-.047	.176	.373	.126	.362	.027	-.444	.123	.691*

*korelasyon $p < 0.05$, **korelasyon $p < 0.001$

Potansiyel kalite göstergeleri olarak seçilen toprak hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, organik maddesi, solma noktası, makropor, mikropor, hidrolik iletkenlik, pH, EC, toplam azot, fosfor ve potasyumdan oluşan veri seti, toprak kalite değerlendirmesinde kullanılacak nihai kalite göstergelerine karar verebilmek amacıyla temel bileşenler analizine (TBA) tabi tutulmuştur. Veri setinde yer alan değişkenler birim olarak farklılıklara (% , $\mu\text{S}/\text{cm}$, ppm) sahiptir. Öncelikle veri setinin standartlaştırılması ve temel bileşenler analizinde kullanılacak tüm değişkenlerin boyutsuz değişkenler haline getirilmesi gerekmektedir (Kalaycı, 2006). Bu nedenle minimum veri setinin oluşturulması için temel bileşenler analizine alınacak veri setinde, toprak özelliklerinin farklı birimlere sahip olmasından kaynaklanan problemleri ortadan kaldırmak amacıyla standartlaştırılmış veri seti oluşturulmuştur (Z-score). Sonraki aşamada, standartlaştırılmış veri setinde normal dağılım testi uygulanmıştır (Shapiro-Wilk Testi). Normal dağılım testi, ortalamaların karşılaştırılmasından önceki ön koşuldur. Normal dağılım göstermeyen özellikler bazı dönüşüm testlerine (karekök, logaritma vb.) tabii tutularak normal dağılım koşulları sağlanmıştır. Dönüşüm uygulanmasına rağmen hala normal dağılım koşullarını sağlamayan veri setlerinde ise uç değerlerin analizi yapılmış ve normal dağılım koşullarının sağlanmasının son adımı olarak uç değerlerin atılması yoluna gidilmiştir. Veri setindeki toprak özelliklerinden makropor için karekök dönüşümü, toplam azot için logaritmik dönüşüm, değişebilir potasyumda normallik koşulunu sağlamak için karekök dönüşümü yapılmıştır.

Potansiyel toprak kalite göstergelerinin seçilmesinden sonra, Doran ve Parkin (1994), Rezaei ve ark., (2006) ve Li ve ark., (2013) tarafından belirtildiği yöntemle standartlaştırma işleminden sonra veri setinde yapılan temel bileşenler analizine ait bulgular Çizelge 4.7'de verilmiştir. Temel bileşenler analizi sonucunda 1. yıl faktör yükü >0.6 olan hacim ağırlığı, değişebilir potasyum, toplam azot, solma noktası, organik madde, makropor, mikropor, yarayışlı fosfor ve elektriksel iletkenlik; 2. yıl faktör yükü >0.6 olan organik madde, toplam azot, değişebilir potasyum, hidrolik iletkenlik, yarayışlı fosfor, makropor, mikropor, elektriksel iletkenlik ve solma noktası minimum veri seti (MVS 1) içerisinde yer almıştır. Bu değerlendirme sonucunda hacim ağırlığı ve hidrolik iletkenlik potansiyel kalite göstergeleri olarak minimum veri seti (MVS 1) içerisinde yer almalarına rağmen iki yıldan sadece birinde temel bileşen

analizinde değişken olarak atandıkları için kalite göstergesi olma özelliğini kaybetmişlerdir. Tez çalışmasında toprak kalite değerlendirmesinin iki yıl için yürütülecek olması nedeniyle iki yıldan yalnızca birisinde temel bileşenlere faktör olarak atanan potansiyel toprak kalite göstergeleri nihai toprak kalite göstergesi olma potansiyellerini kaybetmişlerdir. Dolayısıyla iki yıldan yalnızca birisinde faktör seçilen kalite göstergelerinin buğday bitkisi için kalite göstergesi olma özellikleri ortadan kalkmıştır.

Çizelge 4.7 Potansiyel Toprak Kalite Göstergelerinin Yıllara Göre Temel Bileşen Analizi Sonuçları

Toprak Kalite Göstergeleri	1. Yıl				2. Yıl			
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC1	PC2	PC3	PC4
OM	0.725	0.421	0.031	-0.33	0.894	0.235	-0.22	0.09
TN	0.782	-0.09	-0.02	-0.12	0.888	-0.07	0.135	-0.13
K	0.86	0.008	0.243	-0.07	0.787	0.414	-0.11	0.004
P	0.68	-0.07	0.456	0.248	0.684	0.033	-0.44	0.255
pH	-0.57	0.284	0.356	-0.49	-0.55	0.526	-0.4	0.143
EC	0.366	0.616	-0.49	0.222	-0.22	0.745	0.24	-0.37
HA	-0.87	-0.14	0.162	0.222	-0.56	-0.41	-0.01	0.347
AS	0.512	-0.53	-0.52	-0.27	0.503	-0.53	0.047	0.436
HI	0.59	-0.25	-0.09	0.479	0.743	-0.23	0.008	-0.3
SN	0.753	0.285	0.056	-0.25	0.451	0.611	0.057	0.452
MAP	0.692	-0.2	0.391	0.177	0.613	-0.28	0.229	-0.31
MİP	-0.05	0.787	0.006	0.335	0.119	0.257	0.792	0.41

Toprak kalite indeksi belirlenmesinde kullanılan faktör analizi, çok sayıda bağımlı değişkeni daha az sayıda anlamlı faktörler haline getiren bir yöntemdir. Temel bileşenler analizi sonucunda veri seti oluşturulan hacim ağırlığı, organik madde, agregat stabilitesi, solma noktası, tarla kapasitesi, yarayışlı su içeriği, havalanma porozitesi, makropor, mikropor, hidrolik iletkenlik, pH, elektriksel iletkenlik, toplam azot, değişebilir potasyum ve fosfor gibi birbiriyle ilişkili çok sayıdaki değişken az sayıda ve birbirinden bağımsız faktörler haline getirilmiştir. Her iki örnekleme yılına ait ortak faktörler olan organik madde, toplam azot, değişebilir potasyum, yarayışlı fosfor, makropor, mikropor, elektriksel iletkenlik ve solma noktası özellikleri, minimum veri seti (MVS 2) içerisinde nihai kalite göstergeleri olarak seçilmişlerdir.

Toprak kalitesi değerlendirilmesinde, korelasyon ilişkileri ve temel bileşenler analizi kullanılarak seçilen kalite göstergelerinin önce ağırlıkları belirlenmiştir. Bu

ağırlıkların hesaplanması için minimum veri seti (MVS 2) içerisindeki nihai kalite göstergeleri tekrar temel bileşenler analizine alınarak, oransal ortak etken varyansları hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8’de verilmiştir. Herbir göstergenin ağırlığı tüm göstergelerin ortak etken varyanslarının toplamının, o göstergenin ortak etken varyansına oranına eşittir (Sun ve ark., 2003; Shukla ve ark., 2006). Denemenin yürütüldüğü iki yıl birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek ağırlığa sahip olan organik madde ve değişebilir potasyum en önemli kalite göstergesi olarak belirlenirken, en düşük ağırlığa sahip mikropor yüzdesi en az önemli olan kalite göstergesi olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.8 Nihai Toprak Kalite Göstergelerinin Oransal Ortak Etken Varyansları ve Ağırlıkları

İndikatör	Oransal Ortak Etken Varyansı	Ağırlık
OM	0.838	0.15
TN	0.715	0.13
P	0.716	0.13
K	0.857	0.15
EC	0.712	0.12
SN	0.649	0.11
MAP	0.646	0.11
MİP	0.573	0.10

Kalite göstergelerinin ağırlık atamalarının yapılmasından sonra, kalite göstergelerinin farklı birimlere sahip olması nedeniyle toprak kalite göstergelerinin skorlanması ve göstergelerin gözlemlenen değerlerinin 0 ile 1 arasındaki bir değere normalleştirilmesi için çeşitli standart skorlama fonksiyonları (SSF) kullanılmıştır. Toprak kalite göstergelerinin standardize edilmesinde standart skorlama fonksiyonları (SSF) olarak Type S ve Type parabol seçilmiştir. Toprak kalitesi üzerine kalite göstergelerinin etkisi dikkate alındığında organik madde, toplam azot, değişebilir potasyum, yarıyışlı fosfor ve solma noktası için SFF_1 (Eşitlik 1), makro-mikro por yüzdesi ve elektriksel iletkenlik için SFF_2 (Eşitlik 2) kullanılmıştır. Bu süreçte nihai kalite göstergelerine ait skorlama fonksiyonları Çizelge 4.9’da verilen alt, üst ve optimum eşik değerleri dikkate alınarak değerlendirmeye alınmıştır.

Çizelge 4.9 Gösterge Skorlama Fonksiyonları, Alt, Üst ve Optimum Eşik Değerleri

Skorlama Fonksiyonu	İndikatör	Birim	Alt Limit	Üst Limit	Optimum	Fonksiyon	Kaynaklar
SFF ₁	OM	%	0.1	5.1		Daha Fazla Daha İyi	(SBCS, 2016)
	TN	%	0.01	0.175		Daha Fazla Daha İyi	(Chaer, 2001)
	K	ppm	10	180		Daha Fazla Daha İyi	(SBCS, 2016)
	P	ppm	2	16		Daha Fazla Daha İyi	(Raj ve ark., 1997)
	SN	%	7	24		Daha Fazla Daha İyi	(Datta ve ark., 2017)
SFF ₂	MAP	%	6	30	15	Optimum	(Sağlam ve ark., 2014)
	MİP	%	34	58	45	Optimum	(Sağlam ve ark., 2014)
	EC	µS/cm	10	2000	1000	Optimum	(Brady ve Weil, 1999)

Belirlenen nihai kalite göstergeleri ağırlıklandırıldıktan ve skorlandırıldıktan sonra toprak kalite indeksi Doran ve Parkin (1994) tarafından tanımlanan yöntem kullanılarak hesaplanmış (Eşitlik 3) ve elde edilen toprak kalite indeksi değerleri de Moebius-Clune (2011) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre değerlendirilmiştir. Kumlu tın toprağa farklı dozlarda fındık zurufu, zuruf biyokömürü, zuruf ve biyokömür çayı uygulamaları ile belirlenen nihai kalite göstergeleri kullanılarak hesaplanan toprak kalite indeksine ait ortalama değerler ve varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Toprak kalite indeksi üzerine yıl, uygulama ve dozların etkisi istatistiki olarak ($p < 0.001$ düzeyinde) önemli farklılıklar meydana getirmiştir (Çizelge 4.10). Çizelgeden görüleceği üzere, yıl ortalamaları dikkate alındığında 1. yıl toprak kalite indeksi 0.51, 2. yıl toprak kalite indeksi 0.56 bulunmuştur. 1. yıl (2019) toprak kalitesi düşük sınıfta yer alırken, 2. yıl (2020) orta sınıfta bulunmuştur. Yıllara bağlı olarak yapılan uygulamalar toprak kalitesini %10 artırmıştır. Organik düzenleyici olarak kullanılan materyallerin toprakların iyileştirilmesinde etkili uygulamalar olduğu bu sonuçlarda da bir kez daha ortaya konulmuştur ki, çalışmada yer alan uygulamaların bazıları daha önce araştırılmamıştır. Bu nedenle çalışmada elde edilen bulguların önemli katkısının olacağı düşünülmektedir. Belki de çalışmaya daha uzun süreli devam edilmesi durumunda ulusal ve uluslararası literatüre toprak kalitesi üzerine daha farklı sonuçların elde edilmesi de muhtemeldir.

Çizelge 4.10 Uygulamaların Toprak Kalite İndeksi Üzerine Etkisi

Yıl(Y)	Uygulamalar (U)					Y (Ort.)
	Doz (D, t/da)	Z	ZÇ	B	BÇ	
2019	K					0.46 fg
	1	0.52* b-g	0.45 g	0.52 b-g	0.49 d-g	0.51*** B
	2	0.54 b-g	0.49 e-g	0.52 b-g	0.52 b-g	
	3	0.59 bc	0.49 d-g	0.58 b-d	0.55 b-f	
	Yx U (Ort.)	0.53*** b-d	0.47 e	0.52 cd	0.50 de	
2020	K					0.53 b-g
	1	0.56 b-e	0.55 b-f	0.56 b-e	0.51 b-g	0.56 A
	2	0.58 b-d	0.53 b-g	0.60 b	0.54 b-g	
	3	0.57 b-e	0.57 b-e	0.71 a	0.51 c-g	
	Yx U (Ort.)	0.56 b	0.55 bc	0.60 a	0.52 bc	D (Ort.)
D x U (Ort.)	K					0.49*** C
	1	0.54 b-d	0.50 d	0.54 b-d	0.50 cd	0.52 B
	2	0.56 bc	0.51 cd	0.56 bc	0.53 b-d	0.54 B
	3	0.58 b	0.53 b-d	0.64 a	0.53 b-d	0.57 A
	U (Ort.)	0.54*** A	0.51 B	0.56 A	0.51 B	

*, **, ***: Sırasıyla $p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$ düzeylerinde önemlidir. Herbir özelliğe ait sütun içerisinde aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında fark kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Uygulama ortalamaları dikkate alındığında en yüksek toprak kalite indeksi biyokömür uygulamasında 0.56 olarak bulunmuş, bunu züruf uygulaması izlemiştir (0.54), iki uygulama ile toprak kalite indeksi orta sınıfta yer almış ve bu uygulamalar istatistiksel olarak aynı etkiyi ortaya koymuşlardır. Bu materyallerden elde edilen ekstraktların uygulamalarının etkileri ise diğerlerinden daha düşük olup aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. Buğday yetiştirilen kumlu tın toprağa yapılan uygulamalardan, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkileri incelendiğinde de biyokömür ve züruf uygulamalarının öne çıktığı görülmüştür. Biyokömürün yüksek organik madde içeriği, azot, fosfor ve potasyum içerikleri toprak kalitesinin orta sınıfta yer almasını sağlamıştır. Doz ortalamaları dikkate alındığında ise en düşük toprak kalite indeksi kontrol uygulamasında 0.49 bulunmuş, çok düşük toprak kalite sınıfında yer almıştır. Artan dozda materyal uygulamaları ile toprak kalite indeks değeri artmış, ancak 1 t/da, 2 t/da uygulamaları ile 0.52, 0.54 olan kalite indeksi düşük toprak kalite sınıfına girebilmiştir. En yüksek toprak kalite indeksi 3 t/da doz uygulamasında 0.57

bulunmuş ve orta toprak kalite sınıfında yer almıştır. Kontrol grubuna göre uygulama dozları ile birlikte toprak kalite indeksinde sırasıyla %6, %10 ve %16'lık artışlar belirlenmiştir. Artan dozda materyal uygulamaları ile kalite indeksinin hesaplanmasında kullanılan kalite göstergelerinin tümünde 3 t/da dozunda da en yüksek değerlere ulaşılması bu sonucumuzu desteklemektedir.

Diğer yandan, buğday yetiştirilen kumlu tın toprakta yapılan uygulamaların yıl ve dozdan bağımsız olmadığı, yıl x uygulama ve uygulama x doz etkileşimleri ile $p < 0.001$ düzeyinde önemli farklılıklar elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.10). Yıl x uygulama etkileşimi incelendiğinde, toprak kalite indeksi en düşük 1. yıl zuruf çayı uygulamasında 0.47 olup, çok düşük toprak kalite sınıfında yer almış, en yüksek toprak kalite indeksi 2. yıl biyokömür uygulamasında 0.60 olup toprak kalitesi orta sınıfta bulunmuştur. Tüm uygulamaların etkisi 2. yılda artış göstermekle birlikte zuruf çayının etkisi %17'lik bir artışla dikkat çekmiştir. Ayrıca, uygulama x doz etkileşimi değerlendirildiğinde, kontrol grubu hariç tüm materyallerin uygulama dozu arttıkça toprak kalite indeksi değeri de artmıştır. Materyallerin özelliklerine bağlı olarak bu artışlar farklı düzeylerde olmuştur. Zuruf çayı ve biyokömür çayı uygulamalarının doza bağlı olarak etkisi daha az olurken, zuruf ve biyokömür uygulamalarının toprak kalite indeksine etkileri daha fazla olmuş ve toprağın kalite sınıfının yükselmesini sağlamıştır. Bu etkileşime göre, en düşük toprak kalite indeksi 0.49 ile kontrol grubunda, en yüksek toprak kalite indeksi 0.64 ile biyokömürün 3 t/da doz uygulamasında bulunmuş, bunu aynı dozdaki zuruf uygulaması 0.58 ile takip etmiştir. Her iki uygulama ile toprak kalitesi orta sınıfta yer almış; kontrol grubu ile karşılaştırıldığında biyokömür uygulaması %31, zuruf uygulaması %18'lik artış sağlamıştır.

Tüm açıklamalarla birlikte, buğday yetiştirilen kumlu tın toprakta yapılan uygulama, yıl ve dozların etkisinin birbirinden bağımsız olmadığı yıl x uygulama x doz etkileşimi ile toprak kalite indeks değerlerinde istatistiksel olarak $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir (Çizelge 4.10). Her iki yıl en düşük toprak kalite indeksi değerleri kontrol gruplarındaki topraklarda belirlenmiş, 1. yıl 0.46, 2. yıl 0.53 ile çok düşük ve düşük toprak kalite sınıfında yer almışlardır. Yapılan uygulamalar ile toprak kalite indeks değerleri artmış, en yüksek toprak kalite indeksi 2. yıl biyokömür uygulamasının 3 t/da dozunda 0.71 ile bulunmuş, Moebius-Clune

(2011) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre çok yüksek toprak kalite sınıfında yer almıştır. Buğday yetiştiriciliği yapılan toprağa 3 t/da dozunda biyokömür uygulaması en düşük değer ile karşılaştırıldığında %54'lük artış sağlamıştır. Yukarıda da bahsedildiği üzere, biyokömür uygulamalarının nihai kalite indikatörleri üzerine daha etkili bir sonucunun olması ile toprak kalite indeksinin dolayısıyla toprak kalite sınıfının yükselmesini sağlamıştır. Diğer uygulamalara göre biyokömür uygulamaları ile organik madde, potasyum içerikleri gibi kimyasal özelliklerle, makropor yüzdesi, solma noktası, tarla kapasitesi ve hidrolik iletkenlik gibi fiziksel özelliklerde yıllara bağlı olarak daha düzenli artışlar sağlanması ile buğday veriminde daha etkili sonuçları ortaya koymuştur. Organik madde toprakta agregat oluşumunu ve dayanıklılığını etkileyerek toprak aşınması ve toprak erozyonunu izlemek için önemli bir gösterge olarak dikkate alınmaktadır. Toprakta organik maddesinin fazla olması toprağın su tutma kapasitesini artırmaktadır. Toprak organik maddesi yalnızca toprak stabilitesi ve toprak erozyonu ile değil aynı zamanda toprak verimliliği ile ayrılmaz bir şekilde bağlantılı olan ana bileşendir (Obalum ve ark., 2017; Oldfield ve ark., 2018). Toprak organik maddesi toprak verimliliği ve toprak sağlığının belirlenmesinde önemli bir göstergedir (Anikwe, 2006; Obalum ve ark., 2017). Nihai kalite göstergesi olarak belirlenen toplam azot, toprak verimliliğinin geliştirilmesinde önemli rol oynar ve toprak verimliliğini temsil eden önemli bir gösterge olarak yer almaktadır (Liu ve ark., 2013). Fosfor çeşitli toprak özelliklerini ve bitki gelişimini etkileyerek toprak azotu ile birlikte toprak verimliliğini temsil eden önemli bir göstergedir (Doolette ve Smernik, 2011; Filippelli, 2017; Li ve ark., 2019). Potasyum bitkisel üretim için N ve P'dan sonra en önemli temel makro besin elementidir (Jaiswal ve ark., 2016; Singh ve Pathak 2018; Sattar ve ark., 2019). Potasyum bitki köklerinin gelişmesinde önemli rol oynamaktadır (Jaiswal ve ark., 2016).

Yapılan çalışmalarda, buğday verimi ile toprak özellikleri arasında yakın ilişkiler çalışmamızı desteklemektedir. Dong ve ark., (2022) topraklara biyokömür uygulamaları ile temel bileşen analizi sonucunda; toprak organik karbonu, yarayışlı potasyum ve toplam azot içeriğinin buğday verimini etkileyen ana faktörler olduğunu ifade etmişlerdir. Lenka ve ark., (2022) buğday ve çeltik verimi ile toprak kalite indeksini arasındaki korelasyonun istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunduğunu, temel bileşenler analizine dayalı toprak fonksiyonlarına bağlı olarak uzun vadeli

toprak sağlığı için agro-ekolojik bölgeye özgü bir minimum veri seti oluşturulabileceğini ifade etmişlerdir. Toprak kalitesinin değerlendirilmesi ile ilgili olarak Sağlam ve ark., (2014) eltik yetiştiriciliği yapılan toprakların kil, silt, kum, EC, değişebilir Ca ve Mg içeriklerinin kalite indikatörü olarak seçildiği, eltik yetiştiriciliği için en önemli indikatrun silt içeriği olduğunu ifade etmişlerdir. Yine Cherubin ve ark., (2016) ve Marion ve ark., (2022) şekerkamışı yetiştirilen toprakların kalitesinin değerlendirilmesinde fiziksel ve kimyasal özellikleri yansıtmda pH, fosfor, toprak yoğunluğu ve toplam organik karbon gibi azaltılmış sayıda toprak göstergesi ile ağırlıklı toprak kalite indeksini kullanmanın toprak yönetimi için etkili ve düşük maliyetli bir uygulamanın önerilebileceğini ifade etmişlerdir.

4.3 Buğday Bitkisinin Bazı Gelişim zellikleri

Fındık zurufu, zuruf biyokömürü, zuruf ayı ve biyokömür ayının kumlu tın toprağa farklı dozlarda uygulanarak yetiştirilen buğday bitkisinin bazı gelişim özellikleri üzerine deneme yıllarının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları EK 1 ve şekil 4-1'de, bu özelliklere ait ortalama değerler izelge 4.11'de verilmiştir.

4.3.1 Bitki Boyu ve Başak Uzunluğu

Denemede yetiştirilen buğday bitkisinin boy gelişimi ve başak uzunluğuna ait ortalama değerler izelge 4.11'de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere, uygulamalar ve dozlarına bağlı olarak bitki boyu 1. yıl 76.99-87.45 cm, 2. yıl 83.24-94.42 cm arasında değişmiş ve 2. yıl artış meydana gelmiştir. Başak uzunluğu ise 1. yıl 8.40-9.07 cm, 2. yıl 7.84-8.44 cm arasında değişmiş ve yıllara göre azalma meydana gelmiştir. Ayrıca, başak uzunluğu ve bitki boyuna ait varyans analizi sonuçlarına göre, başak uzunluğu üzerine sadece yıl etkisi $p < 0.001$ düzeyinde önemli olurken (EK-2), bitki boyu üzerine yıl, uygulama ve doz istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir (EK 1). Yıl ortalamaları dikkate alındığında; başak uzunluğu 1. yıl 8.68 cm, 2. yıl 8.01 cm olmuş, ilk yıl daha yüksek çıkmıştır (şekil 4.1a). Akıncı ve ark., (2001) ekmeklik buğdayda başak uzunluğunun 6.21-8.77 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Yıllara göre azalma meydana gelse de verilerimiz belirtilen değerler arasında yer almaktadır. Başak uzunluğu bitki genotipine ve ekolojik koşullara bağlı bir verim kriteridir. Ayrıca, geleneksel gübre ve organik gübrelerin başak uzunluğu üzerine etkisinin önemli olduğu (zalp, 2010), ahır

gübre uygulamasının kontrol uygulamasına göre başak uzunluğunu artırdığı bildirilmiştir (Kiani ve ark., 2005).

