T.C.

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUZLU-SODİK VE TUZSUZ TOPRAKLARDA BİYOKÖMÜR UYGULAMALARININ BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİNE VE ARPA BİTKİSİ GELİŞİMİNE ETKİLERİ

Semra KOJİK

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME BÖLÜMÜ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1.GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1.Tuzlu Topraklar 5
2.2. Tuzlu-sodik Toprakların Islahı 7
3. MATERYAL ve YÖNTEM 11
3.1. Materyaller 11
3.1.1.Toprak özellikleri 11
3.1.2. Bitki çeşidi 13
3.1.3. Arpa (Hordeum vulgare L.) 13
3.1.4. Biyokömür materyalleri (mısır koçanı ve tütün sapı) 14
3.2. Yöntem 16
3.2.1. Denemenin kurulması 16
3.2.2. Toprak analizleri 19
3.2.3. Bitki ölçüm ve analizleri 20
3.3. İstatistiksel Analizler 21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 22
4.1. pH ve EC Analiz Sonuçları 22
4.1.1. pH analiz sonuçları 22
4.1.2. EC (Elektriksel İletkenlik) analiz sonuçları 24
4.2. % Kireç ($CaCO_3$) Analiz Sonuçları 27
4.3. Topraktaki Organik Madde Analiz Sonuçları 30
4.4. Çözünebilir Katyonlar (ÇK: Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^{+}, Na^{+}) 33
4.4.2. Çözünebilir katyon Mg^{+2} analiz sonuçları 36
4.4.3. Çözünebilir katyon K^{+} analiz sonuçları 38
4.4.4. Çözünebilir katyon Na^{+} analiz sonuçları 40
4.5. Sodyum Absorbsiyon Oranı (SAR) Analiz Sonuçları 43
4.6. Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) Analiz Sonuçları (me/100g) 45
4.7. Bitki Ölçüm ve Analizleri 48
4.7.1. Bitki boy ölçümü (cm) analiz sonuçları 48
4.7.2. Bitki yaş ağırlığı (g) 50
4.7.3. Bitki kuru ağırlığı (g) 53
4.8. Bitkide SPAD Değeri (Klorofil) Analizi 55
4.9. Bitkide Termal Kamera ile Görüntü Alınması 57
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 62
KAYNAKLAR 72
EKLER 78
Ek 1 78

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TUZLU-SODİK VE TUZSUZ TOPRAKLARDA BİYOKÖMÜR UYGULAMALARININ BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİNE VE ARPA BİTKİSİ GELİŞİMİNE ETKİLERİ

Semra KOJİK

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

Danışman: Prof. Dr. Salih AYDEMİR
Yıl: 2022, Sayfa: 81

Biyokömürün, çevre iyileştirici özelliği aynı zamanda bitki üretimine sağladığı toprak iyileştirici özelliği ile ekonomik ve farklı olarak kullanımları başka türlü olmayan organik ürün artıklarının değerlendirilmesi için oldukça önemlidir. Sera koşullarında tuzlu-sodik ve tuzsuz topraklarda arpa bitkisine biyokömürün farklı dozları (% 0,% 1.5, % 3) ile 2 çeşit biyokömür materyali (mısır koçanı ve tütün sapı) ve 36 adet saksı kullanılarak 3 tekrarlı tesadüf blokları deneme deseni ile çalışma yapılmıştır. Çalışma sonuçları dikkate alındığında, tuzlu-sodik ve tuzsuz topraklardaki her iki materyalin uygulamalarında pH, Çözülebilir katyon K^+ Çözülebilir katyon Na^+ ve SAR değeri biyokömür uygulamalarının her iki dozu için de kontrole göre artmış olmakla birlikte istatistiki anlamda bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Buna karşın tuzlu-sodik toprak koşullarında OM, bitki boyu, bitki yaş-kuru ağırlığı, SPAD okumaları artmış ve termal sıcaklık ise düşmüş olup, değerler kontrol ile kıyaslanınca istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Tuzsuz toprak koşullarında ise; EC, kireç, OM, çözülebilir katyon Ca^{+2}, çözülebilebilir katyon Mg^{+2}, KDK, bitki boyu, bitki yaş-kuru ağırlığı, SPAD değeri artmış ve termal sıcaklık düşmüş olup kontrol ile kıyaslanınca istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Her iki toprak için değerlendirildiğinde Tütün Sapı (TS) uygulamaları doz artışına bağlı olarak toprak ve bitki parametrelerinde olumlu etkilere sahip olduğu ve hemen hemen bütün parametrelerde istatistiki anlamda farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Mısır koçanı (MK) uygulamalarında her iki toprakta da istatistiksel anlamda farklılığa neden olup ($p<0.05$), her iki biyokömür materyali için de toprak parametrelerinden OM artmış, bitki parametrelerinde ise; termal sıcaklığın düştüğü görülmüş olup buna bağlı olarak, bitki boyu, bitki yaş-kuru ağırlığı ve SPAD değerlerine olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Fakat TS ‘ ye kıyasla MK uygulamalarında bu parametreler daha az artmıştır. Çalışma sonuçlarına göre uygulanan biyokömür materyalleri toprak ve bitki parametrelerini olumlu yönde etkilemiş böylece bu materyallerin ıslah amacıyla biyoiyileştirici olarak kullanıma uygun olduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Biyokömür, arpa, tuzlu toprak, bitkisel üretim, toprak ıslahı

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EFFECTS OF BIOCHAR APPLICATIONS ON SOME SOIL PROPERTIES AND CORN PLANT GROWTH IN SALINE-SODIC AND NON-SALINE SOILS

Semra KOJİK

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Deparment of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Salih AYDEMİR
Year: 2022, Page: 81

The environmental improvement feature of biochar, as well as the soil healing feature it provides to plant production, is very important for the evaluation of organic product residues that cannot be used economically and differently. The study was carried out in a randomized block desing with 3 repetitions using different doses of biochar (% 0, % 1.5, % 3) and 2 types of biochar (corn cob and tobacco stem) and 36 flower pots on barley plants in salty-sodic and unsalted soils. When the trial results are taken into account, both salty-sodic and nan-saline soils pH, Soluble cation K^+, Soluble cation Na^+ and SAR values of biochar in the aplications of the material although it increased compared to the control for both doses of no significant difference was found ($p>0.05$). On the other hand, saline-sodic soil conditions, OM, plant height, plant fresh-dry weight, SPAD reading increased and thermal temperature decreased was observed to be significant ($p<0.05$). In salt-free soil conditions; EC, lime, OM, soluble cation Ca^{+2}, Soluble cation Mg^{+2}, KDK, plant height, plant fresh-dry weight, SPAD value increased and thermal temperature decreased, which was statistically significant when compared to the control ($p<0.05$). When evaluated for both soils, it was observed tobacco stalk (TS) applications had positive effects on soil and plant parameters depending on the dose increase, and there were statistical differences in almost all parameters ($p<0.05$). In caused a statistically significant difference in corncob applications in both soils ($p<0.05$) and it was one of the soil parameters for both biochar materials, OM increased and plant parameters; it was observed that the thermal temperature decreased positive effects on plant height, plant fresh-dry weight and SPAD values, was found to be affected. However, these parameters in corn cob (MK) aplications compared to TS less increased. Biochar metarials applied accoding to the results of the study had a positive effect on soil and plant parameters, thus improving these materials. It has been found to be as a bioremedial for the purpose of.