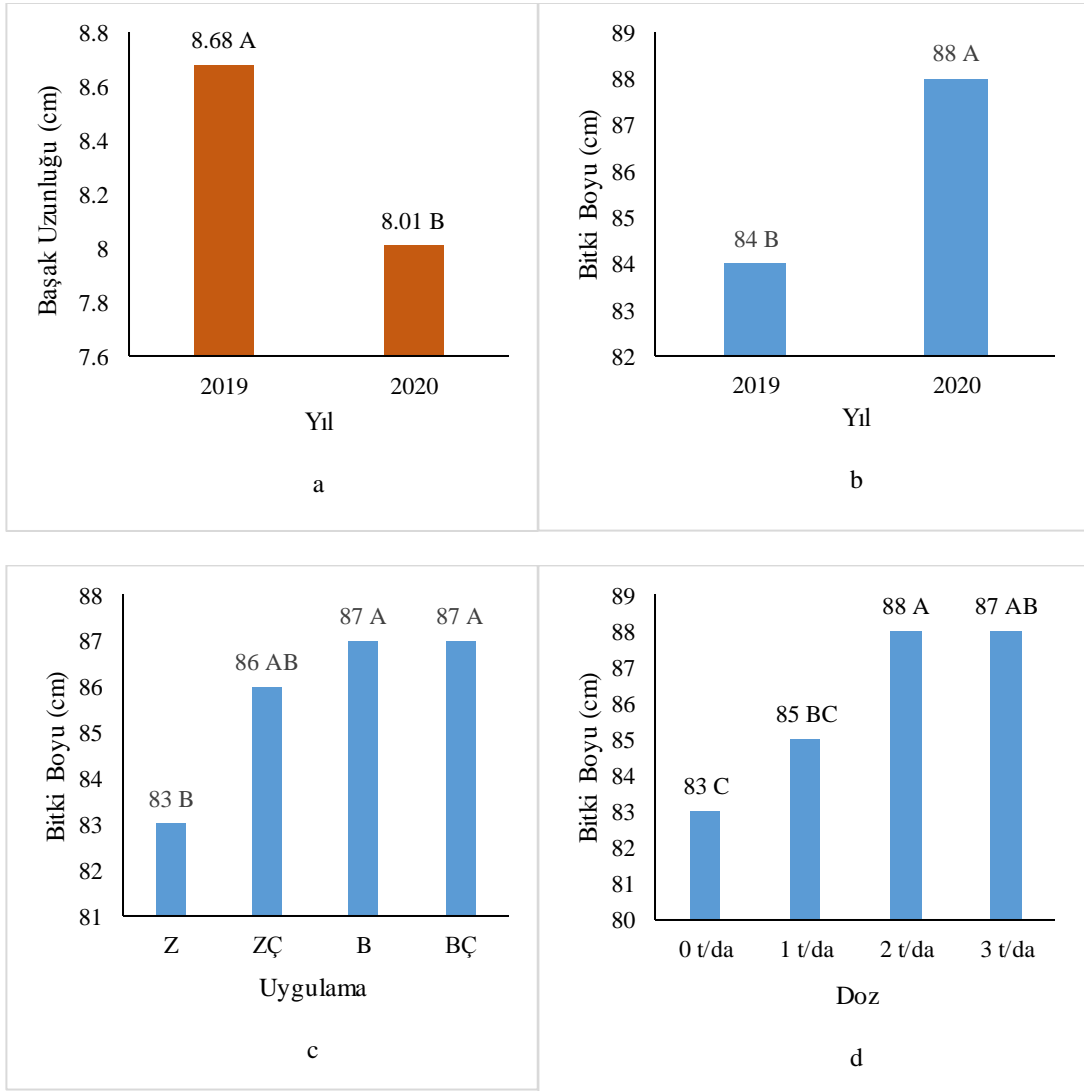
Bitki boy gelişimi üzerine yılların etkisi dikkate alındığında, 1. yıl bitki boyu 84 cm olurken, 2. yılda 88 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1b). Toprak düzenleyicisi olarak uygulanan materyallerden biyokömür ve biyokömür çayı daha etkili olmuş, en yüksek bitki boyu 87 cm bulunmuş; bunu zuruf çayı (86 cm) ve zuruf uygulaması (83 cm) izlemiştir (Şekil 4.1c).

Çizelge 4.11 Buğday Bitkisinin Bazı Agronomik Özellikleri

Uygulama/ Doz (t/da)	BB (cm)		BU (cm)		BYA (cm ²)		m ² BS (adet)		BTS (adet)		
	1.YIL	2.YIL	1.YIL	2.YIL	1.YIL	2.YIL	1.YIL	2.YIL	1.YIL	2.YIL	
Kontrol	82.46	83.58	8.57	7.93	26.97	23.78	322	467	43.00	44.13	
1	76.99	83.64	8.40	7.92	27.71	26.20	349	688	43.83	49.13	
Z	2	86.50	87.42	8.84	8.28	30.44	26.83	487	613	46.40	52.87
	3	78.84	83.24	8.74	7.97	30.67	26.75	429	691	44.43	49.07
	1	85.32	88.20	8.42	8.44	28.96	27.41	501	542	41.38	52.37
B	2	86.54	92.62	8.87	7.99	29.75	26.79	457	607	45.97	50.87
	3	84.26	94.42	8.51	7.99	30.64	25.43	506	354	42.73	55.60
	1	81.98	87.52	9.07	7.97	30.56	24.25	387	563	44.37	49.27
ZÇ	2	83.26	90.71	8.94	8.14	33.88	27.40	491	551	45.70	47.37
	3	85.23	90.49	8.81	8.12	32.10	24.56	536	486	42.17	50.03
	1	85.43	87.95	8.49	7.97	30.98	28.56	476	475	43.03	47.87
B	2	87.45	90.72	8.52	7.84	30.84	26.83	492	656	47.23	52.33
	3	85.68	91.26	8.96	7.89	30.96	26.22	465	432	40.90	55.00

Z: Zuruf, B: Biyokömür, ZÇ: Zuruf çayı, BÇ: Biyokömür çayı, BB: Bitki boyu, BU: Başak uzunluğu, BYA: Bayrak yaprak alanı, m² BS: m²'de başak sayısı, BTS: Başakta tane sayısı

Toprağa uygulanan materyallerin doz ortalamaları dikkate alındığında ise en düşük kontrol uygulamasında 83 cm olarak ölçülen bitki boyu, uygulama dozları ile artış göstermiş; en büyük bitki boyu 2 t/da uygulaması ile yetiştirilen bitkilerde 88 cm olarak ölçülmüş (Şekil 4.1d), bitki boyunda %6'lık bir artış olmuştur.



Şekil 4.1 a) Yılların Bitki Boyu Üzerine Etkisi b) Uygulamaların Bitki Boyu Üzerine Etkisi c) Dozların Bitki Boyu Üzerine Etkisi d) Yılların Başak Uzunluğu Üzerine Etkisi

Buğday bitkisinin boy gelişimi çeşidin genetik yapısına, ekim sıklığına, ekim zamanına, yağış şartlarına, gübreleme ve toprak koşullarına bağlı olarak farklılık göstermektedir (Yürür ve ark., 1987; Gençtan ve Sağlam, 1987; Kün, 1988). Toprak özellikleri, uygulanan materyallerin özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Uygulanan biyokömür ve biyokömür çayı, diğer materyallere göre bitki gelişimi için uygun pH koşullarını taşımaktadır (Çizelge 3.2), bu da bitkinin beslenmesinde etkili ortamı sağladığını göstermektedir. Ayrıca, bu materyallerin toprak fiziksel (özellikle solma noktası ve tarla kapasitesi, agregat stabilitesi) ve

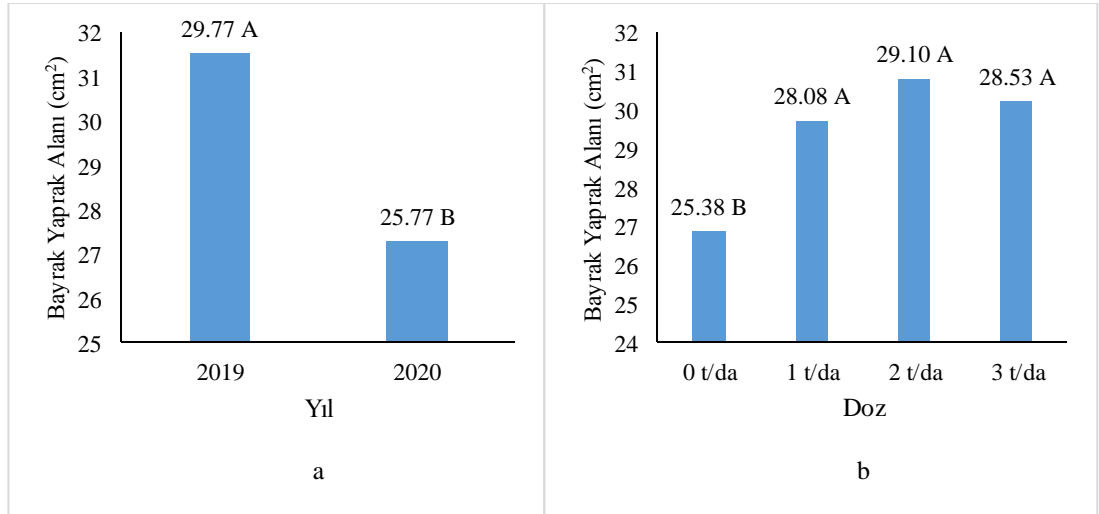
kimyasal özelliklerini düzenlediği, biyokömürün organik madde ve K içerikleri üzerine oldukça etkili olduğu, özellikle de 3 t/da uygulamasının öne çıktığı görülmüştür (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2).

Yapılan çalışmalarda, topraklara artan dozlarda uyguladıkları biyokömürün toprağın por desenini etkilediği, toprakta doygun hidrolik iletkenliği ve hacim ağırlığını azalttığı, toprakta su geçirgenliğini, toprak strüktürleşmesi, agregatlaşma ve toprak havalanmasını artırdığını (Devereux ve ark., 2012; Mukherjee ve Lal, 2013), kışık buğday yetiştirilen arazilerde uygulamaların buğday gelişimini kısa dönemde önemli derecede etkilemediğini bildirmişlerdir. Namlı ve ark., (2017) buğday yetiştirilen topraklara tavuk altığı ve fındık kabuğu biyokömürünü (150 ve 300 kg/da) kimyasal gübrelerle birlikte uyguladıkları çalışmalarında toprakların fosfor ve potasyum içeriklerini artırdığı (Tarakçıoğlu ve ark., 2019), bitki boyunu en düşük 98.5 cm, en yüksek bitki boyunu ise 105.6 cm olarak 200 kg/da tavuk altığı biyokömürü+DAP uygulamasında bulmuşlar; biyokömürlerin tek başına değil DAP gübresi ile birlikte kullanılmasını önermişlerdir. Sial ve ark., (2019) farklı biyokömür uygulamaları kimyasal gübreler ile birlikte uyguladıkları çalışmada uygulamaların buğday bitki boyunu kontrol uygulamasına ve yalnızca kimyasal gübre uygulamasına göre önemli derecede artırdığını tespit etmişlerdir. Zaheer ve ark., (2021) 38 g/kg biyokömür uygulamasında daha yüksek mineral besin içeriği, Bray P'u, değişebilir K, toprak karbonu, azot mineralizasyonu ile buğday en yüksek bitki boyu (99 cm) ve başak uzunluğu (12.02 cm) değerlerini elde etmişlerdir. Ekstraksiyon uygulamalarının bitki gelişimi ve toprak özelliklerine etkileri ile ilgili çalışmalarda, Mahmoud ve ark., (2015) kompost ekstraktı ve 214 kg N ha⁻¹ uygulamalarının toprakta yararlı besin içeriğini (N, P, K) ve organik madde içeriğini artırdığını, toprak tuzluluk ve pH'sının topraktan uygulama ile daha fazla azaldığı ifade edilmiştir. Kim ve ark., (2015) ise soya ve şeker mısırına uyguladıkları kompost çaylarının %0.8'lik dozun kök ve gövde gelişimini önemli derecede artırdığı bildirmişlerdir.

4.3.2 Bayrak Yaprak Alanı, m²'deki Başak Sayısı, Başakta Tane Sayısı

Denemede yetiştirilen buğday bitkisinin bayrak yaprak alanı, m²'deki başak sayısı ve başakta tane sayısına ait ortalama değerler Çizelge 4.11'de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere, uygulamalar ve dozlarına bağlı olarak bayrak yaprak alanı 1. yıl 26.97-33.88 cm², 2. yıl 23.78-28.56 cm², m²'deki başak sayısı 1. yıl 322-

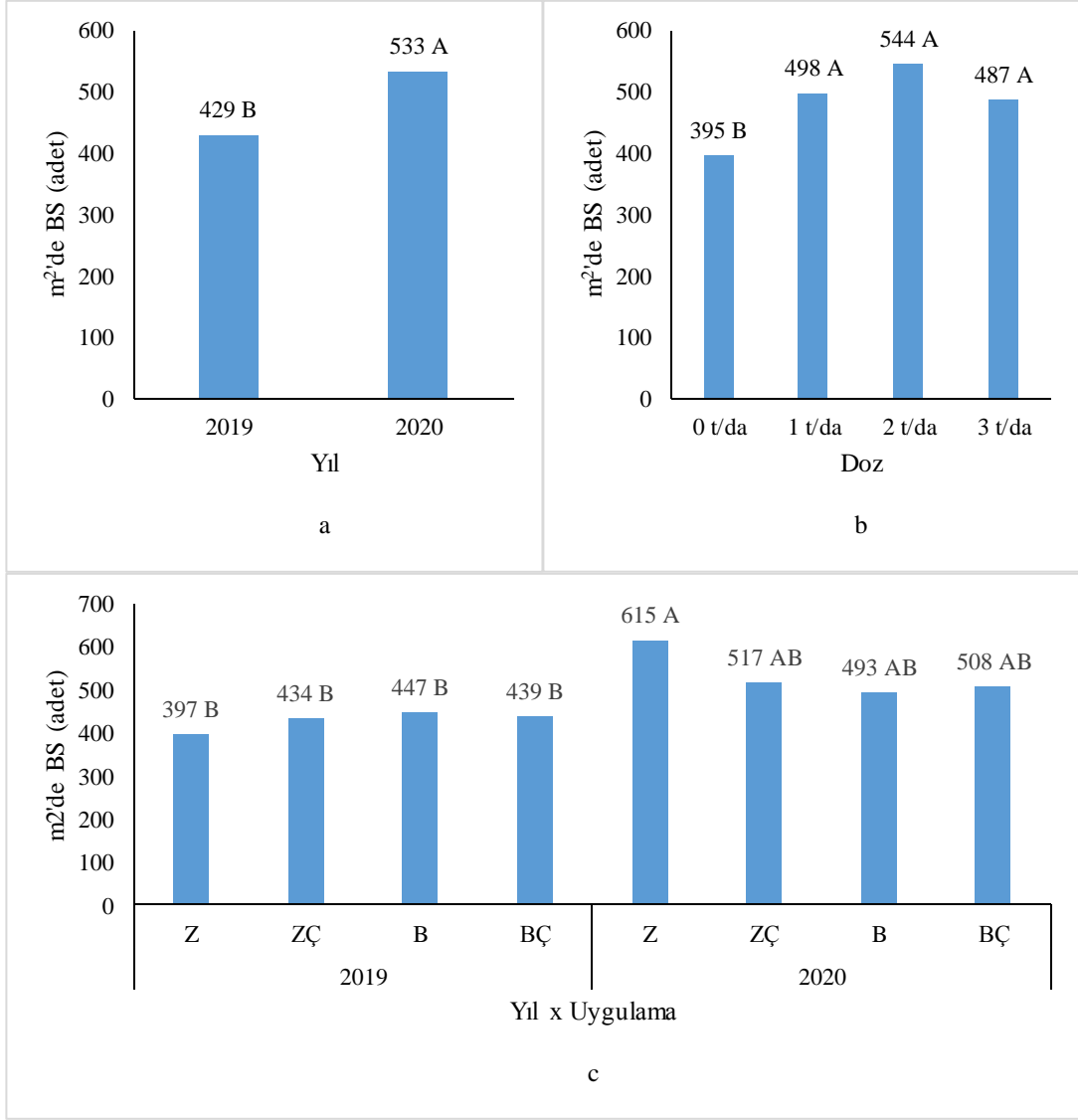
536, 2. yıl 354-691 arasında, başakta tane sayısı ise 1. yıl 40.90-47.23, 2. yıl 44.13-55.60 arasında değişmiştir. İncelenen bu özelliklere ait varyans analizi sonuçlarına göre, yıl ve dozun etkisi istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiş, m^2 'deki başak sayısı üzerine yıl, uygulama etkisinin birbirinden bağımsız olmadığı yıl x uygulama etkileşiminin $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar meydana getirdiği belirlenmiştir (EK 3). Buğday bitkisinin bayrak yaprak alanı, yıl ortalamaları dikkate alındığında en yüksek 1. yılda 29.77 cm^2 bulunmuş, 2. yılda 25.77 cm^2 ile bir azalma meydana gelmiştir (Şekil 4.2a). Yaprak alanının azalmasının, 2. yıl hava sıcaklıklarının daha yüksek olması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Doz ortalamaları dikkate alındığında, kontrol bitkilerinde 25.38 cm^2 olan yaprak alanı, materyallerin artan doz uygulamaları ile önemli artış sağlamış, ancak uygulama dozları arasında istatistiksel olarak fark olmamış, 2 t/da uygulaması en etkili doz olarak (29.10 cm^2) belirlenmiş (Şekil 4.2b) ve bu uygulama dozu ile yaprak alanında %15'lik bir artış meydana gelmiştir. Pacetti ve ark., (1993) bayrak yaprak alanının küçük olması ile soğuğa dayanıklılık arasında önemli ilişki olduğunu ve bayrak yaprak alanı ile kurağa dayanıklılık arasında ilişki olmadığını ifade etmişlerdir.



Şekil 4.2 a) Yılların Bayrak Yaprak Alanı Üzerine Etkisi b) Dozların Bayrak Yaprak Alanı Üzerine Etkisi

Buğday bitkisinin m^2 'de başak sayısı üzerine yıl ortalamaları dikkate alındığında, 1.yıl 429 adet, 2. yılda 533 adet ile %24'lük artış elde edilmiştir. Doz ortalamaları dikkate alındığında, kontrol bitkilerinde 395 adet olan m^2 'de başak sayısı, uygulama dozlarının artması ile artış göstermiş; 1 t/da uygulama dozu ile 498 adet, 2

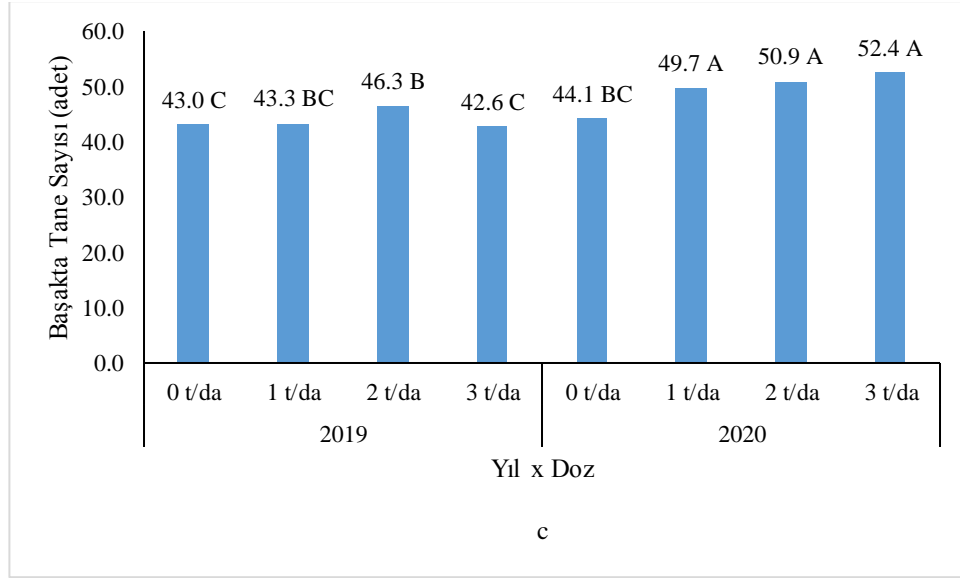
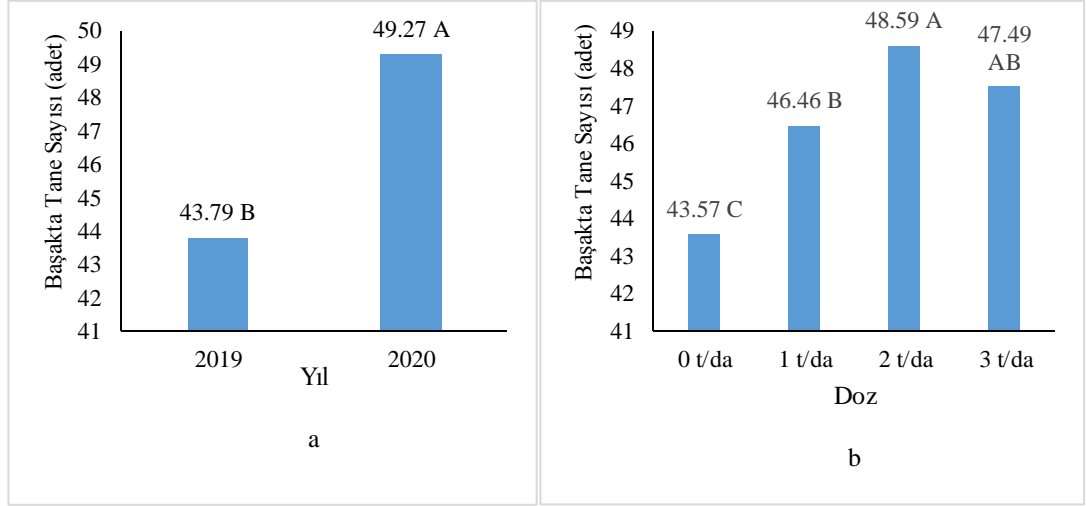
t/da uygulama dozu ile 544 adet ve 3 t/da uygulama dozu ile 487 adete ulaşmış; doz artışına bağlı olarak sırasıyla %26, %38 ve %23'lük artış sağlanmıştır. (Şekil 4.3b). En yüksek m²'de başak sayısı 2 t/da uygulamasında elde edilmiş, uygulama dozları arasında istatistiki olarak bir fark meydana gelmemiş, aynı grup içerisinde yer almıştır. Diğer yandan, m²'de başak sayısı üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamasına rağmen, rakamsal olarak zurufun etkisi öne çıkmıştır. Uygulamaların etkisinin yıldan bağımsız olmadığı yıl x uygulama etkileşimi değerlendirildiğinde, en yüksek m²'de başak sayısı 2. yıl zuruf uygulaması ile 615 adet bulunmuş, 1. yıla göre %55'lik bir artış sağlamıştır. Bunu zuruf çayı (517 adet), biyokömür çayı (508 adet) ve biyokömürün (493 adet) 2. yıl uygulamaları izlemiş, 1. yıla göre bu uygulamalar da sırasıyla %19, %16 ve %10 artış sağlamışlardır. m²'de başak sayısı üzerine iklim faktörlerinin etkisi yanında, öncelikle çeşit özelliği olmak üzere, ekim sıklığı, ekim şekli, kullanılan gübre türü, gübrenin uygulama zamanı ve kardeşlenme süresi gibi unsurlardan etkilenmektedir. Fındık zurufu yüksek organik madde içeriğine sahiptir ve agregat stabilitesi, hidrolik iletkenlik ve havalanma gibi toprakların fiziksel özelliklerini geliştirmektedir (Baran ve Zeytin, 2003). Genellikle buğdayın kardeşlenme etkinliğine bağlı, birim alanda kardeş sayısının artmasıyla aynı alanda başak sayısının artması beklenmektedir (Kün, 1988). Çalışmamızda, her ne kadar önlem alınmaya çalışılsa bile oluşan başaklarda kuş zararına tam olarak engel olunamamıştır. Bu nedenle, özellikle biyokömür uygulamasının olduğu parsellerde başak sayısı daha düşük olmuştur.



Şekil 4.3 a) Yılların m²'de BS Üzerine Etkisi b) Dozların m²'de BS Üzerine Etkisi c) Yıl x Uygulama İnteraksiyonunun m²'de BS Üzerine Etkisi

Buğday bitkisinin başakta tane sayısı üzerine yıl ortalamaları dikkate alındığında 1. yılda 43.79 adet, 2. yılda 49.27 adet ile %13'lük bir artış elde edilmiştir. Doz ortalamaları dikkate alındığında kontrol bitkilerinde 43.57 adet olan tane sayısı, uygulama dozlarının artması ile artış göstermiş; en yüksek başakta tane sayısı 2 t/da uygulaması ile 48.59 adet olmuş; %12'lik bir artış sağlamıştır (Şekil 4.4b). Başakta tane sayısı üzerine yıl, doz etkisinin birbirinden bağımsız olmadığı yıl x doz etkileşimi değerlendirildiğinde, her iki yıl en düşük tane sayısı kontrol grubu bitkilerinde (43.00, 44.13 adet) elde edilmiş, 2. yıl 1 t/da uygulama dozu ile 49.66 adet, 2 t/da uygulama dozu ile 50.86 adet ve 3 t/da uygulama dozu ile 52.42 adet tane sayısına ulaşılmış; doz artışına bağlı olarak sırasıyla %13, %15 ve %19'lük artış sağlanmıştır. En etkili

uygulama dozu 2. yıl 3 t/da olmakla birlikte uygulama dozları arasında istatistiki olarak bir fark meydana gelmemiş, aynı grup içerisinde yer almıştır. Elde edilen bulgulara göre, buğday bitkisinin başakta tane sayısı üzerine organik materyal uygulamalarının önemi ortaya konulmuştur. Bulut (2009), farklı organik ve kimyasal gübre kaynaklarının başakta tane sayısını istatistiksel olarak önemli derecede etkilediğini bildirmiştir. İstatistiki olarak önemli olmamakla birlikte başakta tane sayısı üzerine rakamsal olarak biyokömür uygulaması daha etkili olmuştur. Biyokömür C kaynağı olarak mikroorganizma yaşamını desteklemesi, buna bağlı olarak toprak azot içeriğinin artmasını destekleyerek bitki gelişiminde önemli katkı sağlamaktadır ki, züruf biyokömürünün toprak besin elementi içerikleri üzerine daha etkili olması bulgularımızı destekler niteliktedir. Yapılan çalışmalarda da benzer bulgular bildirilmiştir. Zaheer ve ark., (2021) artan biyokömür uygulama dozları ile birlikte buğday başakta tane sayısının artış gösterdiğini, en yüksek başakta tane sayısının (47 adet) 38 g/kg biyokömür dozu uygulamasında elde edildiğini bildirmişlerdir. Hu ve ark., (2021)'de saman, saman biyokömürü ve kimyasal gübrelerin toprak özellikleri ve buğday bitkisinin gelişimi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, 16 t/ha saman biyokömürü + kimyasal gübre uygulamasının en yüksek bitki boyu ve biyokütle içeriği ile başakta tane sayısı ve 1000 tane ağırlığı üzerine diğer uygulamalara göre istatistiksel olarak oldukça önemli bulunduğunu, saman biyokömürü uygulamalarının toprak organik karbon, toplam azot ve mikrobiyal biyokütle karbonunu önemli derecede artırdığını açıklamışlardır.



Şekil 4.4 a) Yılların Başakta Tane Sayısı Üzerine Etkisi b) Dozların Başakta Tane Sayısı Üzerine Etkisi c) Yıl x Doz İnteraksiyonunun Başakta Tane Sayısı Üzerine Etkisi

4.3.3 Bin Tane Ağırlığı, Tane Verimi, Hektolitre Ağırlığı ve Hasat İndeksi

1000 tane ağırlığı buğday genotipine bağlı bir özellik olmasının yanı sıra ekolojik şartlardan da etkilenen bir özelliktir. Ayrıca, kardeşlenme derecesi, başakta tane sayısı, lag periyodu, tane dolun süresi ve yaprak alanı süresi gibi fizyolojik süreçlerde 1000 tane ağırlığını etkileyen faktörlerdir. Bu fizyolojik olaylardaki farklılıklar 1000 tane ağırlığının farklı olmasına neden olmaktadır.

Denemede yetiştirilen buğday bitkisinin 1000 tane ağırlığı, tane verimi, hektolitre ağırlığı ve hasat indeksi değerlerine ait ortalama değerler Çizelge 4.12’de verilmiştir.

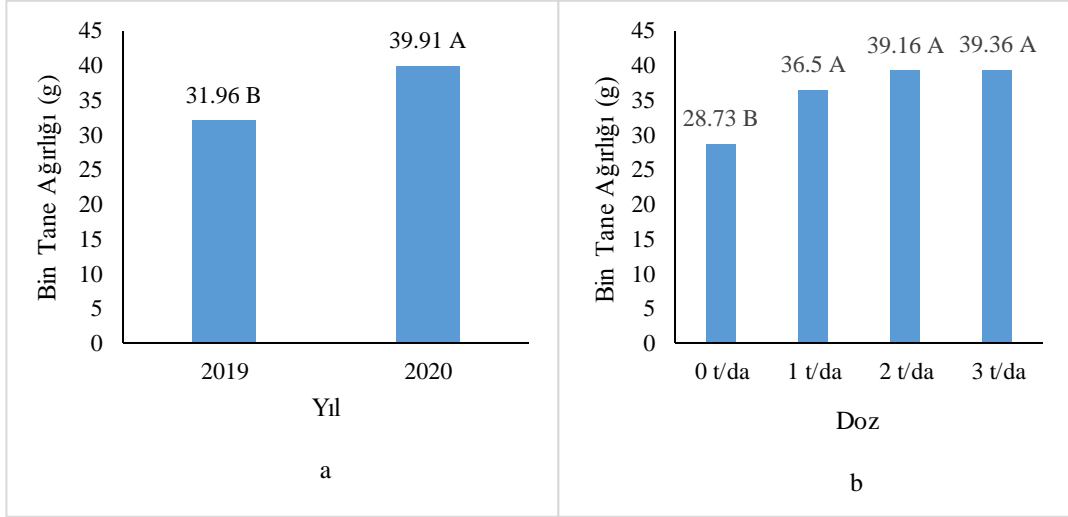
Çizelge 4.12 Buğday Bitkisinin Verim Özellikleri

Uygulama/ Doz (t/da)	Bin tane ağırlığı (g)		Tane verimi (kg/da)		Hektolitre ağırlığı (kg)		Hasat indeksi (%)		
	1.YIL	2.YIL	1.YIL	2.YIL	1.YIL	2.YIL	1.YIL	2.YIL	
Kontrol	23.82	33.64	340	618	69.94	74.00	32.37	36.00	
1	31.83	40.11	370	624	71.10	76.51	34.51	35.25	
Z	2	34.26	40.08	538	673	70.69	76.77	35.66	35.74
	3	40.99	44.94	598	754	70.20	78.91	39.43	43.25
	1	30.66	41.06	454	563	70.45	77.03	42.72	40.04
B	2	42.63	47.26	698	633	72.29	76.47	47.22	34.13
	3	36.65	41.26	617	697	71.38	78.68	36.38	38.61
	1	30.55	41.41	399	633	69.56	75.76	41.21	38.40
ZÇ	2	34.77	42.11	655	681	71.80	76.59	37.81	37.58
	3	37.63	42.82	671	684	70.15	76.25	44.34	41.21
	1	34.04	42.33	562	642	70.57	77.61	41.82	33.36
BÇ	2	31.52	40.61	507	665	71.68	79.91	43.54	37.42
	3	30.54	40.03	464	714	71.15	77.29	33.39	35.42

Z: Zuruf, B: Biyokömür, ZÇ: Zuruf çayı, BÇ: Biyokömür çayı

Çizelgeden görüleceği üzere, uygulamalar ve dozlarına bağlı olarak 1000 tane ağırlığı değerleri 1. yıl 23.82-42.63 g arasında, 2. yıl 33.64-47.26 g arasında değişmiştir. Ayrıca, 1000 tane ağırlığına ait varyans analizi sonuçlarına göre, yıl ve doz istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir (EK 6). Yıl ortalamaları dikkate alındığında 1. yıl 1000 tane ağırlığı 31.96 g olurken, 2. yılda 39.91 g olarak bulunmuştur (Şekil 4.5a). Uygulamaların 1000 tane ağırlığı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamakla birlikte, her iki yıl zuruf ve zuruf çayı uygulamalarının artan dozları ile düzenli bir artış olurken, biyokömür ve

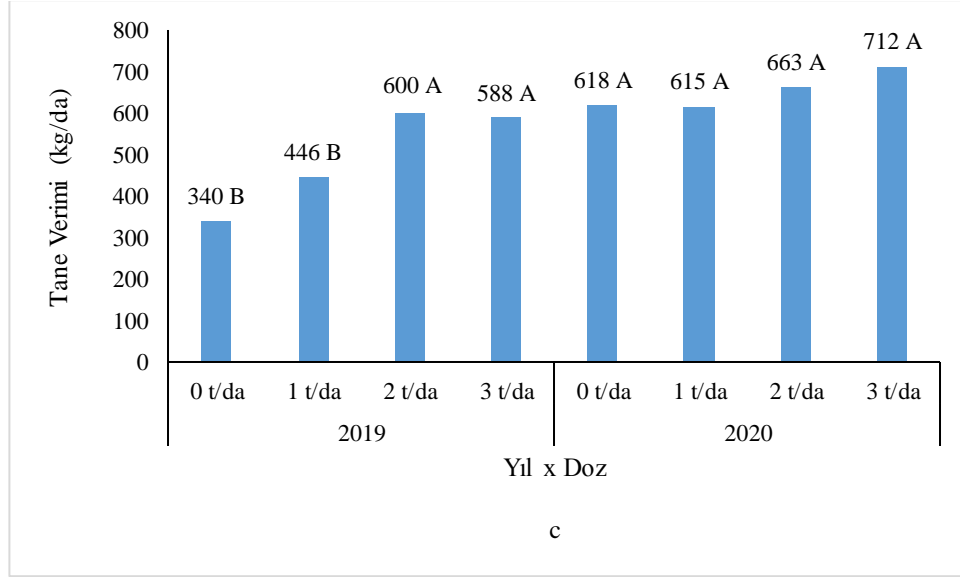
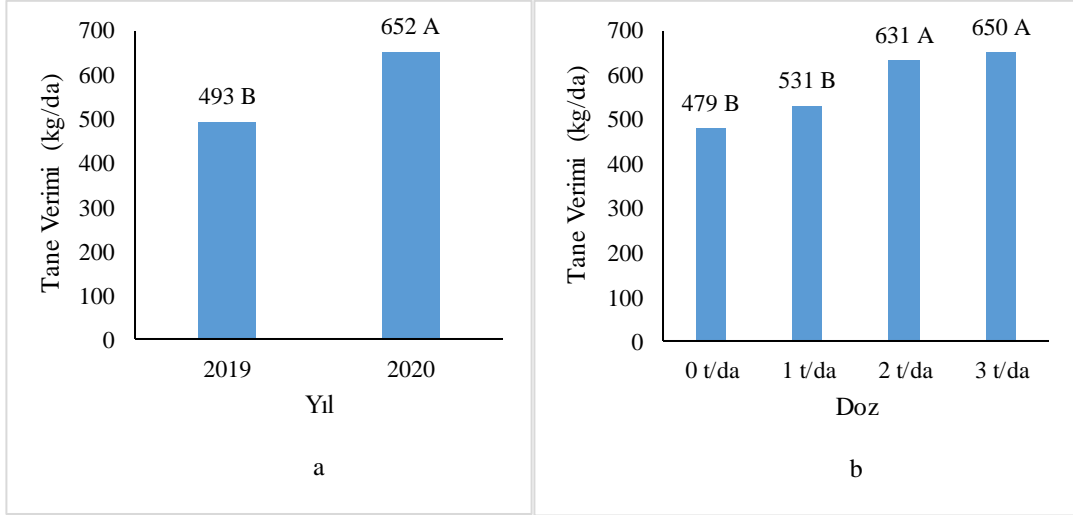
biyokömür çayı uygulama dozlarında düzenli artış meydana gelmemiştir (Çizelge 4.12). Toprağa uygulanan materyallerin doz ortalamaları dikkate alındığında en düşük 1000 tane ağırlığı kontrol uygulamasında 28.73 g belirlenmiş, uygulama dozlarının artmasına bağlı olarak tane ağırlıkları artmış, 1 t/da dozunda 36.50 g, 2 t/da dozunda 39.16 g, 3 t/da dozunda 39.36 g bulunmuş ancak dozlar arasında istatistiksel bir fark meydana gelmemiştir (Şekil 4.5b). Deneme alanı toprağı kumlu tın tekstürlü olup organik madde ve besin içeriğı bakımından oldukça yetersizdir. Bu nedenle, denemenin ilk yılında yapılan uygulamaların etkisi daha belirgin olmuş, ayrıca 1. yılda yağış ve sıcaklıkların tane dolun döneminde daha uygun olması uygulamaların etkisini artırdığı düşünülmektedir. Yani, organik kökenli bu materyallerin kısa dönemde daha etkili olduğu söylenebilir. Buna karşılık, daha uzun vadede etkilerinin de nasıl olacağını da araştırılması gerektiğı düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda benzer bulgular elde edilmiştir. Zaheer ve ark., (2021) toprağa artan biyokömür dozu uygulaması, Dong ve ark., (2022) biyokömür ve azotlu gübre uygulama dozları ile buğday 1000 tane ağırlığının arttığını, en yüksek ağırlığın (36 g) 38 g/kg uygulama dozunda elde edildiğini bildirmişlerdir. Diğer yandan, Butnan ve ark., (2015) Sigua ve ark., (2016) topraklara biyokömür uygulamaları ile bitki gelişimi arasında tutarsız sonuçlar görüldüğü belirtmişlerdir. Gebremedhin ve ark., (2015) biyokömür uygulamasının buğday 1000 tane ağırlığı üzerine etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir. Bu farklı bulgular, bitki gelişimi ve verimin sadece toprak özelliklerine bağlı olmayıp aynı zamanda toprak ve biyokömür arasındaki etkileşimlerde biyokömürün karakteristiklerine bağlı (Novak ve Busscher, 2013; Sigua ve ark., 2016) olduğu ile açıklanmaktadır.



Şekil 4.5 a) Yılların Bin Tane Ağırlığı Üzerine Etkisi b) Dozların Bin Tane Ağırlığı Üzerine Etkisi

Buğday bitkisinin tane verimine ait ortalama değerler Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere uygulamalar ve dozlarına bağlı olarak 1. yıl 340-698 kg/da arasında, 2. yıl 563-754 kg/da arasında değişmiştir. Ayrıca, tane verimine ait varyans analizi sonuçlarına göre, yıl ve doz istatistiksel olarak $p < 0.001$, yıl x doz interaksiyonu $p < 0.01$ düzeylerinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir (EK 7). Yıl ortalamaları dikkate alındığında 1. yıl tane verimi 493 kg/da, 2. yılda 652 kg/da olarak bulunmuştur (Şekil 4.6a). Uygulamaların tane verimi üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamakla birlikte, her iki yıl biyokömür çayı hariç zuruf, zuruf çayı ve biyokömür uygulamalarının artan dozları ile düzenli bir artış meydana gelmiştir (Çizelge 4.12). Doz ortalamaları dikkate alındığında kontrol grubu bitkilerinin tane verimi 479 kg/da olurken, dozlarının artışına bağlı olarak tane ağırlıkları artmış, 1 t/da dozunda 531 kg/da, 2 t/da dozunda 631 kg/da, 3 t/da dozunda 650 kg/da bulunmuş; tane veriminde doza bağlı olarak sırasıyla %11, %32 ve %36 oranında artış meydana gelmiştir. Tane verimi üzerine etkili doz 3 t/da uygulaması olmakla birlikte 2 t/da uygulaması ile istatistiki bir fark meydana gelmemiştir (Şekil 4.6b). Bu iki faktörün etkisinin birbirinden bağımsız olmadığı yıl x doz interaksiyonu ile görülmektedir. Buna göre, 2. yıl toprağa 3 t/da uygulama dozu ile en yüksek tane verimi 712 kg/da olarak belirlenmiştir (Şekil 4.6c). Şekilden de görüleceği üzere, 1. yıl kontrol grubu ile 1 t/da uygulama dozu (340 kg/da ve 446 kg/da) dışındaki tüm uygulama dozlarının aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark olmayıp aynı grup içerisinde yer almışlardır. Bu özellikte de uygulama dozlarının tane verimi üzerine

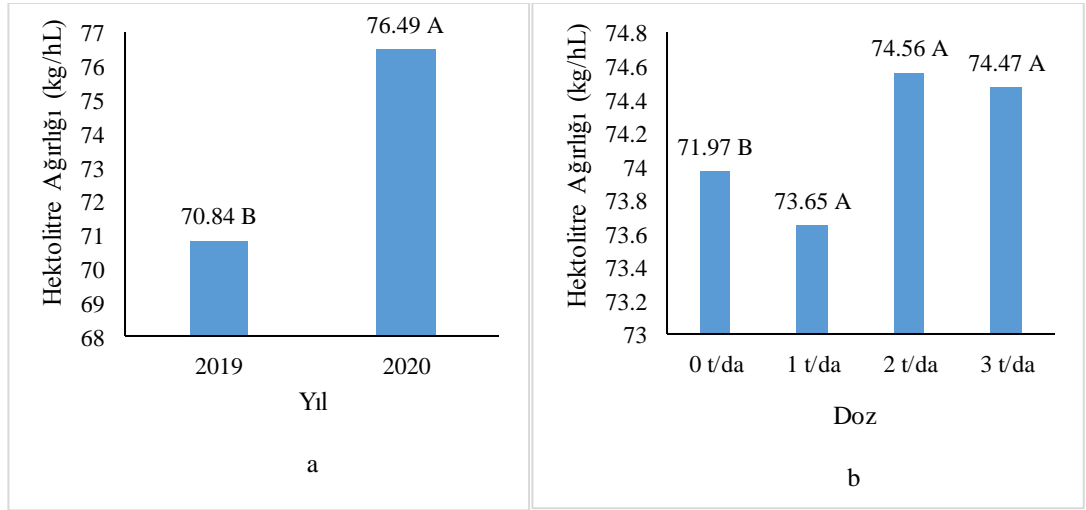
etkileri kontrol grubu ile kıyaslandığında 1. yıl sırasıyla %30 ila %77 oranında artışa karşılık, 2. yıl %7 ila %15 oranında olmuştur ki sonuçlar 1000 tane ağırlığı ile uyumludur. Spiertz ve Vos (1985) ve Mahler ve ark., (1994) ürün yılları arasında tane verimi yönünden farklılıklar yağış miktarı, yağışın vejetasyon dönemi içerisindeki dağılımı ve vejetasyon dönemi içerisindeki sıcaklık dereceleri ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir. Toprak kalitesinin biyokömürün 3 t/da uygulaması ile en yüksek kalite sınıfında yer alması verim üzerine uygulamaların etkisinin bir sonucudur. Bulut (2009), farklı kimyasal ve organik gübre kaynaklarının tane verimi üzerine etkisinin önemli olduğunu, en düşük tane verimini kontrol uygulamasında elde edildiğini; Miller (2018), kompost uygulamasının buğday verimini önemli derecede artırdığını, biyokömür uygulamasının buğday verimi üzerine önemli bir artış sağlamadığını, biyokömür ve kompost interaksyonunun buğday verimini önemli derecede etkilediğini bildirmişlerdir. Namlı ve ark., (2017) kontrol parselinde buğday tane verimini en düşük 304.58 kg/da, 200 kg/da tavuk altığı biyokömürü + DAP uygulamasında buğday tane verimini en yüksek 421 kg/da olarak tespit etmişlerdir. Buğday tane veriminde uygulamalara bağlı değişikliklerin istatistiksel olarak önemli olduğunu, kimyasal gübrelerle biyokömürlerin birlikte uygulanmasının tane verimi üzerine en fazla etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Gebremedhin ve ark., (2015) biyokömür uygulamalarının kontrole göre (kimyasal gübreleme) tane verimini %15.7 artırdığını, Sial ve ark., (2019) biyokömür uygulamaları ile buğdayda, Korai ve ark., (2021) çeltikte tane verimini yalnızca kimyasal gübre ve kontrol uygulamalarının üstünde geliştirdiği ve önemli derecede arttığını ($p<0.05$) belirtmişlerdir. Zaheer ve ark., (2021) artan biyokömür dozu uygulaması ile buğday tane veriminin arttığını tespit etmişlerdir. En yüksek buğday tane verimini 38 g/kg uygulama dozunda elde etmişlerdir. Dong ve ark., (2022) tarafından yürütülen çalışmada aynı miktar azot uygulaması altında artan dozda biyokömür uygulamaları ile buğday verimi artış göstermiştir. Bu bulguların aksine Birol (2020), biyokömür uygulama dozlarının buğday tane verimi üzerine istatistiksel olarak önemli bir etki yapmadığını tespit etmişlerdir.