KEYWORDS: Biochar, barley, saline soil, crop production, soil reclamation

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinden sonuçlanmasına kadar her adımında yardımını esirgemeyen, fikir ve katkılarıyla beni yönlendirmesini sağlayan danışmanım Sayın Prof. Dr. Salih AYDEMİR' e ve Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU' ya desteği ve anlayışı için teşekkürlerimi sunarım.

Tüm yaşam sürecimde olduğu gibi, akademik tahsilim süresince de yardım ve desteğini esirgemeyen, başta babam olmak üzere, her türlü fedakarlığı yapan Ailem'e ve nişanlım İsmail Barlık' a teşekkürlerimi sunarım.

Denememin kurulum aşamasından sonuçlanmasına kadar yardıma ihtiyaç duyduğum yerlerde benden yardım ve önerilerini esirgemeyen Araştırma Görevlisi Ferhat UĞURLAR ve Hasine ELÇİ' ye teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Harran ovası tuzlulaşma sebep ve sonuç şeması 6
Şekil 3.1. Harran ovası çalışma alanı lokasyonları 11
Şekil 3.2. Arpa bitkisinden görünüm 13
Şekil 3.3. Biyokömür yapısının sıcaklıkla değişimi 14
Şekil 3.4. Biyokömür materyalleri üretilmeden önce (hammateryal) üretildikten sonra (biyokömür) görüntüleri 15
Şekil 3.5. Arpa bitkisi seyreltmeden önceki görünümü 16
Şekil 3.6. Arpa bitkisi seyreltmeden sonraki görünümü 16
Şekil 3.7. Normal ve tuzlu-sodik topraklarda mısır koçanı uygulanan deneme deseni 17
Şekil 3.. Normal ve tuzlu-sodik topraklarda tütün sapı uygulanan deneme deseni 18
Şekil 4.1. Normal toprakta pH analiz sonuçları 22
Şekil 4.2. Tuzlu-sodik toprakta pH analiz sonuçları 23
Şekil 4.3. Normal toprakta EC analiz sonuçları 24
Şekil 4.4. Tuzlu-sodik toprakta EC analiz sonuçları 26
Şekil 4.5. Normal toprakta % kireç ($CaCO_3$) analiz sonuçları. 27
Şekil 4.6. Tuzlu-sodik toprakta % kireç ($CaCO_3$) analiz sonuçları. 29
Şekil 4.7. Normal toprakta % organik madde analiz sonuçları 30
Şekil 4.8. Tuzlu-sodik toprakta % organik madde analiz sonuçları 31
Şekil 4.9. Normal toprakta Ca^{+2} analiz sonuçları 33
Şekil 4.10. Tuzlu-sodik toprakta Ca^{+2} analiz sonuçları 35
Şekil 4.11. Normal toprakta Mg^{+2} analiz sonuçları 36
Şekil 4.12. Tuzlu-sodik toprakta Mg^{+2} analiz sonuçları 37
Şekil 4.13. Normal toprakta K^{+} analiz sonuçları 38
Şekil 4.14. Tuzlu-sodik toprakta K^{+} analiz sonuçları 39
Şekil 4.15. Normal toprakta Na^{+2} analiz sonuçları 41
Şekil 4.16. Tuzlu-sodik toprakta Na^{+2} analiz sonuçları 42
Şekil 4.17. Normal toprakta SAR değeri analiz sonuçları 43
Şekil 4.18. Tuzlu-sodik toprakta SAR değeri analiz sonuçları 44
Şekil 4.19. Normal toprakta KDK $cmol_c/kg$ analiz sonuçları 46
Şekil 4.20. Tuzlu-sodik toprakta KDK $cmol_c/kg$ analiz sonuçları 47
Şekil 4.21. Normal toprakta bitki boyu (cm) analiz sonuçları 48
Şekil 4.22. Tuzlu-sodik toprakta bitki boyu (cm) analiz sonuçları 49
Şekil 4.23. Normal toprakta bitki yaş ağırlığı (g) analiz sonuçları 50
Şekil 4.24. Tuzlu-sodik toprakta bitki yaş ağırlığı (g) analiz sonuçları 51
Şekil 4.25. Normal toprakta bitki kuru ağırlığı (g) analiz sonuçları 53
Şekil 4.26. Tuzlu-sodik toprakta bitki kuru (g) analiz sonuçları 54
Şekil 4.27. Normal toprakta SPAD değeri (klorofil) analiz sonuçları 55
Şekil 4.28. Tuzlu-sodik toprakta SPAD değerleri (klorofil) analiz sonuçları 56
Şekil 4.29. Normal toprakta termal sıcaklık (^0C) analiz sonuçları 57
Şekil 4.30. Normal toprakta mısır koçanı termal kamera görüntüsü 58
Şekil 4.31. Normal toprakta tütün sapı termal kamera görüntüsü 58
Şekil 4.32. Tuzlu-sodik toprakta termal sıcaklık (^0C) analiz sonuçları 59
Şekil 4.33. Tuzlu-sodik toprakta mısır koçanı termal kamera görüntüsü 61
Şekil 4.34. Tuzlu-sodik toprakta tütün sapı termal kamera görüntüsü 61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Türkiye çorak toprakların dağılımları……..……1
Çizelge 1.2. Topraklar için tuzluluk sınıflandırması…….…...2
Çizelge 3.1. Biyokömür materyallerinin toplam % C, % N, % H içeriği ve pH değeri …….....15
Çizelge 4.1. Toprakların organik madde içeriği bakımından sınıflandırılması…….….31

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde birim
^0C	Derece santigrat
Biochar	Biyokömür
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
$CaCO_3$	Kalsiyum Karbonat
$CaSO_4$	Kalsiyum Sülfat
cm	Santimetre
ÇK	Çözülebilir Katyonlar
EC	Elektriksel İletkenlik
ESP	Değişebilir Sodyum Yüzdesi
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
g	Gram
H	Hidrojen
ha	Hektar
K	Potasyum
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
Kg	Kilogram
L	Litre
m	Metre
me	Miliekivalen
Mg	Magnezyum
$MgCO_3$	Magnezyum Karbonat
MK	Mısır Koçanı
N	Azot
Na	Sodyum
OM	Organik Madde
P	Fosfor
ppm	Parts per million (milyonda bir)
SAR	Sodyum Absorbsiyon Oranı
TS	Tütün Sapı
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1.GİRİŞ

Tarımın, gelişmişlik seviyeleri nasıl olursa olsun, bütün ülkelerin ekonomisinde ve nüfuslarını beslemesinde önemli bir role sahiptir. Küresel ısınma, Dünya nüfusunun giderek artması bu sektörü daha da önemli yapmıştır. Gelişmekte olan ülkelerde son yıllarda tarım sektöründe büyük gelişimler olmasına rağmen, Dünya genelinde yeterlisiz beslenme sorunu yaşayan insan nüfusunun miktarı gittikçe artmaktadır. Dünya da artan nüfus ihtiyacını karşılamak için gıda üretimindeki artış, sürdürülebilir beslenme için Dünya' daki tüm ülkelerin öncelikli hedefi olmuştur.

Tüm dünya genelinde dakika işlenen tarım arazisinin 5 ha' sı erozyon sonucu, 3 ha ise tuzluluk, 1 ha' sı da farklı toprak bozunma işlevleri, geriye kalan 1 ha' sı ise işlenen tarım arazisinin amacından farklı kullanılmasından dolayı kaybolmaktadır (Abrol ve ark., 1988). Bu tarım arazilerinin de Dünya da sınır değerine ulaştığı varsayıldığında alkali, tuzlu-alkali ile tuzlu toprakların ıslah edilerek tarım arazileri kazandırılması büyük önem kazanmaktadır (Angın, 2009). Ülkemiz topraklarının % 1.7' si (1 518 746 ha), tarım arazilerinin ise % 3.8' inde (837 405 ha) tuzluluk sorunu görülmektedir.

Sönmez (2004) tarafından bildirildiğine göre; Ülkemiz topraklarının tuzluluktan etkilenme durumu Çizelge 1.1' de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Türkiye tuzdan etkilenen topraklar.

Toprak Özellikleri	Alan (ha)	Sorunlu Alanlara Göre (%)
Hafif Tuzlu	614617	41.0
Tuzlu	505603	33.0
Alkali	8461	0.5
Hafif Tuzlu-Alkali (Sodik)	125863	8.0
Tuzlu-Alkali (Sodik)	264958	17.5
TOPLAM	1518722	100.0

Tuzluluk, özellikle düşey su hareketinin kısıtlı olduğu (kurak ile yarı-kurak) iklimin hakim olduğu bölgelerinde yıkanma yoluyla yeraltı sularına karışan

çözülebilir tuzların, taban suyunun yükselmesiyle beraber kapilarite ile toprağın üst kısımlarına çıkması ve evaporasyon yoluyla suyun topraktan ayrılması ve tuzun toprakta birikmesi olayıdır (Ergene, 1982). Bu tür topraklar, kültür bitkilerinin gelişimini olumsuz yönde etkileyecek düzeyde eriyebilir tuz, sodyum ya da her ikisini de bulunduran topraklara çorak toprak denir. Bu topraklar kültür bitkileri yetiştirilmesi için elverişli değildir (Kara, 2002).

Richards' ın 1954 yılında yaptığı çalışmada tuzluluk sınıflandırılması aşağıda (Çizelge 1.2) verilmiştir.

Çizelge 1.2. Topraklar için tuzluluk sınıflandırması.

Tuzluluk sınıfı	EC, dS/m
Tuzsuz	<4
Hafif tuzlu	4-8
Orta tuzlu	8-16
Çok tuzlu	16<

Tuzluluk yada sodikten meydana gelen toprak ayrışması (degradas-yonu) oldukça mühim çevresel kısıtlamalardan biri olup, özellikle kırsal alanlarda tarımsal üretkenliği ve sürdürülebilirliği olumsuz yönde etkiye sahiptir (Tanji, 1996; Suarez, 2001; Qadir ve ark., 2006).

Çözünebilen tuzlar, bitkiler tarafından rahatlıkla alınabilirler. Bitkilerin bünyelerine alabildiği tuz bileşikleri çeşidi ve miktarı belirli konsantrasyonu aşınca bitkiye zararlı olmaktadır. Bitkide, beslenmeyi ve metabolizmayı bozarak zehirleyici etki yaparlar. Aynı zamanda topraktaki tuz konsantrasyonunun artma ile bitkilerin topraktaki suyu alımları zorlaşmakta, böylece toprak yapısı bozulup bitki gelişimini azaltmakta, hatta durma noktasına gelmektedir (Kanber ve ark., 1992). Bazı durumlarda toprakta yeterince su olmasına rağmen bir takım durumlarda kültür bitkilerin solmaya başladığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni fazla toprak tuzluluğunun neden olduğu ''fizyolojik kuraklık'' olayıdır. Fizyolojik kuraklıkta ozmotik basınç yüksekliği sebebiyle bitkinin kökleri toprakta mevcut olan suyu bünyesine alamamaktadırlar (Ayyıldız, 1990).

Artan nüfus yoğunluğu, iklim değişikliği ile beraber küresel ısınma ve suya dayanan ihtiyaçlardaki artış, öncelikle tarım için kullanılan mevcut su kaynaklarını olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Tahminlere göre 75 yıl da dünya nüfusu neredeyse iki katına çıkacak olup, buna karşın dünya genelinde kullanılan tarım arazisi varlığı yalnızca % 10 artacak ve bu artışında büyük bir çoğunluğu, tuzluluğun oldukça fazla olduğu kurak ile yarı kurak bölge topraklarında olacaktır. Böylelikle bu senaryo, sürdürülebilir olan doğal kaynaklarımızın ne derece önemli olduğunu göstermektedir (Güçdemir ve Sönmez, 2008).

Biyokömürler, tarım artıklarının oksijensiz ya da oksijen miktarı az olan koşullarda karbon (C) içerikli ham materyalin piroliz ya da karbonizasyon işlemlerinden geçirililerek organik materyallerin kömürleşmiş bir yapıya dönüşmesi olayıdır (Verheijen ve ark., 2009). Biyokömür üretebilmek için sert kabuklular (ceviz, fındık vb.) ve çeltiğin dış kabuğu kullanılmaktadır (Demirbaş, 2006). Biyokömür araştırmacılar tarafından, ürün kalıntıları (sap, saman vb.), yağ atıkları, ağaç kabuğu, organik atıklar (Yaman, 2004), ahır gübresi (kompostlanmamış ve kompostlanmış hali) ya da farklı katı atıklardan (Shinogi ve ark., 2002) üretildiğini ifade etmişlerdir. Biyokömürlerin özellikleri üretilmesinde kullanılacak ham maddeler ve uygulanan piroliz yöntem koşuluna bağlıdır. Biyokömürün heterojen kimyasal bileşimli olup, stabil ve kararsız bileşenleri bulundurmaktadır (Sohi ve ark., 2010). Biyokömür, karbon içeriği oldukça zengin bir yapıya sahip olması, oksijen (aerobik) miktarının çok az olduğu ya da olmadığı anaerobik koşullarda (200-700 ^{0}C) gibi yüksek sıcaklıkta yakılması sonucu (piroliz) elde edilen materyallerdir (Lehmann ve ark., 2006). Piroliz sonucu elde edilen biyokömür materyali toprağı olumlu yönde etkilemesinden dolayı toprak düzenleyicisi olarak kullanılması ön görülmektedir. Ayrıca biyokömürler içyapısında zengin karbon içeriğine sahip olması nedeniyle atmosferdeki karbonu toprak bünyesine hapsederek uzun yıllar boyunca bünyesinde kalmasını sağlayıp, hem sera etkisini azaltarak hem de küresel ısınmayı önleyeceği ön görülmektedir. (Lehmann ve Joseph, 2009; Verheijen ve ark., 2009).