Şekil 4.6 a) Yılların Tane Verimi Üzerine Etkisi b) Dozların Tane Verimi Üzerine Etkisi c) Yıl d) Doz İnteraksiyonunun Tane Verimi Üzerine Etkisi

Buğday bitkisinin hektolitre ağırlığına ait ortalama değerler Çizelge 4.12'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere uygulamalar ve dozlarına bağlı olarak 1. yıl 69.94-72.29 kg arasında, 2. yıl 74.00-79.91 kg arasında değişmiştir. Ayrıca, hektolitre ağırlığına ait varyans analizi sonuçlarına göre, yıl ve doz istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir (EK 8). Yıl ortalamalarını dikkate alındığında 1. yıl hektolitre ağırlığına 70.84 kg, 2. yılda 76.49 kg olarak bulunmuştur (Şekil 4.7a). Buğday bitkisinin hektolitre ağırlığı üzerine doz ortalamalarının etkisi dikkate alındığında kontrol grubu bitkilerde 71.97 kg, 1 t/da dozunda 73.65 kg, 2 t/da doz uygulamasında 74.56 kg ve 3 t/da doz uygulamasında 74.47 kg bulunmuş, uygulama dozu arttıkça hektolitre ağırlığı %2, %4 ve %3 oranında

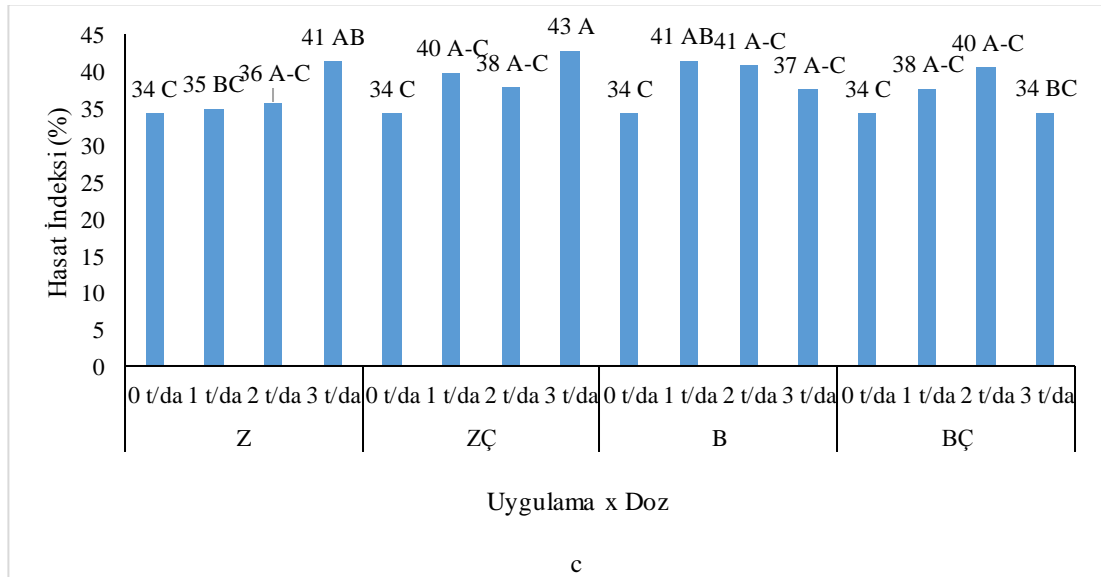
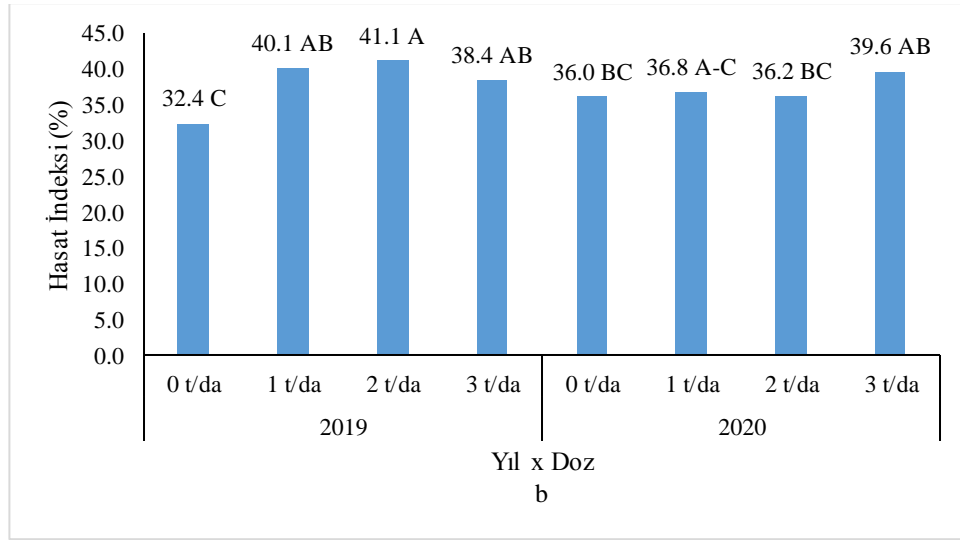
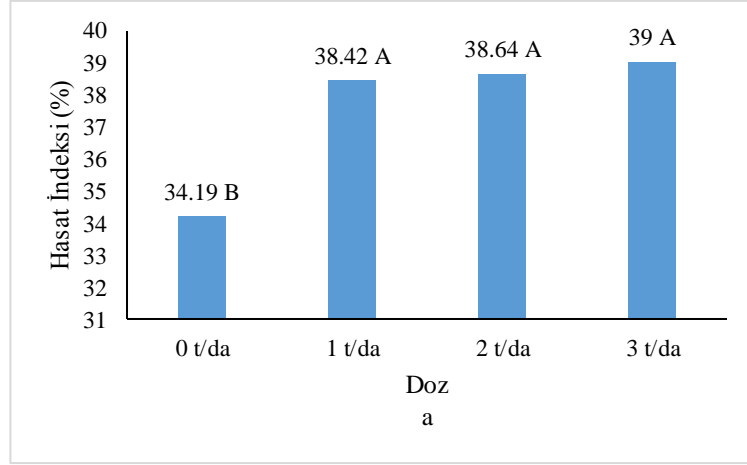
artmış, en etkili uygulama dozu 2 t/da olmuştur (Şekil 4.7b). Özalp (2010), geleneksel ve organik gübre uygulamalarının hektolitre ağırlığı üzerine etkisinin gübre uygulamaları arasında önemli düzeyde ($p<0.05$) farklılık gösterdiğini, en düşük hektolitre ağırlığını 64.6 kg en yüksek hektolitre ağırlığını da 76.3 kg olarak elde etmişlerdir. Bizim çalışmamızda belirlenen hektolitre ağırlıkları Özalp (2010)'ın belirttiği değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Bu sonuçların uygulama materyallerinin özellikleri ile ilişkili olduğu söylenebilir. Buğdayda hektolitre ağırlığının yüksek çıkması, tanelerin sıkı ve yuvarlak yapıda olması ile ilişkilidir. Ekmeklik buğday çeşitlerinde hektolitre ağırlığının 76 kg'dan fazla olması istenen bir durumdur (Kün, 1988). Buna göre, yapılan uygulamaların buğday tanelerinin kalitesini de olumlu etkilediği söylenebilir. Buğday hektolitre ağırlığı, diğer belirlenen bitkisel özelliklerden bağımsız değildir. Organik materyal uygulamalarının buğday gelişimine olan etkileri hektolitre ağırlıklarına da yansımış, organik materyal uygulamalarının önemi burada da belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Bu bulguların aksine, Akıncı ve ark., (2007) kontrol uygulaması ile ticari organomineral gübre uygulamaları arasında hektolitre değerleri bakımından fark olmadığını tespit etmişlerdir.



Şekil 4.7 a) Yılların Hektolitre Ağırlığı Üzerine Etkisi b) Dozların Hektolitre Ağırlığı Üzerine Etkisi

Buğday bitkisinin hasat indeksine ait ortalama değerler Çizelge 4.12'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere uygulamalar ve dozlara bağlı olarak 1. yıl %32.37-47.22 arasında, 2. yıl %33.36-43.25 arasında değişmiştir. Ayrıca, hasat indeksine ait varyans analizi sonuçlarına göre, dozların etkisi istatistiksel olarak $p<0.001$ düzeyinde önemli olup, dozun etkisinin yıl ve uygulamalardan bağımsız

olmadığı yıl x doz etkileşimi ve uygulama x doz etkileşimi ile $p < 0.001$ ve $p < 0.01$ düzeylerinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir (EK 9). Buğday bitkisinin hasat indeksi üzerine doz ortalamaları dikkate alındığında kontrol grubu bitkilerde %34.19 olup, uygulama doz miktarı arttıkça hasat indeksi artmış, 3 t/da en etkili doz olmuş ancak dozlar arasında istatistiki olarak önemli bir fark olmayıp aynı grup içerisinde yer almışlardır (Şeki 4.8a). Yıl x doz interaksiyonuna göre, 1. yıl kontrol grubu bitkilerinde hasat indeksi %32.37 olurken 2. yıl kontrol grubunda %36.00'a yükselmiştir. Ancak uygulama dozlarının etkisi 2. yıl azalmış, hasat indeksi değerleri 1.yıl 1 t/da ile %40.08, 2 t/da ile %41.06 olarak bulunmuş, bunu %39.62 ile 2. yıl 3 t/da uygulaması takip etmiştir (Şekil 4.8b). En etkili doz olan 2 t/da uygulaması hasat indeksinde %27 oranında bir artış sağlamıştır. Diğer yandan, uygulamalar tek başına önemli bir fark yaratmazken, uygulama x doz etkileşimine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Buna göre, hasat indeksi değeri üzerine züraf uygulamasının artan dozlarına bağlı olarak hasat indeksi düzenli bir artış gösterirken, diğer uygulamalarda dalgalanma meydana gelmiş; züraf çayının 3 t/da uygulaması en etkili uygulama ve doz olmuş (%42.77), bunu biyokömürün 1 t/da (%41.40) ve zürafın 3 t/da uygulama ve dozları (%41.34) izlemiştir (Şekil 4.8c). Materyallerin birçok bitki gelişim özelliklerinde doğrudan etkisi ortaya çıkmamakla birlikte, züraf çayının başak uzunluğunun ve başaktaki tane sayısının daha fazla bitki boyunun kısmen kısa olması, oransal değer olan hasat indeksi yüzdesinin daha yüksek çıkması ile sonuçlanmıştır. Tahıllarda tane ürünü için birim alandan olabildiğince fazla tane ve olabildiğince az sap-saman elde edilmesi; "hasat indeksi" denilen tane/sap oranının yüksek olması istenir (Kün, 1988). Hasat indeksi mahsülün hasat zamanındaki ekonomik veriminin biyolojik verime oranıdır ve bu oran bir dereceye kadar biyokömür uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkisini yansıtmaktadır (Zhang ve ark., 2017). Biyokömür ve azotlu gübre uygulamaları buğday verim bileşenleri ve hasat indeksi üzerine önemli etkiye sahiptir. Özalp (2010) geleneksel ve organik gübre uygulamalarının hasat indeksi bakımından gübre uygulamaları arasında önemli düzeyde ($p < 0.01$) farklılıkların olduğunu bildirmişlerdir. Dong ve ark., (2022) farklı dozlarda biyokömür ve azotlu gübre uygulamalarının hasat indeksi üzerine önemli derecede farklılık göstermediğini ancak artan dozda biyokömür ve azotlu gübre uygulamaları ile hasat indeksinin artan bir eğilim gösterdiğini belirtmişlerdir.



Şekil 4.8 a) Dozların Hasat İndeksi Üzerine Etkisi b) Yıl x Doz İnteraksiyonunun Hasat İndeksi Üzerine Etkisi c) Uygulama x Doz İnteraksiyonunun Hasat İndeksi Üzerine Etkisi

4.3.4 Bitki Toplam Azot, Fosfor ve Potasyum Konsantrasyonları

Fındık zurufu, zuruf biyokömürü, zuruf çayı ve biyokömür çayının kumlu tın toprağa farklı dozlarda uygulanarak yetiştirilen buğday bitkisinden sapa kalkma döneminde alınan bitki örneklerinin toplam azot, fosfor ve potasyum konsantrasyonları üzerine deneme yıllarının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları EK 10-12'de, bu özelliklere ait ortalama değerler Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13 Buğday Bitkisinin Bazı Besin Elementi Konsantrasyonları

Uygulama/Doz (t/da)	Toplam N (%)		Toplam P (%)		Toplam K (ppm)		
	1.YIL	2.YIL	1.YIL	2.YIL	1.YIL	2.YIL	
Kontrol	1.896	1.021	0.165	0.135	27024 cd	24895 d	
1	1.993	1.111	0.227	0.136	27913 cd	25803 d	
Z	2	2.248	1.117	0.231	0.140	28919 cd	26861 cd
	3	2.430	1.137	0.236	0.154	28051 cd	35475 a
	1	1.920	1.049	0.231	0.153	27096 cd	25377 d
B	2	2.098	1.094	0.244	0.166	27612 cd	27339 cd
	3	2.418	1.137	0.255	0.178	28451 cd	29547 cd
	1	2.155	1.142	0.191	0.138	27990 cd	27297 cd
ZÇ	2	2.212	1.150	0.203	0.158	28025 cd	29509 cd
	3	2.418	1.167	0.207	0.170	28360 cd	34635 ab
	1	2.163	1.125	0.168	0.149	26427 cd	25650 d
BÇ	2	2.200	1.134	0.212	0.153	28771 cd	31065 a-c
	3	2.268	1.147	0.233	0.157	29595 cd	30735 bc

Z: Zuruf, B: Biyokömür, ZÇ: Zuruf çayı, BÇ: Biyokömür çayı

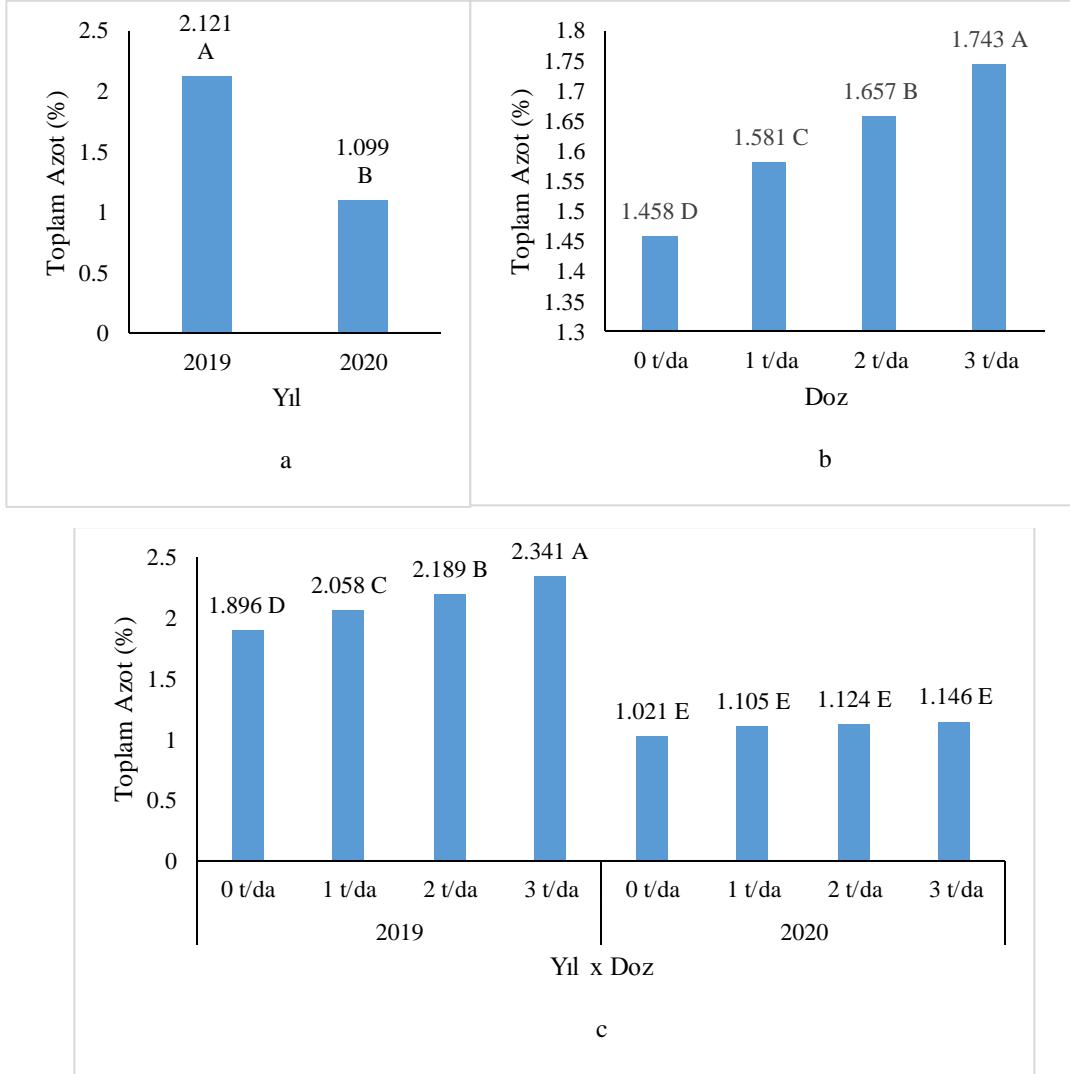
** : $p < 0.01$ düzeylerinde önemli. Herbir özelliğe ait sütun içerisinde aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında fark kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Bitkilerin azot konsantrasyonları genotip ve çevre koşullarına göre değişmekle birlikte, bitkiler için temel azot kaynağı topraktır; ancak çok az bir bölümü bitkiler tarafından alınabilir formlardadır. Topraktaki azotun en önemli kaynağı organik madde olup, ayrıca bitkiler için de kimyasal ve organik azotlu gübreler de kaynak olarak kullanılmaktadır. Bitki ve hayvansal kökenli tüm atıklar da önemli azot

kaynaklarıdır (Kacar ve Katkat, 2009). Buğday bitkisinin yaprak toplam azot konsantrasyonuna ait ortalama değerler Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere toplam azot konsantrasyonu, uygulamalar ve dozlarına bağlı olarak 1. yıl %1.90-2.43, 2. yıl %1.02-1.17 arasında değişmiştir. Toplam azot konsantrasyonuna ait varyans analizi sonuçlarına göre, yıl ve doz etkileri istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde, ayrıca yıl ve dozun etkisi birbirinden bağımsız olmayıp yıl x doz etkileşimi istatistiksel olarak $p < 0.001$ önemli farklılıklar meydana getirmiştir (EK 10). Yıl ortalamaları dikkate alındığında; 1.yıl %2.12, 2.yıl %1.01 olmuştur (Şekil 4.9a). Jones ve ark., (1991) tarafından kışık buğday bitkisinin yaprak azot konsantrasyonları %1.25-1.75 az, %1.75-3.00 yeter, > 3.00 fazla olarak ifade edilen sınır değerlerine göre, 1. yıl toplam azot konsantrasyonu yeter, 2. yıl ise az çıkmıştır.

Doz ortalaması dikkate alındığında, materyal uygulanmayan kontrol grubunda azot içeriği %1.46 olurken, uygulama dozları arttıkça bitkinin azot konsantrasyonu artmış, sırasıyla %1.58, %1.66 ve %1.74 bulunmuş, 3 t/da uygulaması en etkili doz olarak belirlenmiştir (Şekil 4.9b). Artan uygulama dozları kontrole göre bitkinin azot konsantrasyonunda sırasıyla %8, %13 ve %19'luk artış sağlamıştır. Uygulamaların artan dozlarının toprak azot konsantrasyonunu artırdığı, bu artışın her iki yılda meydana geldiği, ancak 2. yıl toprak azot konsantrasyonunun daha düşük olduğu, uygulamaların toprak azot konsantrasyonuna etkisinde de 3 t/da uygulama dozunun en etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1 ve 4.2). Ayrıca, yıl x doz interaksiyonuna göre her iki yıl uygulama dozu arttıkça toplam azot konsantrasyonu artmış, en yüksek toplam azot 1. yıl 3 t/da uygulaması ile %2.34 bulunmuş, 2. yıl dozlar arasında istatistiki olarak bir fark meydana gelmemiştir (Şekil 4.9c). Bu bize, uygulama materyallerinin ayrışması sürecinde, azot kayıplarının meydana geldiğini göstermektedir. Yani bitkinin yararlanabileceği formlara dönüşümler yetersiz kalmıştır. Bu da bitkilerin 2. yıl azot konsantrasyonundaki azalmasının bir nedeni olduğu düşünülmektedir. Bitkiler besin elementleri kökleri ile suda çözülmüş olarak adsorbe ederler, dolayısıyla toprağın su tutma ve havalanma düzeyi bitki beslenmesi ile doğrudan ilişkilidir. Kumlu tınlı deneme toprağına ilave edilen organik kökenli atık ve bunların ekstraktları, toprağın su tutma, yarayışlı su içeriği, por desenini düzenlemesine bağlı olarak etkili olduğu söylenebilir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2). Yapılan çalışmalarda fındık zürufunun toprakların fiziksel özelliklerini iyileştirdiği, su

ve besin alımını olumlu yönde etkilediği, organik madde ve azot kapsamını artırdığı (Zeytin ve Baran, 2003; Candemir, 2005; Bender Özenç ve Özenç, 2008; Özyazıcı ve ark., 2010; Candemir ve Gülser, 2011; Gülser ve ark., 2015; Tarakçıgözü ve ark., 2019); biyokömürün zengin mineral madde içeriği ve gözenekli yapısı ile toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilmesi (Lehmann, 2007), yapısına ve fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak doymuş su içeriği, yarayışlı su içeriği ve tarla kapasitesini artırdığı (Mukherjee ve Lal, 2013; Mishra ve ark., 2017; Sari, 2018; Özenç ve ark., 2019), makropor içeriğini (Herath ve ark., 2013) artırdığını bildiren birçok çalışma, bulgularımızı destekler niteliktedir. Naeem ve ark. (2018), mısır bitkisinin tane verimi ve toprak özellikleri üzerine biyokömür, kompost ve inorganik gübrenin etkisini araştırdıkları çalışmalarında, biyokömür, kompost ve inorganik gübrenin birlikte uygulamasında toprakların organik karbon, N, P ve K konsantrasyonu önemli derecede artış gösterirken pH'nın azaldığını bildirmişlerdir. Korai ve ark., (2021) buğday ve çeltik yetiştirilen topraklara kimyasal gübre ve mısır ve buğday biyokömürü (20 t/ha) uygulamalarında, özellikle buğday biyokömürü uygulamasının, toprakların yarayışlı N, P, K konsantrasyonlarını, bunların tanedeki ve buğday sapındaki konsantrasyonlarını önemli derecede artırdığını belirlemişlerdir.