Mısır üretimi Türkiye' de 2018/19 sezonunda 591 900 hektar olup, ürettğimiz 6 milyon ton civarındadır. Ülkemizin dünyadaki mısır üretimindeki yeri, % 0.32 ile % 0.60 oranında değişmektedir (TMMOB, 2020). Türkiye' de tütün üretimi ise 2015 yılında 92 266 tona ulaşmıştır (TMMOB, 2016).

Üretim miktarının artmasıyla beraber buna paralel olarak ürün artıkları da aynı şekilde artmaktadır. Buna bağlı olarak bölgede oldukça fazla yetiştirilen mısır ve tütün artıklarının biyokömüre dönüştürülerek, bu ürünlerin sürdürülebilir tarım ve dünya nufüsu göz önüne alındığında organik ürün artıklarının tarım arazilerinde kullanılması oldukça önem arz etmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1.Tuzlu Topraklar

Yağışın yetersiz olduğu ve dolayısıyla çözülebilir tuzların uzaklara taşınamadığı kurak ile yarı kurak iklim bölgelerinde öncelikle sıcak ve yağışsız olan zamanlada, tuz içerikli taban suları kapilariteyle toprağın yüzey kısımlarına kadar taşınmaktadır. Aşırı sıcaklık nedeniyle buharlaşmanın fazla olmasıyla su ile birlikte tuzların toprağın yüzeyine ya da yüzeye yakın yerlerde bırakılmaktadır. Farklı bir şekilde söylemek gerekirse tuzluluğun ana nedeni yetersiz yağış ve evaporasyonun yüksek olmasıdır (Richards, 1954).

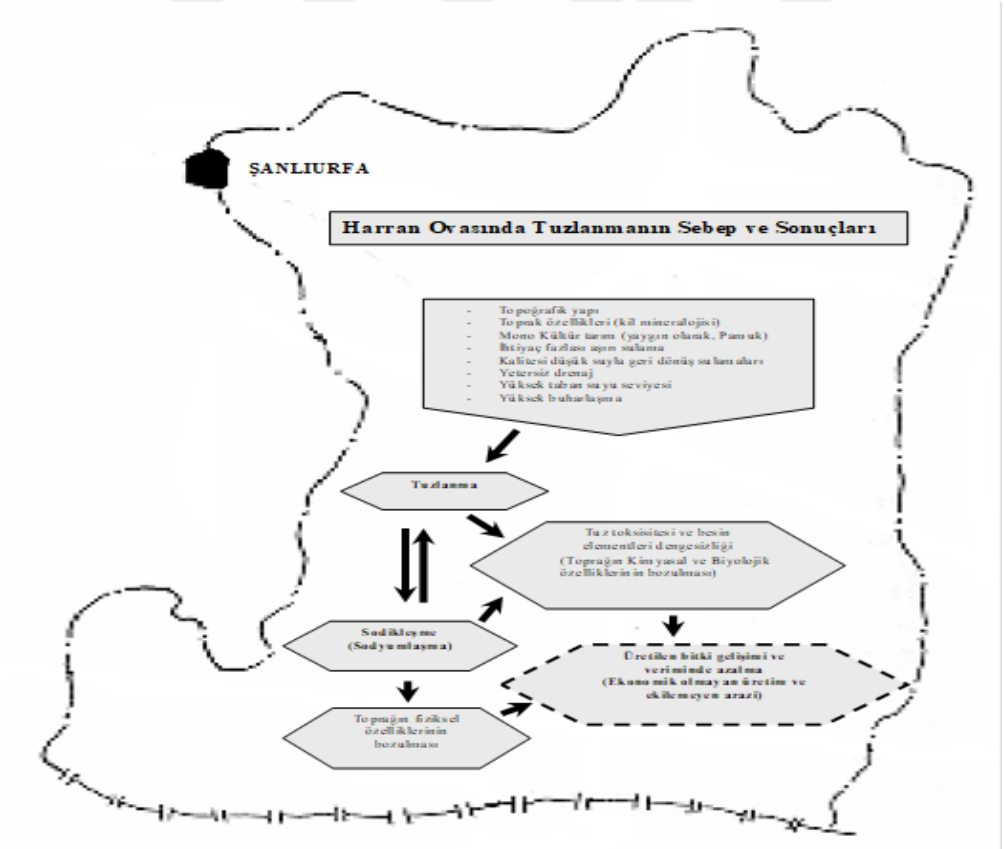
Tuzluluk olayı, bitkide tuzların rizosfer bölgesinde (minimum 60 cm) yıkanacak düzeyde yağış almayan kırsal (kurak ile yarı kurak) topraklarda oluşmaktadır. Aşırı buharlaşma ile aşırı sulama (vahşi sulama) miktar ve yöntemi, drenaj yetersizliği ile uygun olmayan topoğrafik yapı parametreleri sonucu tuzlulaşma riski meydana gelmektedir. Böylece, toprakların yüzey kısımlarında ya da farklı derinliklerde sekonder tuz birikimleri meydana gelmektedir (Bresler ve Charter, 1982; Istvan, 1989; Tanji, 1990; Nassar ve Horton, 1999). Deyim olarak, tuzlaşmış toprakların oluşumu, toprak süzüğünde elektriksel iletkenliği değerinin (EC) 25 °C' de 4 dS m^{-1}' den yüksek; değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP) 15' den daha düşük ve pH değeri 8.2' den düşük topraklar tuzlu toprak sınıfına girmektedir (Richards, 1954).

Sodiklik (alkalilik) ise, sodyum tuzlarının yüksek miktarda olduğu ve ortamdaki kolloidlerin değişebilir sodyumla doygun olduğu zamanlarda oluşmaktadır. Ayrıca, farklı bir ortamda, bitkinin su tüketimi ve buharlaşmadan dolayı toprak solüsyonundaki konsantrasyonun artması ile, Ca^{+2} ve Mg^{+2} tuzları ($CaCO_3$, $MgCO_3$, $CaSO_4$) çözünme sınırını geçtiğinde, mevcut tuzların çökelmesiyle, ortamda bulunan sodyum (Na^+) oransal miktarındaki artış ile bu koşullarda değişebilir, Ca^{+2} ile Mg^{+2} iyonlarının Na^+ ile bulundukları yeri değiştirmeleri ve Na^+

'nın toprağın kolloidleri üstünde değişebilir formda artması şeklinde de meydana gelmektedir. Hem tuzlu toprak hemde sodik topraklar bir araya gelecek tuzlu-sodik toprakları oluştururlar. Bu topraklar ise (tuzlu-sodik), EC değerleri 25 °C' de 4 dS m^{-1}' den yüksek ve ESP' si % 15' den daha çok olan ve pH değeri ise 8.2' nin üstünde olan topraklardır (Richards, 1954).

Ülkemiz topraklarında önemli problemlerden olan tuzluluk ile sodiklik özellikle son yıllarda kuru tarımdan sulu tarıma geçmekle paralel olan drenaj problemi ve sulama sularının kalitesinden dolayı giderek çoğalmaktadır. Dünya genelinde tarımsal üretim yerlerinin 1/3' ü, Ülkemiz de ise sulu tarıma elverişli olan 12.5 milyon ha tarım arazinin, yaklaşık olarak 1.5 milyon ha' sında tuzluluk ve sodiklik, 2.8 milyon ha' da ise drenaj problemi bulunmaktadır (DSİ, 1997 ve 2001).

Harran ovası' nda tuzlanmanın sebepleri Şekil 2.1' de verilmiştir.



Şekil 2.1. Harran ovası tuzlulaşma sebep ve sonuçları şeması.
(Aydemir ve ark., 2005).

Harran ovasınnda tuzluluk sorununun oluşması genellikle, çok fazla (aşırı) ve yanlış sulamayla beraber drenaj yetersizliği ve aynı zamanda kendine has ova yapısı ve mevcut topoğrafik yapı sonucunda oluşmuştur. Bu bağlamda kapilarite etki tabandaki su seviyesinin yükselmesi ve buharlaşma etkili olmuştur. Böylece yukarı doğru hareket eden taban suyu bitkinin rizosfer bölgesine ve toprak yüzeyine taşınan tuzları suyun buharlaşmasıyla birlikte bu kısımlarda bırakmaktadır. Taban suyunda bulunan tuz konsantrasyonu da oldukça fazla (25-30 dS m^{-1}) olduğu değerlendirilse, kritik taban suyu seviyesinin (2 m) altına düşürülmemesi durumunda ovadaki tuzlulaşma problemi kritik bir vaka haline gelecektir. Yayılmaya eğimli olan ovadaki tuzlu kısımlar, bölgede uygulanmakta olan sulamanın yöntemi ve sulama düzeyi, drenaj yapımı ile altyapı noksanlıklarının giderilmemesi ve problemli alanların değişik uygulamalarla (tuzcul yem bitkilerinin yetiştiriciliği gibi) değerlendirilmemesi, kısa vadede arazi bozumuna ve geri dönüşümü zor olan göç gibi sonuçlar doğuracaktır (Aydemir ve ark., 2005).

2.2. Tuzlu-sodik Toprakların Islahı

Tuzlu, tuzlu-sodik ve sodik toprakların ıslah edilmesinde öncelikle taban sularının seviyesinin düşürülmesi, topraktaki çözülebilir tuzların yıkanması, kimyasal maddelerin toprağa eklenmesi veya tuza dayanaklı bitkilerin yetiştiriciliği yapılarak mümkün olabilir. Topraktaki çözülebilir tuzların yıkanmasını, toprağa su vererek göllendirmeden akışa geçmesini sağlayarak böylece yüzeyde biriken tuzun suda eritilerek yüzeyden tabana sızmasını sağlamaktır. Fakat topraktaki tuzlar her zaman yıkanma ile mümkün olmayabilir. Çünkü sodyum oranı yüksek olan topraklar sulandığında, toprağın geçirgenliğini sodyum düşürebilir. Bu tür topraklarda, yıkama işlemi ile birlikte topraktaki kimyasal yapıyı iyileştirelecek yardımcı maddeler eklenir. Bu maddelerin verilmesindeki amaç, verilmiş olan maddelerin (ör; jips) Ca' un daha önce toprak bileşiğine bağlı olan Na' la yerlerini değiştirmesi olayıdır. Bu yollarla toprağın ıslah edilmesinde kullanılan önemli materyaller ise jips ile kalkerdir (Richards, 1954; Bresler ve Charter, 1982; Tanji, 1990).

Tuzlu-sodik ile sodik olan topraklarda kimyasal iyileştiriciler dünya genelinde yaklaşık bir asırdır kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerdeki kimyasal iyileştirici kullanımı, üretimde çiftçi maliyeti oldukça yüksek bir niteliktedir. Kullanılmakta olan malzeme fiyatları ile bunların endüstride daha fazla kullanılması ve devletin çiftçi desteğinin azalmasıyla bu fiyatlar oldukça artmıştır. Toprağın işlenmesinde, çiftçi tecrübesi ile yapılan laboratuar ortamı çalışmaları ve bilimsel anlamda arazı çalışmalarında, tuza dayanıklılıkları (halofit ile glikofit) yüksek olan bitkilerin kullanılması ile kireçli-sodik topraklarda kimyasal madde kullanımı olmadan iyileşebileceğini bizlere göstermiştir. Kullanılan bu tür bitkisel iyileştiricilere, bioiyileştirici ya da biyolojik iyileştirici denilmektedir (Kelley ve Brown, 1937; Robbins, 1986 a ve b). Bitkilerin toprak iyileştiricisi olarak ıslahta kullanılma aşamaları şöyle tanımlanabilir; kök bölgesindeki kireç çözünürlüğü ile ortamdaki mikrobiyal aktivite ve bitkinin solunumundan kaynaklı CO_2 nispi miktarının artması, kökteki gelişimin artması, problemli toprakların fiziksel özelliklerinin iyileştirmesini sağlar.

Biyokömürlerin toprağa katkı yapan bir madde olarak kullanımı, aynı zamanda iklimsel değişiklikleri hafifletme, toprağın verimliliğini ve tarımsal üretimin zenginleştirilmesi olarak gözlemlenmiştir (Glaser ve ark., 2002-2009, Lehmann ve ark., 2006, Ogawa ve ark., 2006). Biyokömür uygulamaları çevre ve tarıma olan etkilerinden dolayı bitki besin maddesi bakımından yoksun olan topraklarda daha fazla ilgi duyulan bir kaynak olmuştur. Yapılan birkaç çalışma ve araştırma sonuçlarına göre, toprak iyileştiriciliği yönünden faydalı olduğu gözlemlenmiş. Bu faydaların içinde toprakta kararlı karbon uygulanması ile küresel ısınmayı azaltması, biyoenerji üretimi, atık yönetimi, toprağın sağlığı ile toprak verimliliği özelliği görülmektedir (Ogawa ve ark., 2006; Lehmann ve ark., 2006; Atkinson ve ark., 2010; Sohi ve ark., 2010; Woolf ve ark., 2010). Biyokömürler yaklaşık ağırlıklarının 6 katı kadar toprakta su tutarak, bitki tarafından topraki P, N gibi besin elementlerinin bitkilerce alınımını kolaylaştırarark toprakta oldukça iyi bir besin maddesi kaynağı olurlar (Glaser ve ark., 2014). Bu durum öncelikle çöl topraklarının tarımsal açıdan daha avantajlı olmasını sağlamaktadır. Biyokömürün yüzeyinde bulunan işlevsel gruplar, toprağın katyon faaliyetlerini artırarark, Ca, Mg ve K