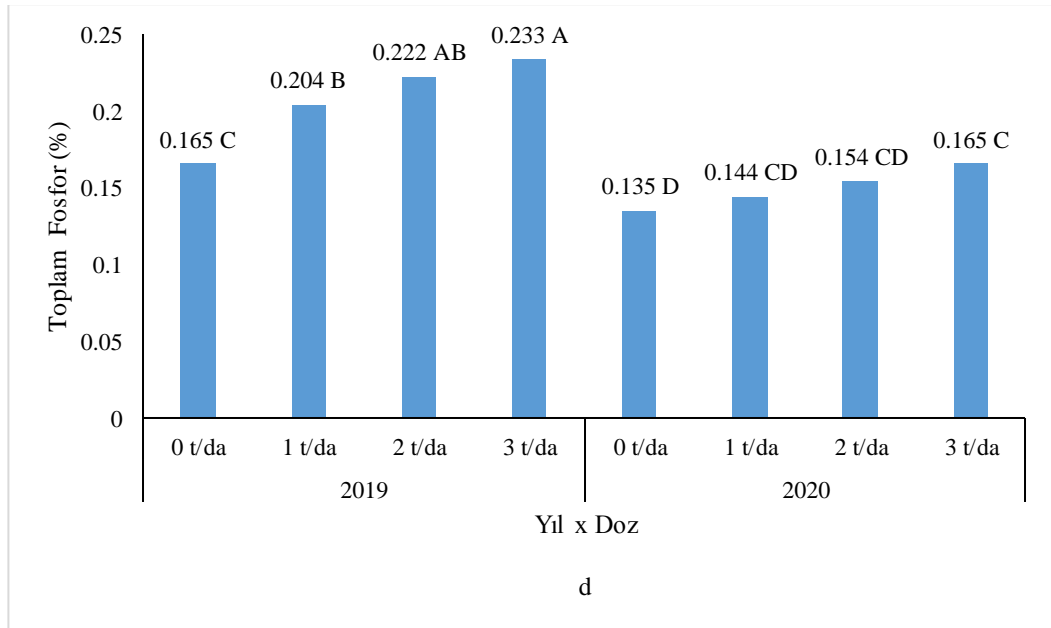
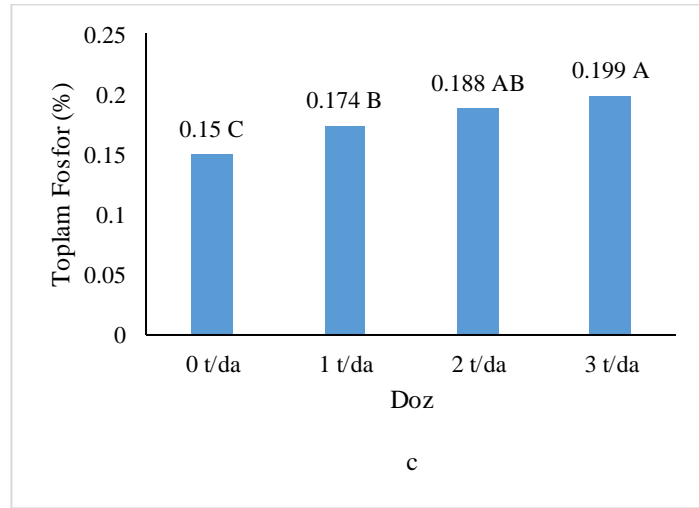
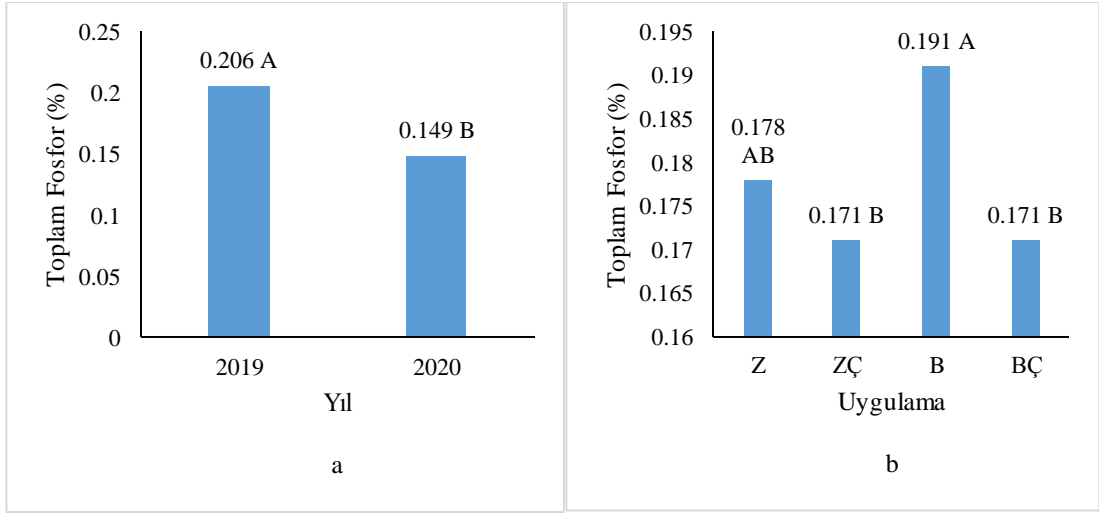


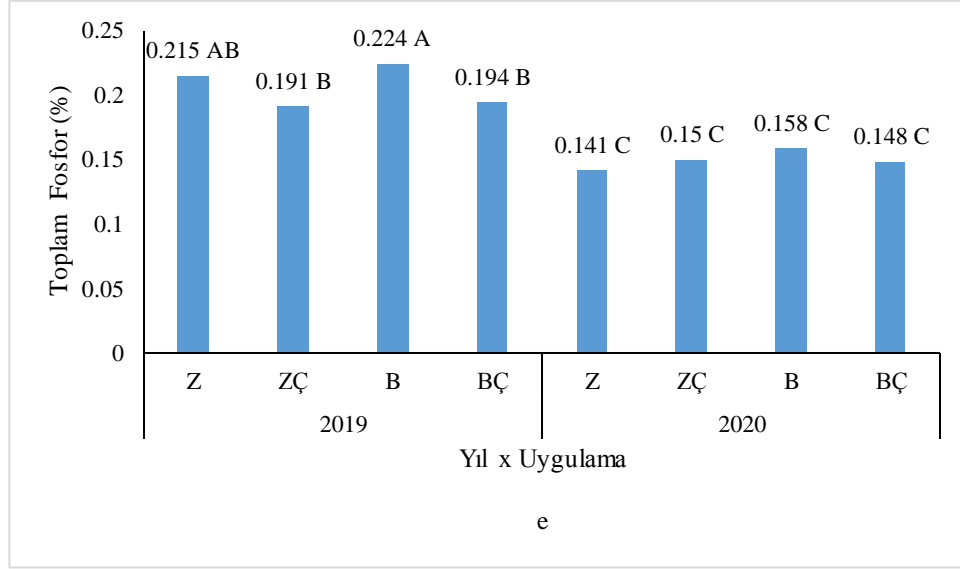
Şekil 4.9 a) Yılların Toplam Azot Üzerine Etkisi b) Dozların Toplam Azot Üzerine Etkisi c) Yıl x Doz İnteraksiyonunun Toplam Azot Üzerine Etkisi

4.3.4.1 Toplam Fosfor Konsantrasyonu

Buğday bitkisinin yaprak fosfor konsantrasyonuna ait varyans analizi sonuçlarına göre, yıl ve doz etkileri istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde, uygulamaların etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiş; ayrıca yıl ve doz, yıl ve uygulama etkilerinin birbirinden bağımsız olmayıp yıl x doz ve yıl x uygulama etkileşimleri istatistiksel olarak $p < 0.01$ ve $p < 0.05$ düzeylerinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir (EK 11). Bitki toplam fosfor konsantrasyonuna ait ortalama değerler Çizelge 4.13'te verilmiştir. Uygulamalar ve dozlarna bağlı olarak bitkinin fosfor konsantrasyonu 1. yıl %0.17-0.26, 2.yıl %0.14-0.18 arasında değişmiştir. Yıl ortalamaları dikkate alındığında bitki fosfor konsantrasyonu azalmış,

1. yıl %0.21, 2. yıl %0.15 bulunmuştur (Şekil 4.10a). Jones ve ark. (1991) tarafından, kışlık buğday bitkisinin yaprak fosfor konsantrasyonları %0.11-0.20 az, %0.21-0.50 yeter, %0.50-0.80 fazla olarak ifade edilen sınır değerlerine göre, 1. yıl toplam fosfor konsantrasyonu yeter, 2. yıl ise az çıkmıştır. Doz ortalamaları dikkate alındığında, materyal uygulanmayan kontrol grubunda fosfor konsantrasyonu %0.15 olurken, uygulama dozları arttıkça bitkinin fosfor konsantrasyonu artmış, sırasıyla %0.17, %0.19 ve %0.20 bulunmuş, 3 t/da uygulaması en etkili doz olarak belirlenmiştir (Şekil 4.10c). Artan uygulama dozları kontrole göre bitkinin fosfor konsantrasyonunda sırasıyla %13, %27 ve %33'lük artış sağlamıştır. Kumlu tın toprağa uygulanan zuruf çayı ve biyokömür çayının toplam fosfor konsantrasyonuna etkisi zuruf ve biyokömürden daha az olmuş, zuruf uygulamasında yaprak fosfor konsantrasyonu %0.18, biyokömür uygulaması ile %0.19 ile en etkili materyal olmuştur (Şekil 4.10b). Ancak, uygulamalar ve dozların etkisi yıllara göre değişkenlik göstermiş, yıl x doz interaksyonuna göre her iki yıl uygulama dozu arttıkça toplam fosfor konsantrasyonu artmış, en yüksek toplam fosfor 1. yıl 3 t/da uygulaması ile %0.23 bulunmuş, 2. yıl aynı dozda %0.17 olmuş, 2. yıl dozlar arasında istatistik olarak önemli farklılıklar oluşmamıştır (Şekil 4.10d). Uygulamaların etkisi yıllara göre farklılık göstermiş, yıl x uygulama interaksyonuna göre denemenin her iki yılında da zuruf çayı ve biyokömür çayının toplam fosfor üzerine etkisi daha az olurken, biyokömür uygulaması ile en yüksek fosfor değeri (%0.22, %0.16) elde edilmiştir (Şekil 4.10e). Topraklara organik atıkların karıştırılması, toprak fosfor içeriği ve yarayışlılığında artış sağlamaktadır. Organik maddeye bağlı olan fosfor, organik fosfor niteliğinde olup, organik maddenin parçalanması ile bitkinin yararlanabileceği inorganik forma dönüşmektedir. Organik maddenin parçalanması ile fosfohumik bileşiklerin oluşması, humat anyonları ile fosfat anyonlarının yer değiştirebilmesi ve humusun fiksasyonu azaltması ile bitkiler tarafından yararlanılabilir forma dönüşmektedir (Kacar ve Katkat, 2009). Kumlu tın tekstüre sahip deneme toprağına uygulanan materyaller, toprağın fizikokimyasal özelliklerini olumlu etkilemiş, pH değerinde uygulamalar arasında önemli bir fark bulunmazken, organik madde miktarı, toplam fosfor miktarı biyokömür uygulaması diğer uygulamalara göre daha fazla artırmıştır (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2). Biyokömür uygulamasının topraklarda fosforun bitkilerce alınabilirliğini de artırdığı ve buğdayın yaprakta fosfor konsantrasyonunun artışının bir göstergesi olduğu söylenebilir.





Şekil 4.10 a) Yılların Toplam Fosfor Üzerine Etkisi b) Uygulamaların Toplam Fosfor Üzerine Etkisi c) Dozların Toplam Fosfor Üzerine Etkisi d) Yıl x Doz İnteraksiyonunun Toplam Fosfor Üzerine Etkisi e) Yıl x Uygulama İnteraksiyonunun Toplam Fosfor Üzerine Etkisi

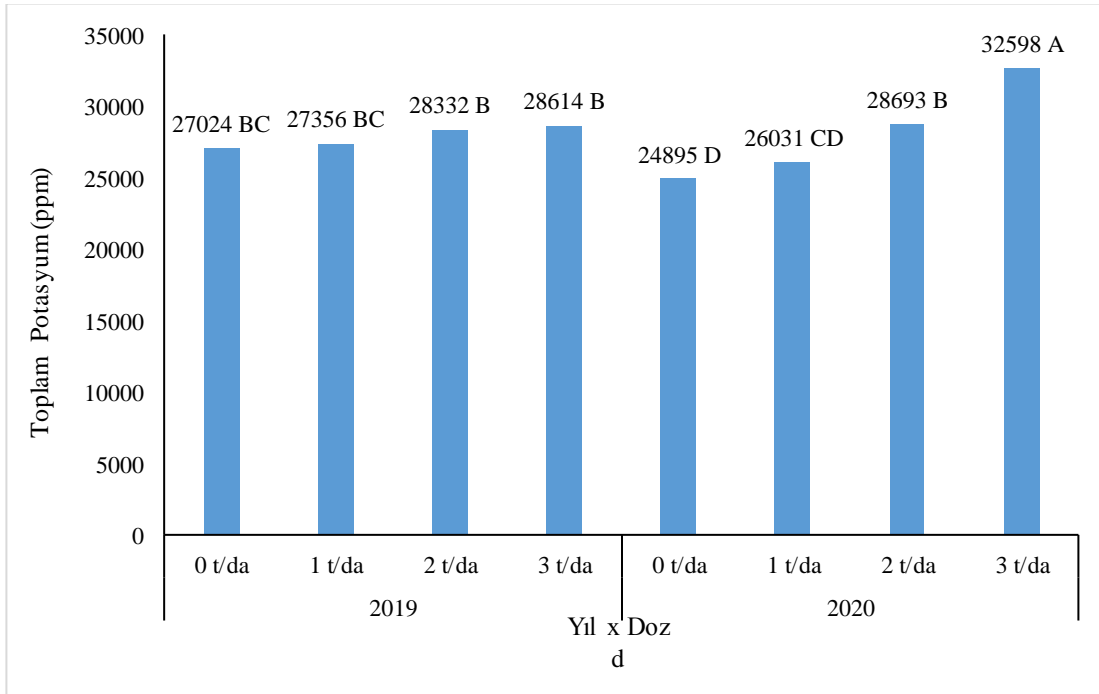
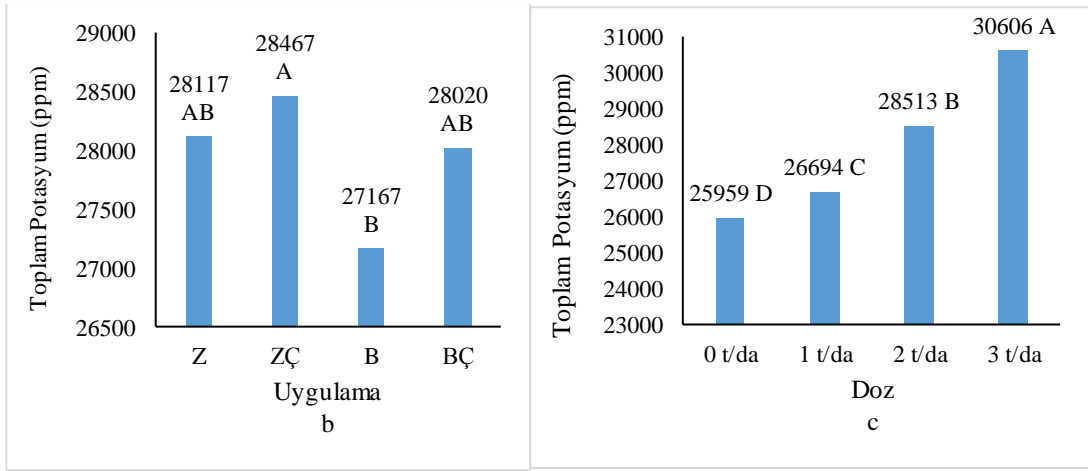
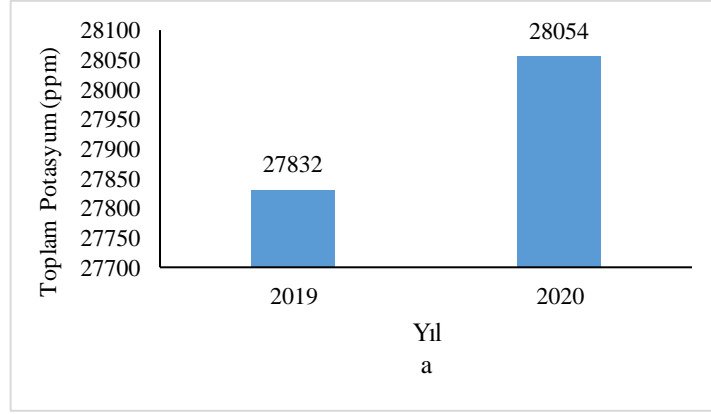
Toprak kalite göstergesi olarak seçilen yarıyıllı fosforun minimum veri seti 2 (MVS 2) içerisinde yer alması, uygulama materyallerinin buğday bitkisinin fosfor konsantrasyonunu olumlu etkilemesi sonucu birbirini destekler niteliktedir. Özyazıcı ve ark., (2010), Özdemir ve ark. (2017) Tarakçioğlu ve ark., (2019) fındık zuru ve fındık kabuğu biyokömürünün toprak pH'sı, organik madde, toplam azot, bitkiye yarıyıllı fosfor ve potasyumu arttırdığı, Namlı ve ark., (2017) ise toprakların organik madde, azot, kireç, pH, EC ve mikro element içeriği üzerine önemli etkiye bulunmadığını belirtmişlerdir. Lusiba ve ark., (2017) biyokömür ve fosforlu gübre (10 t/da) uygulanmasının tınlı kum toprağın hacim ağırlığını azalttığını ve porozitesini artırdığını, biyokömürün etkisinin kumlu topraklarda, killi topraklara göre daha fazla olduğu, biyokömürün etkisinin topraklara özgü olduğunu bildirmiştir. Liu ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada, yer fıstığı kabuğu biyokömürü ve yer fıstığı kabuğu kompostundan üretilen biyokömürün uygulamalarından (%0, %1.5, %3 ve % 5 oranında), kompostlanmış yer fıstığı kabuğundan üretilen biyokömürün, su tutma kapasitesi, toprak organik madde içeriği, toprak elektriksel iletkenliği ile K ve P gibi makro elementlerin yarıyıllılığı gibi toprak kalite özelliklerinin gelişmesine katkı sağladığını belirtmişlerdir. Bista ve ark., (2019) buğday yetiştirilen topraklara

kimyasal gübrelerle birlikte 0, 11.2, 22.4, 44.8 t/ha odun biyokömürü uygulamalarının, toprak organik madde içeriğini, pH, fosfor, potasyum ve sülfür içeriğini artırdığı ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmalarda, biyokömürün besin elementi kullanım etkinliği ve bitki gelişiminin artırılmasında önemli rol oynadığı (Laird ve ark., 2010; Zhang ve ark., 2017; Klammsteiner ve ark., 2020) bildirilmiştir. Zeleya ve ark., (2019) kanalizasyon atığı ve şeker kamışı küspesinden elde edilen biyokömürün şeker kamışı üretimi ve beslenmesi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, biyokömürün toprak verimliliğini, kök gelişimini ve besin elementi alımını artırdığını tespit etmişlerdir.

4.3.4.2 Toplam Potasyum Konsantrasyonu

Buğday bitkisinin yaprak potasyum konsantrasyonuna ait varyans analizi sonuçlarına göre, yılların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmazken, uygulamaların etkisi $p < 0.05$, dozların etkisi $p < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar meydana getirmiş; ayrıca yıl ve dozların etkisi birbirinden bağımsız olmayıp yıl x doz etkileşimleri istatistiksel olarak $p < 0.001$, yıl x uygulama x doz etkileşimi $p < 0.01$ düzeylerinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir (EK 12). Bitki toplam potasyum konsantrasyonuna ait ortalamalar değerler Çizelge 4.13'te verilmiştir. Uygulamalar ve dozlarına bağlı olarak bitkinin potasyum konsantrasyonu 1. yıl 26427-29595 ppm, 2. yıl 24895-35475 ppm arasında değişmiştir. Yıl ortalamaları dikkate alındığında bitki potasyum konsantrasyonu artmış, 1. yıl 27832 ppm, 2. yıl 28054 ppm bulunmuştur (Şekil 4.11a). Jones ve ark., (1991) tarafından kışlık buğday bitkisinin yaprak potasyum konsantrasyonları %1.00-1.50 az, %1.51-3.00 yeter, %3.01-5.00 fazla olarak ifade edilen sınır değerlerine göre, her iki yıl toplam potasyum konsantrasyonu yeter düzeyde olmuştur. Doz ortalamaları dikkate alındığında, materyal uygulanmayan kontrol grubunda potasyum konsantrasyonu 25959 ppm olurken, uygulama dozları arttıkça bitkinin potasyum konsantrasyonu artmış, sırasıyla 26694, 28513 ve 30606 ppm bulunmuş, 3 t/da uygulaması en etkili doz olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11c). Artan uygulama dozları kontrole göre bitkinin potasyum konsantrasyonunda sırasıyla %3, %9 ve %18'lik artış sağlamıştır. Ancak, dozların etkisi yıllara göre değişkenlik göstermiş, yıl x doz interaksiyonuna göre her iki yıl uygulama dozu arttıkça toplam potasyum konsantrasyonu artmış, en yüksek toplam potasyum 2. yıl 3 t/da uygulaması ile 32598 ppm olarak bulunmuştur (Şekil

4.12d). Yalnızca uygulanan materyallerin etkisi dikkate alındığında, zuruf çayı uygulaması bitki potasyum konsantrasyonu (28467 ppm) üzerine en etkili olmuş, bunu zuruf (28117 ppm), biyokömür (28020 ppm) ve biyokömür çayı (27167 ppm) izlemiştir (Şekil 4.12b). Ekstraktlar yaygın olarak bitki verimini artırmak, toprakta varolan mikrobiyal popülasyonu geliştirmek ve bitkilerin mineral besin içeriği kalitesini artırmak için kullanılmaktadır (Din ve ark., 2017). Kasifah ve ark. (2014), yaptıkları bir çalışmada çeltik, mısır ve yerfıstığından elde edilen kompost ekstraksiyonlarının toprakta bitki besinlerinin yayışlılığını geliştirici önemli bir role sahip olduğunu belirlemişlerdir. Yürütülen denemede, kumlu tın toprağa uygulanan materyallerin toprağın potasyum konsantrasyonunu her iki yıl artırdığı Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de görülmektedir. Toprak kalite göstergeleri içerisinde minimum veri seti 2’de (MVS 2) yer alması ve buğday bitkisinin toplam potasyum içeriği üzerine uygulamaların olumlu etkisinin olması birbirini destekler nitelikteki sonuçlardır. Fındık zurufu, düşük azot ve fosfor konsantrasyonuna karşın yüksek potasyum konsantrasyonu ile öne çıkan bir atıktır. Topraklara uygulanan zurufun toprakların fiziksel özelliklerinin düzenlenmesi yanında, organik madde, besin elemanı içeriğini özellikle de potasyum konsantrasyonunu artırdığı birçok çalışmada bildirilmiştir (Özenç ve Çalışkan, 2001; Candemir ve Gülser, 2011; Özenç ve ark., 2019). Tarakçioğlu ve ark. (2019) fındık kabuğundan üretilen biyokömürün toprak özelliklerini olumlu etkilediği, organik madde, toplam azot, bitkiye yararlı fosfor ve potasyum konsantrasyonlarını artırdığı belirtilmiştir. Farklı biyokömür ve biyokömür çayları ile yapılan çalışmalarda da Bista ve ark. (2019) odun biyokömürü, Korai ve ark. (2021) mısır ve buğday biyokömürü, Dong ve ark. (2022) biyokömür uygulamalarının toprağın potasyum konsantrasyonunu artırdığını, Mahmoud ve ark. (2015) kompost ekstraktları ve gübreleme programı uygulamalarının, Lou ve ark. (2016) buğday ve mısır samanından elde edilen biyokömür ekstraktının tarımda önemli bir sıvı düzenleyici olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.



Şekil 4.11 a) Uygulamaların Toplam Potasyum Üzerine Etkisi b) Dozların Toplam Potasyum Üzerine Etkisi c) Yıl x Doz İnteraksiyonunun Toplam Potasyum Üzerine Etkisi

Buğday bitkisi yaprak potasyum konsantrasyonu üzerine faktörlerin etkilerinin birbirinden bağımsız olmadığı yıl x uygulama x doz etkileşimi ile belirlenmiştir (EK-12, Çizelge 4.13). Çizelgeden de görüleceği üzere, 2. yıl zuruf materyalinin 3 t/da uygulaması en etkili olmuş ve yaprak potasyum konsantrasyonu 35475 ppm bulunmuştur. Bunu 3 t/da zuruf çayı uygulaması 34635 ppm ve 2 t/da biyokömür çayı uygulaması 31065 ppm ile takip etmiştir. Bitkilerde potasyum alımı bitkisel etmenlerin yanında, toprağın yarayışlı su içeriği, havalanma, pH ve besin elementleri ile olan ilişkileri ile etkilenmektedir (Kacar ve Katkat, 2009). Yukarıda da bahsedildiği üzere zuruf, potasyum konsantrasyonu bakımından dikkat çekici bir materyaldir. Materyaller, fındık zurufundan elde edilmesine rağmen, sahip oldukları özelliklere göre toprağa yaptıkları etkileri farklı düzeylerde olmaktadır. Dolayısıyla, bitkilerin bu ortamlardan besin elementlerinden yararlanabilmeleri de değişecektir. Manal ve ark., (2016) kumlu tekstüre sahip toprakta gübreleme ve humik asitin uygulamalarının etkisini karşılaştırdığı araştırmada, uygulamaların buğday bitkisinin azot, fosfor ve potasyum konsantrasyonlarında artış olduğunu tespit etmişlerdir. Salim (2016), kumlu topraklarda buğdayın gelişim, verim ve mineral içeriği üzerine biyokömür ve deniz yosunu ekstraktı uygulamasının etkilerini araştırdıkları çalışmada, %2 biyokömür + 1 g/L denizyosunu ekstraktının birlikte uygulanması kontrole göre kökte N, P ve K konsantrasyonlarını artırmış, tüm uygulamalarda kontrole göre buğday yapraklarının N, P ve K konsantrasyonlarının artış gösterdiği belirtilmiştir. Ren ve ark., (2017) yaptıkları çalışmada kompost ekstraktı, organik hayvan gübresi ve kompost ekstraktı + organik hayvan gübresinin yonca yetiştirilen topraklarda bitki ve toprak üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, uygulanan materyallerin yoncada kök, gövde ve toprakta N, P ve K içeriklerini artırdığını tespit etmişlerdir. Çelik ve ark., (2018) domateste bitki gövde yaş ağırlığı üzerine kurutulmuş fındık zurufu ekstraktı uygulamasının daha etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

2019-2020 yılında iki yıl süreyle yürütülen tez çalışmasında kumlu tın toprağa zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayının 0, 1, 2, 3 t/da dozunda uygulanması ile toprak kalite indeksi ve buğday bitkisinin gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır.

Zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamalarının 2019-2020 yıllarında, iki yıl süre ile yapılan araştırma sonucunda toprak özellikleri ve buğday verimi arasındaki potansiyel korelasyon ilişkileri belirlenmiştir. İstatistiksel olarak $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunan hacim ağırlığı, organik madde, agregat stabilitesi, solma noktası, havalanma porozitesi, makropor, mikropor, hidrolik iletkenlik, pH, elektriksel iletkenlik, toplam azot, değişebilir potasyum ve fosfor değişkenleri minimum veri seti 1 içerisinde yer almıştır. Bu değişkenlere uygulanan temel bileşenler analizi sonucunda organik madde, toplam azot, makropor, mikropor, elektriksel iletkenlik, solma noktası, değişebilir potasyum ve fosfor minimum veri seti 2 (MVS 2) içerisinde yer almıştır. Organik madde ve değişebilir potasyum en yüksek ağırlığa sahip, mikropor ise en düşük ağırlığa sahip toprak kalite göstergesi olarak belirlenmiştir. Minimum veri seti 2 (MVS 2) içerisinde yer alan değişkenlere ait hesaplanan toprak kalite indeksinin 2.yıl arttığı, uygulanan katı materyallerin çaylardan daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer yandan, toprak kalite indeksi üzerine tüm değişkenlerin etkisinin birbirinden bağımsız olmadığı ve yıl x uygulama x doz interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. Buna göre, 2.yıl biyokömür uygulamasının 3 t/da dozu toprak kalitesinin en yüksek sınıfta yer almasını sağlamıştır.

Uygulama materyallerinin buğday bitki boyu, 1000 tane ağırlığı, tane verimi, m²'de başak sayısı, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, bayrak yaprak alanı, hektolitreye ağırlığı, hasat indeksi, toplam azot, toplam fosfor ve toplam potasyum konsantrasyonları üzerine etkileri araştırılmıştır. İncelenen özellikler yıllara göre önemli düzeylerde değişmiş, başak uzunluğu, bayrak yaprak alanı ve hektolitreye ağırlığı dışındaki özellikler 2. yıl daha yüksek çıkmıştır. Materyallerin artan dozda uygulamaları ile tüm özelliklerde artış meydana gelmiş, genel olarak bitki gelişimi için 2 t/da dozu daha etkili ve yeter düzey olmuştur. Uygulamalar bitkide toplam azot, toplam fosfor ve toplam potasyum konsantrasyonlarını istatistiksel olarak önemli

derecede artırmıştır. Toplam azot ve fosfor konsantrasyonları 1. yıl yeter düzeyde olup, 2. yıl az sınıfında yer almıştır. Potasyum konsantrasyonu ise 2. yıl yüksek olup, her iki yıl yeter düzeyde bulunmuştur. Bitki besin elementi içeriği üzerine uygulanan dozlardan 3 t/da en etkili doz olarak belirlenmiştir. Genel olarak, bitki gelişimi üzerine materyallerden öne çıkan olmamıştır. Bu durumun, materyallerin zırfandan üretilmiş olmasından kaynaklandığını düşündürmektedir. Bu nedenle, daha uzun süre çakılı denemeleri yürütülmesi gerektiği düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abdollahi, L., Hansen, EM., Rickson, RJ., & Munkholm, LJ. (2015). Overall assessment of soil quality on humid sandy loams: effects of location, rotation and tillage. *Soil and Tillage Research*, 145, 29–36.
- Abiven, S., Hund, A., Martinsen, V. & Cornelissen, G. (2015). Biochar amendment increases maize root surface areas and branching: a shovelomics study in Zambia. *Plant Soil*, 395, 45-55.
- Abujabhah, ISD. (2017). Investigating the effect of biochar on microbial activities and biological processes in soil. Master of Sciences Thesis, University of Tasmania, Hobart, Australia.
- Adeyemi, O., Keshavarz-Afshar, R., Jahanzad, E., Battaglia, ML., Luo, Y. & Sadeghpour, A. (2020). Effect of wheat cover crop and split nitrogen application on corn yield and nitrogen use efficiency. *Agronomy*, 10, 1081.
- Adnan, M., Fahad, S., Zamin, M., Shah, S., Mian, IA., Danish, S., Zafar-ul-Hye, M., Battaglia, ML., Naz, RMM. & Saeed, B. (2020). Coupling phosphate-solubilizing bacteria with phosphorus supplements improve maize phosphorus acquisition and growth under lime induced salinity stress. *Plants*, 9, 900.
- Akıncı, C., Yıdırım, M., Doran, İ. & Akçan, A. (2007). Ekmeklik buğdayın verim ve verim unsurları üzerine tescilli organomineral gübrelerin etkileri. Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-27 Haziran 2007, Erzurum.
- Aller, MF. (2016). Biochar properties: Transport, fate, and impact. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46, 1183–1296.
- Alotaibi, KD. & Schoenau, JJ. (2019). Addition of biochar to a sandy desert soil: Effect on crop growth, water retention and selected properties. *Agronomy*, 327(9), 1-14.
- Amorim, HCS., Ashworth, AJ., Wienhold, BJ., Savin, MC., Allen, FL. & Arnold, M. (2020). Soil quality indices based on long-term conservation cropping systems management. *Agrosystems, Environmental Geosciences*, 3, e20036. doi:10.1002/agg2.20036.
- Andrews, SS., Karlen, DL. & Mitchell, JP. (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in northern california. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90, 25–45. doi:10.1016/s0167-8809(01)00174-8.
- Andrews, SS., Karlen, DL. & Cambardella, CA. (2004). The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. *Soil Science Society of America Journal*, 68, 1945–1962.
- Anikwe, MAN. (2006). Soil quality assessment and monitoring: a review of current research efforts. Enugu: New Generation Books.
- Anonim, (2022). Tarım ürünleri piyasaları. Fındık, ocak-2022 tarım ürünleri piyasa raporu. Fındık, Ocak-2022 Tarım Ürünleri Piyasa Raporu.
- Anwar, S., Iqbal, F., Khattak, WA., Islam, M., Iqbal, B., Khan, S. (2016). Response of wheat crop to humic acid and nitrogen levels. *EC Agriculture*, 3(1), 558-565

- Askari, MS. & Holden, NM. (2014). Indices for quantitative evaluation of soil quality under grassland management. *Geoderma*, 230–231, 131–142.
- Aygün, S. (2015). Fındık zurufu kompostunun toprak kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Bai, N., Zhang, H., Li, S., Zheng, X., Zhang, J., Zhang, H., Zhou, S., Sun, H. & Lv, W. (2019). Long-term effects of straw and straw-derived biochar on soil aggregation and fungal community in a rice–wheat rotation system. *PeerJ*, 6:e6171 DOI 10.7717/peerj.6171.
- Baiamonte, G., Crescimanno, G., Parrino, F. & De-Pasquale, C. (2019). Effect of biochar on the physical and structural properties of a desert sandy soil. *Catena*, 175, 294-303. doi:10.1016/j.catena.2018.12.019.
- Baran, A. & Zeytin, S. (2003). Influences of composted hazelnut husk on some physical properties of soil. *Bioresource Technology*, 88, 241–244
- Bayraklı, F. (1987). Toprak ve bitki analizleri. O.M.Ü Yayınları. No:17. Samsun
- Bauer, A. & Black, AL. (1994). Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 185-193.
- Bender Özenç, D. & Özenç, N. (2008). Short-term effects of hazelnut husk compost and organic amendment applications on clay loam soil. *Compost Science & Utilization*, 16(3), 192-199.
- Bender Özenç, D. & Özenç, N. (2009). Long-term effects of hazelnut husk compost applications on soil permeability. Proc. VIIth Intern. Congress on Hazelnut Eds.: L. Varvaro and S. Franco, *Acta Horticulturae*, 845, ISHS.
- Bender Özenç, D. (2005). Usage of hazelnut husk compost as growing medium. Proceedings of the Sixth International Congress on Hazelnut, Tarragona-Reus, Spain. *Acta Horticulturae*, 686, 309-319.
- Bender, D., Erdal, F., Dengiz, O., Gürbüz, M. & Tarakçıoğlu, C. (1998). Farklı organik materyallerin killi bir toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. International Symposium On Arid Region Soil. International Agrohydrology Reserarch And Training Center, Menemen, İzmir, 506-510 ss.
- Bırol, M. (2020). İki farklı biyokömür uygulamasının bitki verimine ve toprak kalitesine etkisinin belirlenmesi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Tokat.
- Bista, P., Ghimire, R., Machado, S. & Pritchett L. (2019). Biochar effects on soil properties and wheat biomass vary with fertility management. *Agronomy*, 9, 623, doi:10.3390/agronomy9100623.
- Black, CA., Evans, DD., White, JL., Ensminger, LE. & Clarke, FE. (1965). “Methods of soil analysis”. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, part I, 1-770.

- Blake, GR. & Hartge, KH. (1986). Bulk density, particle density. in: methods of soil analysis. Part I, ASA-SSSA, Madison, WI, 363-382.
- Blanco-Canqui, H. (2017). Biochar and soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*, 81, 687–711.
- Bonanomi, G., Ippolito, F., Cesarano, G., Nanni, B., Lombardi, N., Rita, A., Saracino, A. & Scala, F. (2017). Biochar as plant growth promoter: Better off alone or mixed with organic amendments? *Frontiers in Plant Science*, 8, 1570.
- Bouyoucos, GD. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. *Agronomy Journal*, 9, 434-438.
- Brady, NC. & Weil, RR. (1999). *The Nature and Properties of Soils*. 12th Edition. Macmillan, New York.
- Bremner, JM. (1965). *Methods of Soil Analysis Part II. Chemical and microbiological properties*. In.ed. C.A.Balack. American Society of Agronomy, Inc.Pub.Agron Series, No:9, Madison, USA.
- Brunetti, G., Plaza, C. & Senesi, N., (2005). Olive pomace amendment in mediterranean conditions: effect on soil and humic acid properties and wheat (*Triticum turgidum* L.) Yield. *Journal of Agricultural Food*, 53, 6730-6737.
- Bulut, S. (2009). Farklı gübre kaynakları ve ekim sıklığının organik buğdayda bitki gelişmesi, verim ve kalite üzerine etkileri, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Butnan, S., Deenik, JL., Toomsan, B., Antal, MJ. & Vityakon, P. (2015). Biochar characteristics and application rates affecting corn growth and properties of soil contrasting in texture and mineralogy. *Geoderma*, 237e238, 105e116. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.08.010>.
- Candemir, E. & Gülser, C. (2011). Effects of differend agricultural wastes on soil quality index of cley and loamy sand fields. *Communication Soil Science and Plant Analysis*, 42(1), 13-28.
- Candemir, F. (2005). Organik atıkların toprak kalite indeksleri ve nitrat azotu üzerine etkileri. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Samsun.
- Carvalho, MTM., Maia, AHN., Madari, BE., Bastiaans, L. Oort, PAJ., Heinemann, AB., Silva, MAS., Petter, FA., Marimon BH. & Meinke, H. (2014). Biochar increases plant-available water in a sandy loam soil under an aerobic rice crop system. *Solid Earth*, 5, 939–952.
- Chaer, GM. (2001). Modelo Para Determinaç~ ao De Índice De Qualidade Do Solo Baseado Em Indicadores Físicos, Químicos E Vçosa Minas Gerais – Brasil. Microbiologia, Madrid.
- Chen, Q., Qin, J., Sun, P., Cheng, Z. & Shen, G. (2018). Cow dung-derived engineered biochar for reclaiming phosphate from aqueous solution and its validation as slow-release fertilizer in soil-crop system. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2009-2018.

- Cherubin, MR., Karlen, DL., Cerri, CEP., Franco, ALC., Tormena, CA., Davies, CA. & Cerri, CC. (2016). Soil quality indexing strategies for evaluating sugarcane expansion in Brazil. *Plos One*, DOI:10.1371/journal.pone.0150860.
- Coşkan, A., Gök, M. & Doğan, K. (2006). Anız yakılmış ve yakılmamış parseller üzerine uygulanan tütün atığının soyada biyolojik azot fiksasyonuna ve verime etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12 (3), 239-245.
- Cui, YF., Jun, M., Wang, QX., Zhang, WM., Cheng, XY. Chen, WF. (2017). Effects of straw and biochar addition on soil nitrogen, carbon, and super rice yield in cold water-logged paddy soils of North China. *Journal of Integrative Agriculture*, 16, 1064-1074.
- Curaqueo, G., Meier, S., Khan, N., Cea, M. & Navia, R. (2014). Use of biochar on two volcanic soils: effects on soil properties and barley yield. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(4), 911-924.
- Çalışkan, N., Koç, N., Kaya, A. & Şenses, T. (1996). Compost production from hazelnut husk. Giresun: Hazelnut Research Institute Final Report 41.s.
- Çelik, İ., Günal, H., Acir, N., Barut, ZB. & Budak, M. (2021). Soil quality assessment to compare tillage systems in Cukurova plain, Turkey. *Soil and Tillage Research*, 208, 104892. doi:10.1016/j.still.2020.104892.
- Çelik, S., Akyazı, F. & Felek, AF. (2018). Efficacy of hazelnut (*Corylus avellana* L.) dried husk extract and dried husk compost against root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on tomato. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(1), 29-34.
- Çepel, N. (1985). Toprak Fiziği. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3313, O.F. Yayın No: 374, İstanbul.
- Da-Bing, X., Qiu-Jun, W., Yun-Cheng, W., Guang-Hui, Y., Qi-Rong, S. & Qi-Wei, H. (2012). Humic-like substances from different compost extracts could significantly promote cucumber growth. *Pedosphere*, 22(6), 815-824.
- Dai, L., Fan, L., Liu, Y., Ruan, R., Wang, Y., Zhou, Y., Zhao, Y. & Yu, Z. (2017). Production of bio-oil and biochar from soapstock via microwave-assisted co-catalytic fast pyrolysis. *Bioresource Technology*, 225, 1–8.
- Datta S., Taghvaeian, S. & Stivers J. (2017). Understanding soil water content and thresholds for irrigation management. Oklahoma Cooperative Extension Service, BAE-1537.
- De Jesus Duarte, S., Glaser, B. & Cerri, CEP. (2019). Effect of biochar particle size on physical, hydrological and chemical properties of loamy and sandy tropical soils. *Agronomy*, 9, 165.
- De Lucia, B. & Cristiano, G. (2015). Composted amendment affects soil quality and hedges performance in the Mediterranean urban landscape. *Compost Science & Utilization*, 23, 48–57.
- De Paul Obade, V. (2017). Quantifying the interactions of land management practices and agricultural productivity using a soil quality index. *Soil Use and Management*, 33(4), 639–652.

- Dede, OH., Dede, G., Ozdemir, S. & Abad, M. (2011). Physicochemical characterization of hazelnut husk residues with different decomposition degrees for soilless growing media preparation. *Journal of Plant Nutrition*, 34, 1973–1984.
- Demiralay, İ. (1993). Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No.143. Erzurum.
- Devereux, RC., Sturrock, CJ. & Mooney, SJ. (2012). The effects of biochar on soil physical properties and winter wheat growth. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 103, 13–18.
- Diatta, AA., Fike, JH., Battaglia, ML., Galbraith, J. & Baig, MB. (2020). Effects of biochar on soil fertility and crop productivity in arid regions: A review. *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 595.
- Diatta, AA., Thomason, WE., Abaye, O., Thompson, TL., Battaglia, ML., Vaughan, LJ., Lo, M. & Leme, JFDC. (2020). Assessment of nitrogen fixation by mungbean genotypes in different soil textures using ¹⁵N natural abundance method. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20, 2230–2240.
- Din, ARJM., Cheng, KK. & Sarmidi, MR. (2017). Assessment of compost extract on yield and phytochemical contents of Pak Choi (*Brassica rapa cv. chinensis*) grown under different fertilizer strategies. *Communications in Soil Science And Plant Analysis*, 48(3), 274–284.
- Dong, L., Wang, J., Shen, M., Zhang, H., Wang, L., Li, C. & Lu, C. (2022). Biochar combined with nitrogen fertilizer affects soil properties and wheat yield in medium- low- yield farmland. *Soil Use and Management*, 38, 584–595.
- Doolette, AL. & Smernik, RJ. (2011). Soil organic phosphorus speciation using spectroscopic techniques. In E. Bunemann, A. Oberson, & E. Frossard (Eds.), *Phosphorus in action* (pp. 3-36). Germany: Springer.
- Doran, JW. & Parkin, TB. (1994). Defining and assessing soil quality. In: doran, j.w., ve ark. (eds.), *defining soil quality for sustainable environment*. SSSA and ASA, Madison, WI, pp. 3–21.
- Duxbury, JM., Smith, MS. & Doran, JW. (1989). Organic matter as a source and sink of plant nutrients. In: (eds. Coleman, D.C., Oades, J.M., Uehara, G.) *dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu, University of Hawaii Press, p.33-68.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M. & Kotancılar, HG. (2002). Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu (Düzeltilmiş 3. baskı). Atatürk Üniversitesi Yayın No:867, Ziraat Fakültesi Yayın No:335, Ders Kitapları Serisi No:82, 245.
- El-Naggar, A., Lee, SS., Awad, YM., Yang, X., Ryu, C., Rizwan, M., Rinklebe, J., Tsang, DC. & Ok, YS. (2018). Influence of soil properties and feedstocks on biochar potential for carbon mineralization and improvement of infertile soils. *Geoderma*, 332, 100-108.

- Fernandes, J.C., Gamero, C.A., Rodrigues, J.G.L. & Miras-Avalos, J.M. (2011). Determination of the quality index of a Paleudult under sunflower culture and different management systems. *Soil & Tillage Research*, 112, 167–174.
- Filippelli, G.M. (2017). The global phosphorus cycle. In R. Lal & B. A. Stewart (Eds.), *Soil Phosphorus* (pp. 1-21). Boca Raton: CRC Press.
- Fritz, J.I., Franke-Whittle, I.H., Haindl, S., Insam, H. & Braun, R. (2012). Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian Journal of Microbiology*, 58, 836–47, doi:10.1139/w2012-061.
- Gao, S. & DeLuca, T.H. (2016). Influence of biochar on soil nutrient transformations, nutrient leaching, and crop yield. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 4, 348–362.
- Gebremedhin, G.H., Haileselassie, B., Berhe, D., Belay, T. (2015). Effect of biochar on yield and yield components of wheat and post-harvest soil properties in Tigray, Ethiopia. *Journal of Fertilizers & Pesticides*, 6, 158. doi:10.4172/2471-2728.1000158.
- Gençtan, T. & Sağlam, N. (1987). Ekim zamanı ve ekim sıklığının üç ekmeklik buğday çeşidinde verim ve verim unsurlarına etkisi. Türkiye Tahıl Sempozyumu, 171-183, 6-9 Ekim, Bursa.
- Glaser, B., Lehmann, J. & Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal-a review. *Biology and Fertility of Soils*, 35, 219-230.
- Glaser, B., Wiedner, K., Seeling, S., Schmidt, H. & Gerber, H. (2015). Biochar organic fertilizers from natural resources as substitute for mineral fertilizers. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 667–678, DOI 10.1007/s13593-014-0251-4
- Glover, J.D., Reganold, J.P. & Andrews, P.K. (2000). Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 80, 29–45.
- Gonzaga, M.S. & Mackowiak, C.L., Comerford, N.B., Moline, E.F.D.V., Shirley, J.P. & Guimaraes, D.V. (2017). Pyrolysis methods impact biosolids-derived biochar composition, maize growth and nutrition. *Soil and Tillage Research*, 165, 59-65.
- González, M., Gomez, E., Comese, R., Quesada, M., Conti, M. (2010). Influence of organic amendments on soil quality potential indicators in an urban horticultural system. *Bioresource Technology*, 101, 8897–8901.
- Gonzalez, V. & Kang, J. (2017). Effects of biochar and compost aging on soil fertility and radish germination. *Journal of Environmental Biology*, 1(1).
- Govaerts, B., Sayre, K.D. & Deckers, J. (2006). A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil & Tillage Research*, 87, 163–174.
- Grandy, A.S., Porter, G.A. & Erich, M.S. (2002). Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Science Society of America Journal*, 66, 1311-1319.

- GTB, (2018). Gümrük ve Ticaret Bakanlığı 2018 Yılı Fındık Raporu. <https://ticaret.gov.tr/data/5d41e59913b87639ac9e02e8/5c41e34d540794faaa011bdfa3466ff3.pdf> .
- TOB, (2022). Ürün Masaları Buğday Bülteni Dünyada Buğday. Sayı:20. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/YATIRIMCI%20REHBER%C4%B0/Bu%C4%9Fday%20May%C4%B1s%20B%C3%BClteni.pdf>.
- Gülser, C., Kızılkaya, R., Askın, T. & Ekberli, I. (2015). Changes in soil quality by compost and hazelnut husk applications in a hazelnut orchard. *Compost Science & Utilization*, 23(3), 135-141.
- Gümüş, İ. & Şeker, C. (2017). Effects of spent mushroom compost application on the physicochemical properties of a degraded soil. *Solid Earth*, 8, 1153–1160.
- Hagner, M., Kemppainen, R., Jauhiainen, L., Tiilikkala, K. & Setälä, H. (2016). The effects of birch (*Betula* spp.) biochar and pyrolysis temperature on soil properties and plant growth. *Soil and Tillage Research*, 163, 224-34.
- Haney, R.L., Haney, E.B., Smith, D.R., Harmel, R.D., & White, M.J. (2018). The soil health tool-theory and initial broad-scale application. *Applied Soil Ecology*, 125, 162–168.
- Hardy, B., Steven Sleutel, J.E.D. & Cornelis, J-T. (2019). The long-term effect of biochar on soil microbial abundance, activity and community structure is overwritten by land management. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 110.
- Hatfield, J.L. (2014). Soil degradation, land use, and sustainability. In: *Convergence of Food Security, Energy Security and Sustainable Agriculture*. Springer, pp. 61–74.
- Herath, H.M.S.K., Arbestain M.C. & Hedley, M. (2013). Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: An Alfisol and an Andisol. *Geoderma*, 209–210, 188–197.
- Hiltbrunner, J., Liedgens, M., Stamp, P. & Streit, B. (2005). Effects of row spacing and liquid manure on directly drilled winter wheat in organic farming. *European Journal of Agronomy*, 22, 441-447.
- Horneck, D.A., Hart, J.M., Topper, K. & Koepsell, B. (1989). Methods of soil analysis used in the soil testing laboratory at Oregon State University. SM 89:4-16, Agricultural Experiment Station, Oregon State University, USA.
- Hu, Y., Sun, B., Wu, S., Feng, H., Gao, M., Zhang, B. & Liu, Y. (2021). After-effects of straw and straw-derived biochar application on crop growth, yield, and soil properties in wheat (*Triticum aestivum* L.) –maize (*Zea mays* L.) rotations: A four-year field experiment. *Science of the Total Environment*, 780, 146560, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146560>.
- Hussain, I., Olson, K.R., Wander, M.M. & Karlen, D.L. (1999). Adaptation of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois. *Soil & Tillage Research*, 50, 237-249.
- Ibrahim, M., Mahmoud, E., Gad, L. & Khader, A. (2019). Effects of biochar and phosphorus fertilizer rates on soil physical properties and wheat yield on clay textured soil in middle Nile Delta of Egypt. *Communications In Soil Science*

- Ibrahim, MS. (2008). Effect of irrigation regime, organic and inorganic n fertilizers on wheat yield and its component and residual soil nitrate. *The Journal of Applied Sciences Research*, 4 (8), 1008-1016.
- Igalavithana, AD., Mandal, S., Niazi, NK., Vithanage, M., Parikh, SJ., Mukome, FND., Rizwan, M., Oleszczuk, P., Al-Wabel, M. & Bolan, N. (2017). Advances and future directions of biochar characterization methods and applications. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 47, 2275–2330.
- Inyang, M. & Dickenson, E. (2015). The potential role of biochar in the removal of organic and microbial contaminants from potable and reuse water: A review. *Chemosphere*, 134, 232–240.
- Jaiswal, DK., Verma, JP. Prakash, S., Meena, VS. & Meena, RS. (2016). Potassium as an important plant nutrient in sustainable agriculture: a state of the art. In V. S. Meena, B. R. Maurya, J. P. Verma, & R. S. Meena (Eds.), *Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture* (pp. 21-29). India: Springer.
- Janků, J., Kosánová, M., Kozák, J., Herza, T., Jehlička, J. & Maitah, M. (2022). Using of soil quality indicators to assess their production and ecological functions. *Soil and Water Research*, 17, 45–58. doi:10.17221/146/2021-SWR.
- Javeed, HFR., Ali, M., Qamar, R., Shehzad, M., Rehman, H., Nawaz, F., Jamil, M., Ahmad, A., Farook, A., Masood, N., Zamir, SI. & Iqbal, N. (2021). Effect of date biochar pyrolyzed at different temperature on physiochemical properties of sandy soil and wheat crop response. *Communications In Soil Science And Plant Analysis*, 52(18), 2110–2124, <https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1919698>.
- Jay, CN., Fitzgerald, JD., Hipps, NA. & Atkinson, CJ. (2015). Why short-term biochar application has no yield benefits: evidence from three field-grown crops. *Soil Use and Management*, 31, 241-250.
- Joko, T., Anggoro, S., Sunoko, HR. & Rachmawati, S. (2017). Pesticides usage in the soil quality degradation potential in wanasari subdistrict, Brebes, Indonesia. *Applied and Environmental Soil Science*, <https://doi.org/10.1155/2017/5896191>.
- Jones, JB., Wolf, B. & Mills, HA. (1991). *Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. Micro Macro Publishing, 213 p, Athens, GA.
- Kacar, B. & İnal, A. (2008). Bitki Analizleri. Nobel Yayın No:1241, Fen Bilimleri:63, Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayınları, Ankara.
- Kacar, B. & Katkat, AV. (1998). Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No:127, VİPAŞ Yayınları: 3, 595 s., Bursa.
- Kacar, B. & Katkat, VA. (2009). Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Genişletilmiş ve Güncellenmiş 2. Baskı, s.1-559, Nobel Yayın ve Dağıtım Ankara.

- Kacar, B. (1994). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Toprak analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No. 3. Ankara.
- Kalaycı, M., Özbek, V., Çekiç, C., Ekiz, H., Keser, M. & Altay, F. (1998). Orta Anadolu koşullarında kurağa dayanıklı buğday genotiplerinin belirlenmesi ve morfolojik ve fizyolojik parametrelerin geliştirilmesi. Eskisehir, Tübitak Araştırma Projesi Kesin Raporu. Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü.
- Kalaycı, Ş. (2006). SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Asil Yayın Dağıtım.
- Kalinke, C., Oliveira, PR., Oliveira, GA., Mangrich, AS., Marcolinojunior, LH. & Bergamini, MF. (2017). Activated biochar: preparation, characterization and electroanalytical application in an alternative strategy of nickel determination. *Analytica Chimica Acta*, 983, 103-111.
- Kantarcı, MD. (2000). Soil Science, Istanbul University, Press No 4265, Faculty of Forestry Press No 462, Istanbul, 420.
- Karlen, DL., Cambardella, CA., Kovar, JL., & Colvin, TS. (2013). Soil quality response to long-term tillage and crop rotation practices. *Soil and Tillage Research*, 133, 54–64. doi:10.1016/j.still.2013.05.013.
- Karlen DL, Mausbach MJ, Doran JW, Cline RG, Harris RF, Schuman GE. (1997). Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 4–10.
- Karlen, DL., Wollenhaupt, NC., Erbach, DC., Berry, EC., Swan, JB., Eash, NS. & Jordahl, JL. (1994). Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. *Soil and Tillage Research*, 31, 149-167.
- Kartika, K., Lakitan, B., Wijaya, A., Kadir, S., Widuri, LI., Siaga, E. & Meihana, M. (2018). Effects of particle size and application rate of rice-husk biochar on chemical properties of tropical wetland soil, rice growth and yield. *Australian Journal of Crop Science*, 12(05), 817-826.
- Kasifah, K., Syekhfani, Nuraini, Y. & Handayanto, E. (2014). Effects of plant residue and compost extracts on phosphorus solubilization of rock phosphate and soil. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 8(5), 43-49.
- Kavitha, B., Reddy, PVL., Kim, B., Lee, SS., Pandey, SK. & Kim, KH. (2018). Benefits and limitations of biochar amendment in agricultural soils: A review. *Journal of Environmental Management*, 227, 146–154.
- Khademalrasoul, A., Naveed, M., Heckrath, G., Kumari, G., Jonge, L. & Elsgaard, S. (2014). Biochar effects on soil aggregate properties under no-till maize. *Soil Science*, 179, 273-83. doi:10.1097/SS.
- Khair, NM., Ha, PQ., Vinh, NC., Gustafsson, JP. & Öborn, I. (2008). Effects of biosolids application on soil chemical properties in peri-urban agricultural systems. *VNU Journal of Science Earth and Environmental Sciences*, 24, 202–212.
- Khan, MA., Mahmood-ur-Rahman, Ramzani, PMA., Zubair, M., Rasool, B., Khan, MK., Ahmed, A., Khan, SA., Turan, V. & Iqbal, M., (2020). Associative

- effects of lignin-derived biochar and arbuscular mycorrhizal fungi applied to soil polluted from Pb-acid batteries effluents on barley grain safety. *Science of The Total Environment*, 710, 136294.
- Kızılkaya, R., Şahin, N., Tatar, D., Veyisoğlu, A., Aşkın, T., Sushkova, SN. & Minkina, TM. (2015). Isolation and identification of bacterial strains from decomposing hazelnut husk. *Compost Science & Utilization*, 23, 174-184.
- Kiani, MJ., Abbasi, MK. & Rahim, N. (2005). Use of organic manure with mineral N fertilizer increases wheat yield at Rawalakot Azad Jamnu and Kashmir. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 51(3), 299-309.
- Kim, J., Jr, MWS. & Jiang, X. (2009). Evaluating the effect of environmental factors on pathogen regrowth in compost extract *Environmental microbiology. Microbial Ecology*, 58, 498–508.
- Kim, MJ., Shim, CK., Kim, YK., Hong, SJ., Park, JH., Han, EJ., Kim, JH. & Kim, SC. (2015). Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic cultivation. *The Plant Pathology Journal*, 31(3), 259-268.
- Kitson, LE., & Mellon, MG. (1944). Colorimetric determination of phosphorus as molibdovanadophosphoric acid. *Indus. and Engin. Chem. Anal. Ed.* 16, 379-383.
- Klammsteiner, T., Turan, V., Juárez, Marina Fernández-Delgado, Oberegger, S. & Insam, H. (2020). Suitability of black soldier fly frass as soil amendment and implication for organic waste hygienization. *Agronomy*, 10(10), 1578.
- Koné, SB., Dionne, A., Tweddell, RJ. Antoun, H. & Avis, TJ. (2010). Suppressive effect of non-aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. *Biological Control*, 52, 167–73, doi:10.1016/j.biocontrol.2009.10.018.
- Korai, PK., Sial, TA., Pan, G., Abdelrahman, H., Sikdar, A., Kumbhar, F., Channa, SA., Ali, EF., Zhang, J., Rinklebe, J. & Shaheen, SM. (2021). Wheat and maize-derived water-washed and unwashed biochar improved the nutrients phytoavailability and the grain and straw yield of rice and wheat: A field trial for sustainable management of paddy soils. *Journal of Environmental Management*, 297, 113250.
- Kün, E. (1988). Serin İklim Tahılları. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 1032, Ders Kitabı, 299, S. 322, Ankara.
- Laird, A., Fleming, P., Davis, D., Horton, R., Wang, B. & Karlen, L. (2010). Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158, 443-49. doi:10.1016/j.geoderma.2010.05.013.
- Lamb, MC., Sorensen, RB. & Butts, CL. (2018). Crop response to biochar under differing irrigation levels in the southeastern USA. *Journal of Crop Improvement*, <https://doi.org/10.1080/15427528.15422018.11425791>.
- Lebrun, M., Miard, F., Nandillon, R., Scippa, GS., Bourgerie, S. & Morabito, D. (2019). Biochar effect associated with compost and iron to promote Pb and As soil stabilization and *Salix viminalis* L. growth. *Chemosphere*, 222, 810-822.
- Lehmann, J. (2007). Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 381-387.

- Lenka, NK., Mandal, D. & Sudhishri, S. (2014). Permissible soil loss limits for different physiographic regions of west bengal. *Current Science*, 107, 665–670.
- Lenka, NK., Meena, BP., Lal, R., Khandagle, A., Lenka, S. & Shirale, AO. (2022). Comparing four indexing approaches to define soil quality in an intensively cropped region of northern india. *Frontiers in Environmental Science*, 10:865473. doi:10.3389/fenvs.2022.865473.
- Li, P., Zhang, T., Wang, X. & Yu, D. (2013). Development of biological soil quality indicator system for subtropical China. *Soil & Tillage Research*, 126, 112–118.
- Li, Y., Tremblay, J., Bainard, LD., Cade-Menun, B. & Hamel, C. (2019). Long-term effects of nitrogen and phosphorus fertilization on soil microbial community structure and function under continuous wheat production. *Environmental Microbiology*. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14824>.
- Lima, ACR., Brussaard, L., Totola, MR., Hoogmoed, WB. & de Goede, RGM. (2013). A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. *Applied Soil Ecology*, 64, 194–200.
- Liu, B., Cai, Z., Zhang, Y., Liu, G., Luo, X. & Zheng, H. (2019). Comparison of efficacies of peanut shell biochar and biochar-based compost on two leafy vegetable productivity in an infertile land. *Chemosphere*, 224, 151-161.
- Liu, Q., Zhang, Y., Liu, B., Amonette, JE., Lin, Z., Liu, G., Ambus, P. & Xie, Z. (2018). How does biochar influence soil N cycle? A meta-analysis. *Plant Soil*, 426, 211–225.
- Liu, Z., He, T., Cao, T., Yang, T., Meng, J. & Chen, W. (2017). Effects of biochar application on nitrogen leaching, ammonia volatilization and nitrogen use efficiency in two distinct soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17.
- Liu, ZP., Shao, MA., & Wang, YQ. (2013). Spatial patterns of soil total nitrogen and soil total phosphorus across the entire Loess Plateau region of China. *Geoderma*. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.12.011>.
- Liu, Z., Zhou, W., Shen, J., Li, S. & Ai, C. (2013). Soil quality assessment of yellow clayey paddy soils with different productivity. *Biology and Fertility of Soils*, DOI 10.1007/s00374-013-0864-9.
- Lou, Y., Joseph, S., Li, L., Graber, ER., Liu, X. & Pan, G. (2016). Water extract from straw biochar used for plant growth promotion: An initial test. *BioResources*, 11(1), 249-266.
- Lusiba, S., Odhiambo, J. & Ogola, J. (2017). Effect of biochar and phosphorus fertilizer application on Soil fertility: Soil physical and chemical properties. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63, 477-90.
- Lyu, H., He, Y., Tang, J., Hecker, M., Liu, Q., Jones, PD., Codling, G., Giesy, JP. (2016). Effect of pyrolysis temperature on potential toxicity of biochar if applied to the environment. *Environmental Pollution*, 218, 1-7.
- Mahler, RL., Koehler, FE. & Lutchter, LK. (1994). Nitrogen source, timing of application, and placement: Effects on winter wheat production. *Agronomy Journal*, 86, 637-642.

- Mahmoud, E., El-Gizawy, E. & Geries, L. (2015). Effect of compost extract, N₂-fixing bacteria and nitrogen levels applications on soil properties and onion crop. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61, 185–201.
- Manal, FM., Thalooh, AT., Amal, G., Ahmed, G., Mohamed, MH. & Elewa TA. (2016). Evaluation of the effect of chemical fertilizer and humic acid on yield and yield components of wheat plants (*Triticum aestivum*) grown under newly reclaimed sandy soil. *International Journal of ChemTech Research*, 9(8), 154-161.
- Marin, F., Dianez F., Santos M., Carretero F., Gea FJ. Castaneda C., Navarro, MJ. & Yau, JA. (2014). Control of phytophthora capsici and phytophthora parasitica on pepper (*Capsicum annum* L.) with compost teas from different sources, and their effects on plant growth promotion. *Phytopathologia Mediterranea*, 53(2), 216–228.
- Marion, LS., Schneider, R., Cheribun, MR., Colares, GS., Wiesel, PG., da Costa, AB. & Lobo, EA. (2022). Development of a soil quality index to evaluate agricultural cropping systems in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, 218, 105293 doi:<https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105293>.
- Masto, RE., Chhonkar, PK., Singh, D. & Patra, AK. (2007). Soil quality response to long-term nutrient and crop management on a semi-arid inceptisol. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118, 130–142. doi:10.1016/j.agee.2006.05.008.
- Miller, PK. (2018). Interactions Between Biochar and Compost in Organic Winter Wheat Production and Soil Quality Under Dryland Conditions. All Graduate Theses and Dissertations. Yüksek Lisans tezi. Utah State University Logan, Utah. <https://digitalcommons.usu.edu/etd/7359>.
- Mishra, A., Taing, K., Hall, M.,W. & Shinogi, Y. (2017). Effects of rice husk and rice husk charcoal on soil physicochemical properties, rice growth and yield. *Agricultural Sciences*, 8, 1014-1032
- Moebius-Clune, BN., Idowu, OJ., Schindelbeck, RR., van Es, HM., Wolfe, DW., Abawi, GS. & Gugino, BK. (2011). Developing standard protocols for soil quality monitoring and assessment. DOI: 10.1007/978-90-481-2543-2_83.
- Mukherjee, A. & Lal, R. (2013). Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. *Agronomy*, 3, 313-339.
- Mukherjee, A. & Lal, R. (2014). Comparison of soil quality index using three methods. *PLoS ONE*, 9(8), e105981. doi:10.1371/journal.pone.01059.
- Munsuz, N. (1982). Toprak-Su İlişkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:798, Ders Kitabı:221, 241 s.
- Naeem, I., Masood, N., Turan, V. & Iqbal, M. (2021). Prospective usage of magnesium potassium phosphate cement combined with Bougainvillea alba derived biochar to reduce Pb bioavailability in soil and its uptake by Spinacia oleracea L. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208, 111723.
- Naeem, MA., Khalid, M., Aon, M., Abbas, G., Amjad, M., Murtaza, B., Khan, WD. & Ahmad, N. (2018). Combined application of biochar with compost and

- fertilizer improves soil properties and grain yield of maize. *Journal of Plant Nutrition*, 41(1), 112–122.
- Nakajima, T., Lal, R. & Jiang, S. (2015). Soil quality index of a crosby silt loam in central ohio. *Soil and Tillage Research*, 146, 323–328.
- Namlı, A., Akça, MO., & Akça, H. (2017). Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün buğday bitkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(1), 39 – 47.
- Nehrani, SH., Askari, MS., Saadat, S., Delavar, MA, Taheri, M. & Holden, NM. (2020). Quantification of soil quality under semi-arid agriculture in the northwest of Iran. *Ecological Indicators*, 108, 105770 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105770>.
- Nguyen, BT., Trinh, NN. Le, CMT., Nguyen, TT., Tran, TV., Thai, BV. & Le, TV. (2018). The interactive effects of biochar and cow manure on rice growth and selected properties of salt-affected soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(12), 1744–1758, <https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1455186>.
- Novak, JM. & Busscher, WJ. (2013). Selection and use of designer biochars to improve characteristics of Southeastern USA Coastal Plain degraded soil. *Advanced Biofuels and Bioproducts*. Springer, New York, NY, pp. 69-96.
- Novotny, EH., de Freitas Maia, CM., de Melo Carvalho, MT., Madari, BE. (2015). Biochar: Pyrogenic carbon for agricultural use-a critical review. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39, 321–344.
- Obalum, SE., Chibuike, GU., Peth, S. & Ouyang, Y. (2017). Soil organic matter as sole indicator of soil degradation. *Environmental Monitoring and Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5881-y>.
- Obia, A., Mulder, J., Hale, SE., Nurida, NL. & Cornelissen, G. (2018). The potential of biochar in improving drainage, aeration and maize yields in heavy clay soil. *Plos One*, 13, e0196794, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196794>.
- Oldfield, EE., Wood, SA. & Bradford, MA. (2018). Direct effects of soil organic matter on productivity mirror those observed with organic amendments. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3513-5>.
- Özalp, M. (2010). Geleneksel gübreleme ile farklı organik gübre kaynaklarının tir buğday’ında (*Triticum aestivum* L. Var. *Leucospermum* (Körn.) Farw.) verim ve bazı verim öğeleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Van.
- Ozdemir, S., Dede, OH. & Yaqub, M. (2017). Assessment of long-term nutrient effective waste-derived growth media for ornamental nurseries. *Waste Biomass Valorization*, 8, 2663–2671.
- Özenç, DB., Yılmaz, FI., Tarakçioğlu, C. & Aygün, S. (2019). Fındıktan üretilen atıkların toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(Özel Sayı):7-13.
- Özenç, N. & Çalışkan, N. (2001). Effects of husk compost on hazelnut yield and quality. *Proceedings of the fifth international congress on hazelnut*. 27-31 August, 2000, Corvallis, Oregon. 14-18 June, 2004, Tarragona-Reus, Spain.

- Özyazıcı, G., Özdemir, O., Özyazıcı, MA., Üstün GY. & Turan, A. (2010). Bazı organik materyallerin ve toprak düzenleyicilerin organik fındık yetiştiriciliğinde verim ve toprak özellikleri üzerine etkileri, Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 28 Haziran-1 Temmuz 2010, Erzurum.
- Pecetti, L., Annicchiarico, P. & Kashour, G. (1993). Flag leaf variation in Mediterranean durum wheats landraces and its relationship to frost and drought tolerance and yield response in moderately favorable conditions. *Plant Genetic Resources, Newsletter*, 93, 25-28.
- Palansooriya, KN., Ok, YS., Awad, YM., Lee, SS., Sung, J.-K., Koutsospyros, A. & Moon, DH. (2019). Impacts of biochar application on upland agriculture: A review. *Journal of Environmental Management*, 234, 52–64.
- Pandit, NR., Mulder, J., Hale, SE., Zimmerman, AR., Pandit, BH., Cornelissen, G. (2018). Multi-year double cropping biochar field trials in Nepal: finding the optimal biochar dose through agronomic trials and cost-benefit analysis. *Science of The Total Environment*, 637, 1333-1341.
- Pariyar, P., Kumari, K., Jain, MK. & Jadhao, PS. (2020). Evaluation of change in biochar properties derived from different feedstock and pyrolysis temperature for environmental and agricultural application. *Science of The Total Environment*, 713, 136433.
- Pierce, FJ., Francis, J. & Frye, WW. (2018). *Advances in Soil and Water Conservation*, first ed. Routledge, New York.
- Pimenta, AS., Neyton De Oliveira, M., De Carvalho, MAB., Da Silva, GGC. & Oliveira, EMM. (2019). Effects of biochar addition on chemical properties of a sandy soil from northeast Brazil. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(3), 70. doi:10.1007/s12517-018-4194-y.
- Qi, YB., Darilek, JL., Huang, B., Zhao, YC., Sun, WX. & Gu, ZQ. (2009). Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. *Geoderma*, 149, 325–334.
- Qiu, X., Peng, D., Wang, H., Wang, Z. & Cheng, S. (2019). Minimum data set for evaluation of stand density effects on soil quality in *Larix principis-rupprechtii* plantations in North China. *Ecological Indicators*, 103, 236–247.
- Raij B van, Cantarella H, Quaggio JA. & Furlani AMC. (1997). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2º Ed. rev. Campinas, SP: IAC; (Boletim Técnico, 100).
- Ramlow, M., Foster, E., Del Grosso, S. & Cotrufo, M., (2019). Broadcast woody biochar provides limited benefits to deficit irrigation maize in Colorado. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 269, 71-81.
- Rawat, J., Saxena, J. & Sanwal, P. (2019). Biochar: A sustainable approach for improving plant growth and soil properties. In *Biochar—An Imperative Amendment for Soil and the Environment*, IntechOpen: London, UK.
- Ren, H., Hu, J., Hu, Y., Yang, G. & Zhang, Y. (2017). Divergence of compost extract and bio-organic manure effects on lucerne plant and soil. *PeerJ*, 5:e3775; DOI 10.7717/peerj.3775

- Reynolds, PM., Calderini, FD., Condon, GA. & Rajaram, S. (2001). Physiological basis of yield gains in wheat associated with the LR19 translocation from *Agropyron elongatum*. *Euphytica*, 119, 137–141.
- Rezaei, SA., Gilkes, RJ. & Andrews, SS. (2006). A minimum data for assessing soil quality in rangelands. *Geoderma*, 136, 229–234.
- Sağlam, M., Dengiz, O. & Saygı, F. (2015). Assessment of horizontal and vertical variabilities of soil quality using multivariate statistics and geostatistical methods, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46, 13, 1677-1697, DOI: 10.1080/00103624.2015.1045596
- Sağlam, M., Dengiz, O., Selvi, KÇ., Gürsoy, EF. & Atasoy, Ç. (2014). Farklı toprak işleme yöntemlerinin killi toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkilerinin jeostatistiksel yöntemle değerlendirilmesi. *Toprak Su Dergisi*, 3(1), 31-43.
- Sağlam, T. (1997). Toprak ve Suyun Kimyasal Analizleri. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Yayın No:189 Sayfa:1-164.
- Salim, BBM. (2016). Influence of biochar and seaweed extract applications on growth, yield and mineral composition of wheat (*Triticum aestivum* L.) under sandy soil conditions. *Annals of Agricultural Science*, 61(2), 257–265.
- Sandhu, SS., Dan, U., Kumar, S., Chintala, R., Papiernik, SK., Malo, DD. & Schumacher, TE. (2017). Analyzing the impacts of three types of biochar on soil carbon fractions and physiochemical properties in a corn-soybean rotation. *Chemosphere*, 184, 473-481.
- Sari, R. (2018). Farklı biochar (biyokömür) materyallerinin toprak kalitesi üzerine etkisinin parsel bazında araştırılması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Sary, GA., El-Naggar HM., Kabesh, MO., El-Kramany MF. & Bakhoun GShH. (2009). Effect of bio-organic fertilization and some weed control treatments on yield and yield components of wheat. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(1), 55-62.
- Sattar, A., Naveed, M., Ali, M., Zahir, ZA., Nadeem, SM., Yaseen, M., Meena, VS., Farooq, M., Singh, R., Rahman, M. & Meena, HN. (2019). Perspectives of potassium solubilizing microbes in sustainable food production system: a review. *Applied Soil Ecology*. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.09.012>.
- SBCS, (2016). Manual de calagem e adubação ~ para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul. [s. l.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 376 p. il.
- Schmidt, HP., Kammann, C., Niggli, C., Evangelou, MWH., Mackie, KA., Abiven, S. (2014). Biochar and biochar-compost as soil amendments to a vineyard soil: influences on plant growth, nutrient uptake, plant health and grape quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 191, 117-123.
- Seleiman, MF. & Hafez, EM. (2021). Optimizing inputs management for sustainable agricultural development. in mitigating environmental stresses for agricultural sustainability in egypt. Springer Water, Springer: Cham, Switzerland, pp. 487–507.