besinlerini toprakta tutar. Böylece tarımsal üretkenlik verimliliği artar. Biyokömürler genellikle bazik karakterli oldukları için toprağa eklendiğinde pH değerlerini artırarak özellikle asit karakterli toprakların pH' sını düzenler (Ippolito ve ark., 2016). Biyokömürler, toprakta karbon tutulması ile toprağın özelliklerinin geliştirmesi amacıyla toprağın iyileştiricisi, düzenleyicisi olarak da kullanılan materyallerdir (Lehmann ve Joseph, 2009; Verheijen ve ark., 2009). Farklı metotlar ile farklı materyaller kullanılarak üretilen biyokömürlerin tarımsal amaç ile toprak iyileştiricisi olarak kullanımının toprağa sağladığı faydalar özet olarak şöyledir, besin maddelerinin yıkanması önlenmiş, Katyon Değişim Kapasitesini arttırmış, uygulanan biyokömürün özelliklerine bağlı olarak pH' yı değiştirmiş ve topraktaki suyun tutma kapasitesini de arttırmıştır (Lehmann ve Rondon, 2006; Kolb ve ark., 2009; Jeffery ve ark., 2001). Hoshi, (2001), Van Zwieten ve ark., (2007) yaptıkları çalışmalarında çay ile buğday kalıntılarından elde ettikleri biyokömürleri toprağa uygulandıklarında toprağın pH değerinde artış olduğunu raporda iletmişlerdir.

Jeffery ve ark., (2011), yaptıkları çalışmaya göre, biyokömürün toprağa uygulanması sonucu, gübre ihtiyacında % 10 oranında azalma, topraktaki asitliğin giderilmesi, topraktaki reaksiyonun artması, ağır metal birikimini azaltması (alüminyum gibi), yararlı mantarların hiflerinde artış sağlaması, biyolojik yapıyı düzeltme, toprağın mevcut besinlerini tutması (NPK), organik bileşiklerin mineral maddelere dönüşmesini arttırması (mineralizasyon), atmosferdeki azotun toprağa bağlanması, KDK' yı % 50 oranında arttırma ve toprağın geçirgenliğini yükseltmesi gibi fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde uzun zamanda etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir.

Hindistan' da yapılan bir çalışmada pH' sı 8.42 olan toprağa prosopis ağaçları ile üretilen biyokömür materyalinin (pH 7.57) farklı dozajları kullanılıp, 5 kg' lık toprakla karıştırılarak 90 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Böylece toprağın pH' sı 7.92' ye düşmüştür, denemeden önce KDK 17.9 (me/100g) iken % 5 oranında ve biyokömür uygulamaları sonucunda KDK 19.47 (me/100g) oranına yükselerek anlamlı derecede bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Uygulanan biyokömür dozunun artmasıyla birlikte organik C içeriği 90' ıncı günde bile artmıştır. Fakat mineral N

(Amonyum azotu, Nitrat azotu) değerlerinde, KDK' ya kıyasla inkübasyon süresinin artmasıyla azat değerlerinde anlamlı derecede bir azalma gözlemlenmiştir (Shenbagavalli ve Mahimairaja, 2012).

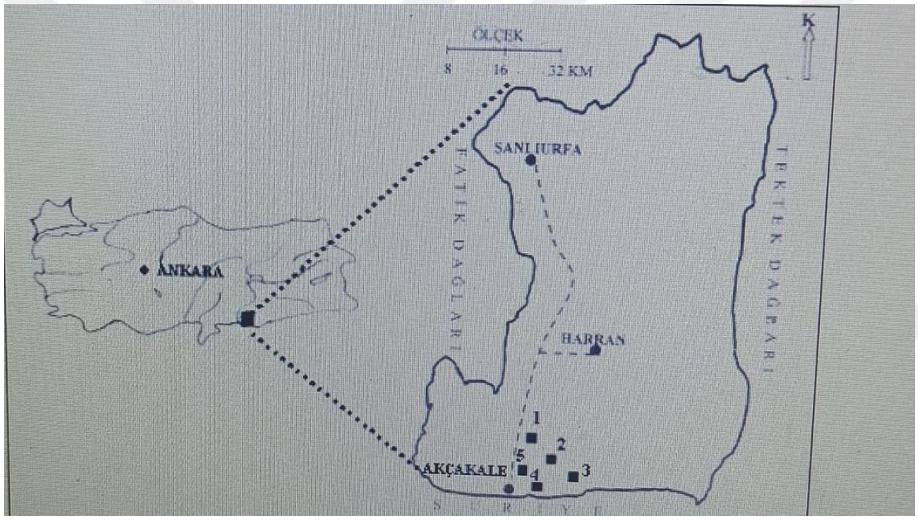
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyaller

3.1.1.Toprak özellikleri

Araştırmada normal (tuzsuz) toprak Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü' nden ve Akçakale serisinden alınanan tuzlu sodik topraklar kullanılmıştır. Akçakale çalışma alanı lokasyonu Şekil 3.1' de verilmiştir.

.



Şekil 3.1. Akçakale çalışma alanı lokasyonu (Seyrek ve ark., 2005).

Bu çalışma, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü' ünde üretim seralarında yapılmıştır.

Akçakale Serisi: Harran Ovası' nın sulama yapılan alanlarının büyük çoğunluğu düz bir topografyada bulunmaktadır. Yeterli derinliğe sahip olup bitki gelişmesine elverişli topraklardır. Genellikle yüksek kil ve kireç içeriğine sahip olup organik madde bakımından fakir olan topraklardır. Topraktaki organik maddenin düşük olması ve yüksek kil içeriğine sahip olması, toprağın işlenmesi, tohum yatağının hazırlanması ve sulanma işlemleri verimi etkileyerek bir takım sorunlara neden olmaktadır (Çullu, 2003).

Ana materyali alüviyal olan taban arazi topraklarıdır. Derin ile düz ve düze yakın topraklardır. Bu toprakların pH değeri 7.3-7.8 arasındadır. Katyon değişim kapasitesi 30–49 $cmol_c/kg$ olup, değişebilir sodyum miktarı toprak yüzeyinden aşağılara inildikçe artmaktadır. Organik madde içeriği KDK' nın tersine derine indikçe düşmekte olup % 0.4-0.7 arasında olduğu belirlenmiştir (Dinç ve ark., 1988).

Harran ovası serisi: Rakımı 400 metre civarında ve toplam alanı 225.109 ha olan ovada Çukurova Üniversitesi ve Harran Üniversitesi'nin ortak yaptıkları çalışmaya göre, ovadaki eğim değeri % 0-6 arasında değişmektedir. Ova merkezinin düz ve düze yakın olmasına rağmen bazı kısımlarında hafif tepe ve sırt kısımlarıda bulunmaktadır. Araştırma alanının toprakları genellikle organik maddece fakir % 1' in altında olup biyolojik aktivitesi düşüktür. Genel olarak iyice gelişmiş olan A-B-C horizonlarına sahip ova, arid bölgelerde kireç yığılmaları bulunmaktadır (Dinç ve ark., 1988). Harran ovası serisi topraklarının pH' sı 7.62 ile 7.85 arasında, EC değeri ise 11.79-17.78 dS/cm' dir. Organik madde miktarı toprak yüzeyinden aşağılara indikçe azalmakta ve ortalama 0.45-1.05, Total C oranı 5,04 kg C m^{-2} dir. Kireç % 17.89-22.26 arasındadır (Dinç ve ark., 1988). Harran ovası karasal iklimin hakim olduğu fakat Akdeniz ikliminin etkisinde kalmış olup, yazları oldukça sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ile yağışlı bir havanın hakim olduğu, ortalama yıllık yağışın 365 mm, buharlaşması 1.848 mm ve ortalama sıcaklığı ise 17,2 °C' dir (Bahçeci, 2008).

3.1.2. Bitki çeşidi

3.1.3. Arpa (Hordeum vulgare L.)

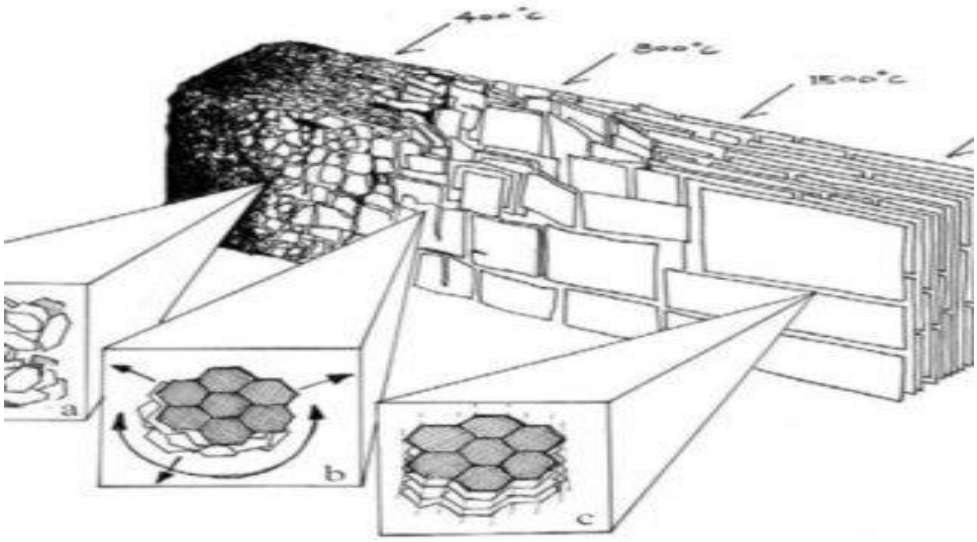
Değişik gün uzunluklarına uyabilen arpa, tek yıllık ve aynı zamanda uzun bir gün bitkisidir. Tahılların arasında kardeşlenme sayısı en çok olup 5 ile 8 kardeş vermektedir. Ortalama bitki buyu ise 35 ile 100 cm arasında değişmektedir. Başak boyu ortalama 8 ile 15 cm olup, 2,4 ve 6 sıralı olabilmektedir. Buğdaydan sonra ekimi en çok yapılan serin iklim tahıllıdır. Hayvan yemi ve malt sanayi başlıca kullanım alanıdır. Oldukça önemli bir hayvan yemi olup, yem olarak kullanımı mısırın % 95' i kadardır. Arpa yetiştiriciliğine en uygun topraklar, organik madde bakımından zengin, killi, havalanması ve ne oranı uygun nötr reaksiyonlu topraklardır. Kurmuş olduğumuz denemede Barış arpa çeşidi kullanılmıştır. Arpa bitkisine ait görsellerimiz Şekil 3.2’ de verilmiştir.



Şekil 3.2. Arpa bitkisinden görünüm.

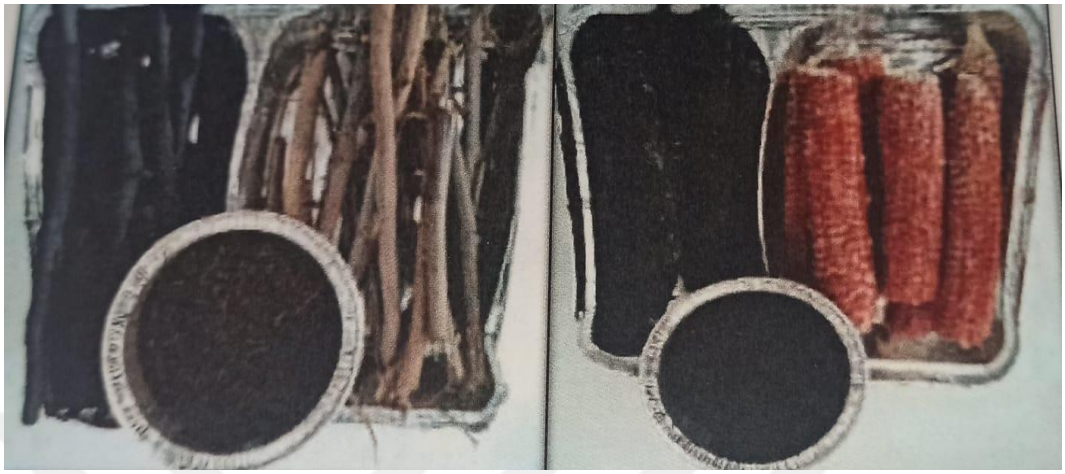
3.1.4. Biyokömür materyalleri (mısır koçanı ve tütün sapı)

Biyokömürler, tarım artıklarının oksijensiz ya da oksijen miktarı az olan koşullarda karbon (C) içerikli ham materyalin piroliz ya da karbonizasyon işlemlerinden geçirililerek organik materyallerin kömürleşmiş bir yapıya dönüşmesi olayıdır. Farklı bir şekilde yorumlamak gerekirse biyokömür materyali, ürün kalıntıları, hayvanların gübresi veya başka organik artıkların oldukça yüksek bir sıcaklık ile ısıtılmasıyla üretilen materyallerdir. Kısaca piroliz işlemi, Yunanca "pyro" ateş ve "lysis" ayrışma olan mevcut parçaların değişime uğraması olayıdır (Verheijen ve ark., 2009). Şekil 3.3' de biyokömür yapısının sıcaklıkla değişimi verilmiştir (Lehmann ve Joseph, 2009). Biyokömür yapılarının yüksek sıcaklıkla değişim görüntüsü Şekil 3.3' de verilmiştir.



Şekil 3.3. Biyokömür yapısılarının yüksek sıcaklıkla değişimi (Lehmann ve Joseph, 2009).

Biyokömür materyallerinin elde edilmesinden önce ve elde edildikten sonra görselleri Şekil 3.4' de verilmiştir.



Şekil 3.4. Biyokömür materyalleri üretilmeden önce (hammateryal) ve üretildikten sonra (biyokömür) görüntüleri (Sayğan, 2017).