- Seleiman, MF. & Kheir, AMS. (2018). Maize productivity, heavy metals uptake and their availability in contaminated clay and sandy alkaline soils as affected by inorganic and organic amendments. *Chemosphere*, 204, 514–522.
- Seleiman, MF., Almutairi, KF., Alotaibi, M., Shami, A., Alhammad, BA. & Battaglia, ML. (2021). Nano fertilization as an emerging fertilization technique: Why modern agriculture can benefit from its use? *Plants*, 10, 2.
- Seleiman, MF., Alotaibi, MA., Alhammad, BA., Alharbi, BM., Refay, Y. & Badawy, SA. (2020). Effects of ZnO nanoparticles and biochar of rice straw and cow manure on characteristics of contaminated soil and sunflower productivity, oil quality, and heavy metals uptake. *Agronomy*, 10, 790.
- Sezer, EK. & Özenç, DB. (2018). Su stresi koşulları altında fındık zuruf kompostu uygulamalarının mısır bitkisinin gelişim parametreleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(1), 52 – 60.
- Shah, F., & Wu, W. (2019). Soil and crop management strategies to ensure higher crop productivity within sustainable environments. *Sustainability*, 11, 1485. doi:10.3390/sul1051485.
- Shahbaz, AK., Ramzani, PMA., Saeed, R., Turan, V., Iqbal, M., Lewinska, K., Abbas, F., Saqib, M., Tauqeer, HM. & Iqbal, M. (2019). Effects of biochar and zeolite soil amendments with foliar proline spray on nickel immobilization, nutritional quality and nickel concentrations in wheat. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 173, 182-191.
- Shakya, A. & Agarwal, T. (2020). Potential of biochar for the remediation of heavy metal contaminated soil. in biochar applications in agriculture and environment management. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 77–98.
- Sharma, KL., Mandal, UK., Srinivas, K., Vittal, KPR., Mandal, B. & Grace, JK. (2005). Long-term soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland alfisol. *Soil and Tillage Research*, 83, 246–259.
- Sheng, Y. & Zhu, L. (2018). Biochar alters microbial community and carbon sequestration potential across different soil pH. *Science of The Total Environment*, 622, 1391-1399.
- Shi, RY., Li, JY., Jiang, J., Kamran, MA., Xu, RK. & Qian, W. (2018). Incorporation of corn straw biochar inhibited the re-acidification of four acidic soils derived from different parent materials. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 9662-9672.
- Shukla, MK., Lal, R. & Ebinger, M. (2006). Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil & Tillage Research*, 87, 194–204.
- Sial, TA., Lan, Z., Wang, L., Zhao, Y., Zhang, J., Kumbhar, F., Memon, M., Lashari, MS. & Shah, AN. (2019). Effects of different biochars on wheat growth parameters, yield and soil fertility status in a silty clay loam soil. *Molecules*, 24, 1798, doi:10.3390/molecules24091798.
- Sigua, GC., Novak, JM., Watts, DW., Johnson, MG. & Spokas, K. (2016). Efficacies of designer biochars in improving biomass and nutrient uptake of winter wheat grown in a hard setting subsoil layer. *Chemosphere*, 142, 176-183.

- Singh, AK. & Pathak, SK. (2018). Potassium in tea (*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze) cultivation from soil to cup quality - a review. *Agricultural Reviews*. <https://doi.org/10.18805/ag.R-1731>.
- Singh, C., Tiwari, S. & Singh, JS. (2020). Biochar: a sustainable tool in soil pollutant bioremediation. in bioremediation of industrial waste for environmental safety. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 475–494.
- Singh, G. & Mavi, MS. (2018). Impact of addition of different rates of rice-residue biochar on C and N dynamics in texturally diverse soils. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(10), 1419–1431.
- Soobhany, N. (2018). Remediation potential of metalliferous soil by using extracts of composts and vermicomposts from municipal solid waste. *Process Safety and Environmental Protection*, DOI: 10.1016/j.psep.2018.07.005.
- Spiertz, JHJ. & Vos J. (1985). Grain growth of wheat its limitation by carbohydrate and nitrogen supply. In *Wheat Growth and Modelling*, Plenum Press, New York, 407.
- Spokas, KA., Cantrell, KB., Novak, JM., Archer, DW., Ippolito, JA., Collins, HP., Boateng, AA., Lima, IM., Lamb, MC., McAloon, AJ., Lentz, RD. & Nichols, KA. (2012). Biochar: a synthesis of its agronomic impact beyond carbon sequestration. *Journal of Environmental Quality*, 41, 973-989.
- Stott, DE., Cambardella, CA., Tomer, MD., Karlen, DL., & Wolf, R. (2011). A soil quality assessment within the iowa river south fork watershed. *Soil Science Society of America Journal*, 75, 2271–2282.
- Subba Rao, A. & Lenka, NK. (2020). Developments on soil health management in india as mirrored through sustained researches and policy interventions. *Indian Journal of Fertilisers*, 16, 1230–1242.
- Suliman, W., Harsh, JB., Abu-Lail, NI., Fortuna, AM., Dallmeyer, I. & Garcia-Perez, M. (2016). Influence of feedstock source and pyrolysis temperature on biochar bulk and surface properties. *Biomass Bioenergy*, 84, 37-48.
- Sun, B., Zhou, SL. & Zhao, QG. (2003). Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. *Geoderma*, 115, 85–99.
- Sun, X., Han, X., Ping, F., Zhang, L., Zhang, K., Chen, M. & Wu, W., (2018). Effect of rice-straw biochar on nitrous oxide emissions from paddy soils under elevated CO₂ and temperature. *Science of The Total Environment*, 628, 629-1009.
- Tarakçioğlu, C., Özenç, DB., Yılmaz, FI., Kulaç, S. & Aygün, S. (2019). Fındık kabuğundan üretilen biyokömürün toprağın besin maddesi kapsamı üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34, 107-117
- Thomidis, T. & Exadaktylou, E. (2010). Effect of boron on the development of brown rot (*Monilinia laxa*) on peaches. *Crop Protection*, 29(6), 572-576.
- Tomczyk, A., Sokołowska, Z. & Boguta, P. (2020). Biochar physicochemical properties: Pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 19, 191–215.

- Tripathi, M., Sahu, JN. & Ganesan, P. (2016). Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 467-481.
- Turan, V. (2019). Confident performance of chitosan and pistachio shell biochar on reducing Ni bioavailability in soil and plant plus improved the soil enzymatic activities, antioxidant defense system and nutritional quality of lettuce. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 183, 109594.
- Turan, V. (2020). Potential of pistachio shell biochar and dicalcium phosphate combination to reduce Pb speciation in spinach, improved soil enzymatic activities, plant nutritional quality, and antioxidant defense system. *Chemosphere*, 245, 125611.
- Uehara, G. & Gillman, G. (1981). *The Mineralogy, Chemistry, and Physics of Tropical Soils with Variable-Charge Clays*. West-View Press, Boulder.
- Vasu, D., Singh, SK., Ray, SK., Duraisami, VP., Tiwary, P. & Chandran, P. (2016). Soil quality index (sqi) as a tool to evaluate crop productivity in semi-arid deccan plateau, india. *Geoderma*, 282, 70-79.
- Vasu, D., Tiwari, G., Sahoo, S., Dash, B., Jangir, A. & Sharma, RP. (2021). A minimum data set of soil morphological properties for quantifying soil quality in coastal agroecosystems. *Catena*, 198, 105042. doi:10.1016/j.catena.2020.105042.
- Wahyuni, SW., Mudjiharjati, A. & Sulistyarningsih, N. (2010). Compost extracts of vegetable wastes as biopesticide to control cucumber mosaic virus. *Journal of Biosciences*, 17(2), 95-100.
- Wang, C., Liu, JY., Shen, JL., Chen, D., Li, Y., Jiang, BS. & Wu, JS. (2018c). Effects of biochar amendment on net greenhouse gas emissions and soil fertility in a double rice cropping system: a 4-year field experiment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 262, 83-96.
- Wang, D., Jiang, P., Zhang, H. & Yuan, W. (2020). Biochar production and applications in agro and forestry systems: A review. *Science of The Total Environment*, 723, 137775.
- Wang, DL., Feng, H., Liu, XQ., Li, Y., Zhou, LF., Zhang, AF. & Dyck, M. (2018a). Effects of gravel mulching on yield and multilevel water use efficiency of wheat-maize cropping system in semi-arid region of Northwest China. *Field Crops Research*, 218, 201-212.
- Wang, XJ. & Gong, ZT. (1998). Assessment and analysis of soil quality changes after eleven years of reclamation in subtropical China. *Geoderma*, 81, 339-355.
- Wang, XJ., Jia, ZK., Liang, LY., Zhao, YF., Yang, BP., Ding, RX., Wang, JP., Nie, JF. (2018b). Changes in soil characteristics and maize yield under straw returning system in dryland farming. *Field Crop Res.* 218, 11-17.
- Weber, K. & Quicker, P. (2018). Properties of biochar. *Fuel*, 217, 240-261.
- Xiu, L., Zhang, W., Sun, Y., Wu, D., Meng, J. & Chen, W. (2019). Effects of biochar and straw returning on the key cultivation limitations of Albic soil and soybean growth over 2 years. *Catena*, 173, 481-493.

- Yan, Q., Dong, F., Li, J., Duan, Z., Yang, F., Li, X., Lu, J. & Li, F. (2019). Effects of maize straw-derived biochar application on soil temperature, water conditions and growth of winter wheat. *European Journal of Soil Science*, 70, 1280–1289.
- Yao, Q., Liu, J., Yu, Z., Li, Y., Jin, J., Liu, X. & Wang, G. (2017). Three years of biochar amendment alters soil physiochemical properties and fungal community composition in a black soil of Northeast China. *Soil Biology and Biochemistry*, 110, 56–67.
- Yılmaz, S. & Bender Özenç, D. (2012). Effects of hazelnut husk compost and tea waste compost on growth of corn plant (*Zea mays* L.). 8th International Soil Science Congress on "Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management" Volume V, pp.620-626. May 15- 17, Çeşme-İzmir, Turkey.
- Yürür, N., Turan, ZM. & Çakmakçı, S. (1987). Bazı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin bursa koşullarında verim ve adaptasyon yeteneği üzerine araştırmalar. Tübitak Türkiye Tahıl Sempozyumu, 6-9 Ekim 1987, Toag, S. 59-69, Bursa.
- Zaheer, MS., Ali, HH., Soufan, W., Iqbal, R., Habib-ur-Rahman, M., Iqbal, J., Israr, M. & El Sabagh, A. (2021). Potential effects of biochar application for improving wheat (*triticum aestivum* L.) growth and soil biochemical properties under drought stress conditions. *Land*, 10, 1125. <https://doi.org/10.3390/land10111125>.
- Zeleya, KPS., Alves, BSQ., Colen, F., Frazao, LA. Sampaio, RA., Pegoraro, RF. & Fernandes, LA. (2019). Biochar in sugar beet production and nutrition. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.49:05, e20180684, <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180684>. ISSN 1678-4596.
- Zeraatpishah, M., Bakhshandeh, E., Hosseini, M., & Alavi, SM. (2020). Assessing the effects of deforestation and intensive agriculture on the soil quality through digital soil mapping. *Geoderma*, 363, 114139, doi:10.1016/j.geoderma.2019.114139.
- Zeytin, S. & Baran, A. (2003). Influences of composted hazelnut husk on some physical properties of soils. *Bioresource Technology*, 88(3), 241–244. [http://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00005-1](http://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00005-1).
- Zhang, AF., Cheng, G., Hussain, Q., Zhang, M., Feng, H., Dyck, M., Sun, BH., Zhao, Y., Chen, HX., Chen, J. & Wang, XD. (2017). Contrasting effects of straw and straw-derived biochar application on net global warming potential in the Loess Plateau of China. *Field Crop Res.* 205, 45-54.
- Zhu, X., Chen, B., Zhu, L. & Xing, B. (2017). Effects and mechanisms of biochar-microbe interactions in soil improvement and pollution remediation: a review. *Environmental Pollution*, 227, 98–115.
- Zubair, M., Ramzani, PMA., Rasool, B., Khan, MA. & Iqbal, M. (2021). Efficacy of chitosan coated textile waste biochar applied to cd-polluted soil for reducing cd mobility in soil and its distribution in moringa (*Moringa oleifera* L.). *Journal of Environmental Management*, 284(1), 112047.

EKLER

EK 1: 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin bitki boyu üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F-değeri
Yıl (Y)	1	398.66	398.657	28.75***
Uygulama (U)	3	278.40	92.800	6.69***
Doz (D)	3	366.20	122.068	8.80***
Y x U	3	18.67	6.224	0.45
Y x D	3	85.07	28.358	2.05
U x D	9	180.83	20.092	1.45
Y x U x D	9	68.08	7.564	0.55
Hata	64	887.31	13.864	
Toplam	95	2283.23		

*** işaretli değerler $p < 0.001$ düzeyinde önemlidir.

EK 2: 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin başak uzunluğu üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F-değeri
Yıl (Y)	1	10.5271	10.5271	93.21***
Uygulama (U)	3	0.3678	0.1226	1.09
Doz (D)	3	0.4025	0.1342	1.19
Y x U	3	0.3214	0.1071	0.95
Y x D	3	0.2076	0.0692	0.61
U x D	9	0.8554	0.0950	0.84
Y x U x D	9	0.9610	0.1068	0.95
Hata	64	7.2284	0.1129	
Toplam	95	20.8712		

*** işaretli değer $p < 0.001$ düzeyinde önemlidir.

EK 3: 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin bayrak yaprak alanı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F-değeri
Yıl (Y)	1	382.82	382.824	40.50***
Uygulama (U)	3	10.39	3.463	0.37
Doz (D)	3	195.62	65.206	6.90***
Y x U	3	36.47	12.157	1.29
Y x D	3	25.97	8.657	0.92
U x D	9	39.17	4.352	0.46
Y x U x D	9	15.16	1.685	0.18
Hata	64	604.89	9.451	
Toplam	95	1310.49		

*** işaretli değerler $p < 0.001$ düzeyinde önemlidir.

EK 4: 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin m²'deki başak sayısı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F-değeri
Yıl (Y)	1	258415	258415	27.22***
Uygulama (U)	3	19989	6663	0.70
Doz (D)	3	282855	94285	9.93***
Y x U	3	108607	36202	3.81*
Y x D	3	76715	25572	2.69
U x D	9	65525	7281	0.77
Y x U x D	9	149854	16650	1.75
Hata	64	607482	9492	
Toplam	95	1569441		

*, *** işaretli değerler p<0.05 ve p<0.001 düzeyinde önemlidir.

EK 5: 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin başakta tane sayısı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F-değeri
Yıl (Y)	1	721.06	721.058	108.91***
Uygulama (U)	3	21.99	7.331	1.11
Doz (D)	3	335.07	111.689	16.87***
Y x U	3	47.47	15.825	2.39
Y x D	3	239.18	79.727	12.04***
U x D	9	61.00	6.778	1.02
Y x U x D	9	93.10	10.345	1.56
Hata	64	423.71	6.621	
Toplam	95	1942.59		

*** işaretli değerler p<0.001 düzeyinde önemlidir.

EK 6: 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin bin tane ağırlığı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F-değeri
Yıl (Y)	1	1518.25	1518.25	60.11***
Uygulama (U)	3	80.99	27.00	1.07
Doz (D)	3	1784.32	594.77	23.55***
Y x U	3	17.58	5.86	0.23
Y x D	3	71.09	23.70	0.94
U x D	9	410.65	45.63	1.81
Y x U x D	9	35.87	3.99	0.16
Hata	64	1616.51	25.26	
Toplam	95	5535.27		

*** işaretli değerler p<0.001 düzeyinde önemlidir.

EK 7: 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin tane verimi üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F-değeri
Yıl (Y)	1	606230	606230	57.70***
Uygulama (U)	3	7824	2608	0.25
Doz (D)	3	476558	158853	15.12***
Y x U	3	42642	14214	1.35
Y x D	3	147457	49152	4.68**
U x D	9	96473	10719	1.02
Y x U x D	9	86676	9631	0.92
Hata	64	672476	10507	
Toplam	95	2136336		

*** işaretli değer $p < 0.001$ düzeyinde önemlidir.

EK 8: 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin hektolitre ağırlığı üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F-değeri
Yıl (Y)	1	765.98	765.982	226.70***
Uygulama (U)	3	22.35	7.449	2.20
Doz (D)	3	103.38	34.459	10.20***
Y x U	3	1.94	0.648	0.19
Y x D	3	22.61	7.537	2.23
U x D	9	17.33	1.926	0.57
Y x U x D	9	26.71	2.968	0.88
Hata	64	216.25	3.379	
Toplam	95	1176.55		

*** işaretli değer $p < 0.001$ düzeyinde önemlidir.

EK 9: 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin hasat indeksi üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F-değeri
Yıl (Y)	1	16.23	16.23	1.35
Uygulama (U)	3	90.16	30.05	2.51
Doz (D)	3	368.83	122.94	10.25***
Y x U	3	78.97	26.32	2.20
Y x D	3	278.58	92.86	7.74***
U x D	9	415.57	46.17	3.85**
Y x U x D	9	200.31	22.26	1.86
Hata	64	767.37	11.99	
Toplam	95	2216.01		

*** işaretli değer $p < 0.001$ düzeyinde önemlidir.

EK 10: 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin toplam azot içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F-değeri
Yıl (Y)	1	25.0801	25.0801	2595.06***
Uygulama (U)	3	0.0317	0.0106	1.09
Doz (D)	3	1.0522	0.3507	36.29***
Y x U	3	0.0065	0.0022	0.22
Y x D	3	0.3504	0.1168	12.09***
U x D	9	0.1431	0.0159	1.65
Y x U x D	9	0.0925	0.0103	1.06
Hata	64	0.6185	0.0097	
Toplam	95	27.3750		

*** işaretli değerler $p < 0.001$ düzeyinde önemlidir.

EK 11: 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin toplam fosfor içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F-değeri
Yıl (Y)	1	0.076685	0.076685	203.89***
Uygulama (U)	3	0.006189	0.002063	5.49**
Doz (D)	3	0.031944	0.010648	28.31***
Y x U	3	0.004292	0.001431	3.80*
Y x D	3	0.005891	0.001964	5.22**
U x D	9	0.002934	0.000326	0.87
Y x U x D	9	0.004109	0.000457	1.21
Hata	64	0.024070	0.000376	
Toplam	95	0.156115		

*, **, *** işaretli değerler $p < 0.05$, $p < 0.01$ ve $p < 0.001$ düzeyinde önemlidir.

EK 12: 2019-2020 yıllarında zuruf, zuruf çayı, biyokömür ve biyokömür çayı uygulamaları yapılan topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin toplam potasyum içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F-değeri
Yıl (Y)	1	1188751	1188751	0.56
Uygulama (U)	3	21886248	7295416	3.42*
Doz (D)	3	309902607	103300869	48.44***
Y x U	3	11963260	3987753	1.87
Y x D	3	132511600	44170533	20.71***
U x D	9	37989208	4221023	1.98
Y x U x D	9	57397352	6377484	2.99**
Hata	64	136480714	2132511	
Toplam	95	709319739		

*, **, *** işaretli değerler $p < 0.05$, $p < 0.01$ ve $p < 0.001$ düzeyinde önemlidir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Selahattin AYGÜN
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü
Mezuniyet Yılı	08.06.2011
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Programı	Program Adı
Mezuniyet Tarihi	26.06.2015
Doktora	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	20.12.2022
Yayımlar	
<p>Kutlu E., Akgün, M., Aygün, S., Ete, Ö., & Bender Özenç, D. (2014). The effect of compost treatments on some nutrients element intake of corn plant (<i>Zea Mays L.</i>) 9th International Soil Science Congress on “The Soul of Soil and Civilization, October 14-16, Side-Antalya, Turkey, p. 209-217.</p> <p>Aşkın, T., Aygün, S., Kızılkaya, R., & Tarakçıoğlu, C. (2015). The soil aggregate stability influenced by hazelnut husk compost application main effects of soil texture and sampling period. International Congress on “Soil Science in International Year of Soils” Sochi, RUSYA.</p> <p>Aşkın, T., Türkmen, F., Tarakçıoğlu, C., Kulaç, S., & Aygün, S. (2017). DTPA-extractable micronutrients a geostatistical study from Ordu Turkey. Eurasian Journal Of Soil Science, 6(2), 154–160.</p> <p>Aşkın, T., & Aygün, S. (2018). Does hazelnut husk compost (HHC) effect on soil water holding capacity (WHC)? An environmental approach. Eurasian Journal of Soil Science, 7(1), 87–92.</p> <p>Bender Özenç, D., & Aygün, S. (2018). The effect of the tea litter compost applications on some soil properties and plant development. I. International Technological Sciences and Design Symposium, 27-29 June 2018, Giresun-Turkey, p. 1756-1769.</p>	

- Tarakçioğlu, C., Bender Özenç, D., Irmak Yılmaz, F., Kulaç, S., & Aygün, S. (2018). Effects of incubation and organic materials on soil macro and micro element concentration. I. International Agricultural Science Congress, 09-12 May 2018, Özet Bildiri, 558pp, Van-Turkey.
- Bender Özenç, D., Tarakçioğlu, C., & Aygün, S. (2018). The effect of hazelnut husk on the growth of pepper plant. I. International Agricultural Science Congress, 09-12 May 2018, Poster Bildiri, 697pp, Van-Turkey.
- Irmak Yılmaz, F., Yeşilyurt, S., Eryılmaz Açıkğöz, F., Aygün, S., & Adiloğlu, A. (2018). The Effects of Mycorrhiza and Biochar Application on Dehydrogenase Enzyme Activity in Soils Grown in Pak Choi (*Brassica Rapa L. subsp. Chinensis L.*). International Agricultural Science Congress, Van.
- Tarakçioğlu, C., Özenç, DB., Yılmaz, FI., Kulaç, S. & Aygün, S. (2019). Fındık kabuğundan üretilen biyokömürün toprağın besin maddesi kapsamı üzerine etkisi Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi 34 (1), 107-117.
- Bender Özenç, D., Irmak Yılmaz, F., Tarakçioğlu, C., & Aygün, S. (2019). Fındıktan üretilen atıkların toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkileri. Mediterranean Agricultural Sciences, 32, 7–13.
- Bender Özenç, D., Irmak Yılmaz, F., Tarakçioğlu, C., & Aygün, S. (2019). Fındıktan üretilen atıkların toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkileri. Mediterranean Agricultural Sciences, 32 (Özel sayı): 7-13.
- Tarakçioğlu, C., Bender Özenç, D., & Aygün, S. (2019). Zurufun ayrışma süresi ve tane büyüklüğünün biberin gelişimi ve beslenmesi üzerine etkileri. Presented at the 8.Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, ANTALYA.