Biyokömür materyallerinin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla (Sayğan, 2017) mısır koçanı biyokömürünün toplam C (%), N (%), H içeriği, pH değeri, tütün sapı biyokömürünün (Çelik ve ark., 2019) toplam C (%), toplam N (%), H içeriği ve pH değeri Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Biyokömür materyallerinin toplam C (%), N (%) ve H içeriği, pH değeri ve C/N oranı verilmiştir.

Kullanılan materyal	Toplam C %	Toplam N %	Toplam H %	pH	C%N oranı
Mısır koçanı	80.29	0.75	3.30	8.46	107.053333
Tütün sapı	46.21	1.68	2.88	10	27.5059524

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemenin kurulması

Araştırmadaki normal toprak Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü, tuzlu-sodik toprak ise Akçakale' den 0-30 cm toprak derinliğinden alınmıştır. Bu toprak örnekleri serilip gölge de kurutma işlemi yapılmıştır, daha sonra 2 mm' lik elek ile elenerek 5 litre olan saksılara her saksı için 3 kg olacak şekilde toprak ile doldurulmuştur. Çalışma 3 tekerrürlü, 3 farklı dozda biyokömür (% 0, % 1.5, % 3), 2 toprak çeşidi (tuzlu-sodik, normal), 2 adet biyokömür (mısır koçanı ve tütün sapı) ve bölgede yaygın olarak kullanılan 1 adet arpa çeşidi ile 36 adet saksı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma tesadüf bloğu deneme desenine uygun kurulmuştur.

Tohum ekimi; arpa tohumları yaklaşık 3 cm derinliğe, tohum aralığı 2-3 cm boşluk kalacak şekilde ve saksıya 0.5 g taban gübresi (DAP (18.46.0) gübresi) konularak ekildi ve çimlenmeden sonra seyreltme işlemi yapıldı. Gelişme dönemi boyunca bitkiler ihtiyaç duyuldukça yaklaşık tarla kapasitesinde sulanmış ve havalandırma işlemleri yapılmıştır. Şekil 3.5' de çimlenmiş olan arpa bitkisinin seyreltmeden önceki, Şekil 3.6' da ise seyreltmeden sonraki görüntüleri verilmiştir.

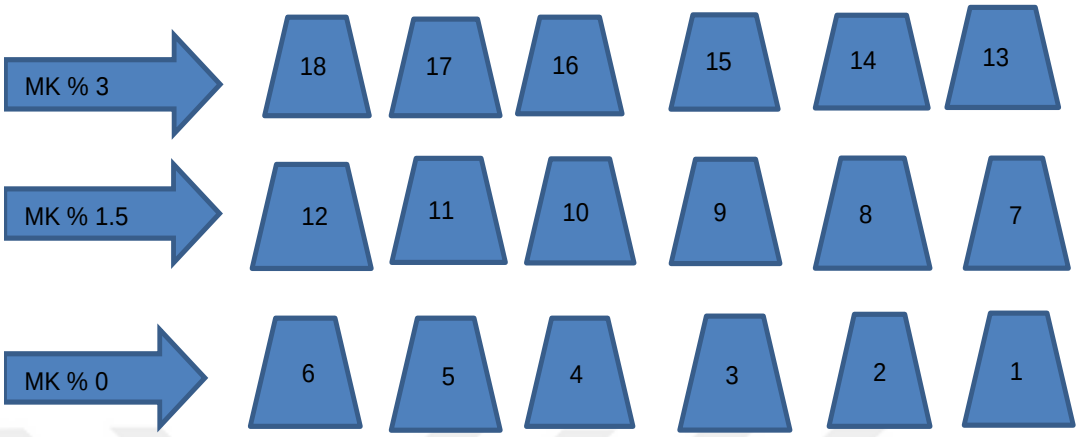


Şekil 3.5. Seyreltmeden önce.



Şekil 3.6. Seyreltmeden sonra.

Tesadüf bloğu deneme deseni ile hazırlanmış deneme planımız Şekil 3.7' de verilmiştir.



Şekil 3.7. Normal ve tuzlu-sodik topraklarda mısır koçanı uygulanan deneme deseni.

Normal (1, 2, 3, 7, 8, 9, 15, 16, 17) ve tuzlu sodik (4, 5, 6, 10, 11, 12, 16, 17, 18) topraklarda mısır koçanı biyokömürü uygulanan deneme desenimiz yukarıda verilmiştir.

1-3 Harran üniversitesi normal toprak tanık arpa bitkisi
7-9 Harran üniversitesi normal toprak mısır koçanı % 1.5 arpa bitkisi
13-15 Harran üniversitesi normal toprak mısır koçanı % 3 arpa bitkisi

4-6 Akçakale tuzlu-sodik toprak tanık arpa bitkisi
10-12 Akçakale tuzlu-sodik toprak mısır koçanı % 1.5 arpa bitkisi
16-18 Akçakale tuzlu-sodik toprak mısır koçanı % 3 arpa bitkisi

Tesadüf bloğu deneme deseni ile hazırlanmış deneme planımız Şekil 3.8’ de verilmiştir.



TUZLU-SODİK TOPRAK (Akçakale) NORMAL TOPRAK (Harran üniversitesi)

Şekil 3.8. Normal ve tuzlu-sodik topraklarda tütün sapı uygulanan deneme deseni

Normal (19, 20, 21, 25, 26, 27, 31, 32, 33) ve tuzlu sodik (22, 23, 24, 28, 29, 30, 34, 35, 36) topraklarda tütün sapı biyokömürü uygulanan deneme desenimiz yukarıda verilmiştir.

19-21 Harran üniversitesi normal toprak tanık arpa bitkisi

25-27 Harran üniversitesi normal toprak tütün sapı % 1.5 arpa bitkisi

31-33 Harran üniversitesi normal toprak tütün sapı % 3 arpa bitkisi

22-24 Akçakale tuzlu-sodik toprak tanık arpa bitkisi

28-30 Akçakale tuzlu-sodik toprak tütün sapı % 1.5 arpa bitkisi

34-36 Akçakale tuzlu-sodik toprak tütün sapı % 3 arpa bitkisi

3.2.2. Toprak analizleri

Toprak pH ve elektriksel iletkenlik (EC): Topraktaki pH ve ve EC analizleri saturasyon macunu ile yapılmıştır. Toprak pH' sı; pH metre saturasyon çamuruna katılarak değer sabitleninceye kadar bekletilir ve okuma yapılır (Richards, 1954). Elektriksel iletkenlik ise kondüktivimetrenin elektrotu saturasyon macununa daldırılır değer sabitlenince okuma yapılmıştır (Richards, 1954).

Kireç ($CaCO_3$) (%): Toprakta granülasyonu sağlayan materyal kireçtir. Kireç içeriği, Scheibler kalsimetresiyle volümetrik metotla analiz edilmiştir (Çağlar, 1949).

Organik madde (OM) (%): Topraktaki OM tayini Walkey-Black yaş yakma yöntemine ile yapılmıştır (Nelson ve Sommers, 1982).

Suda çözünebilir katyonlar (ÇK): Satürasyon çamuru ile üretilen süzüğün kullanılması ile AASP' de ölçüm yapılarak Na^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2} ve K^{+} katyonları belirlenmiştir (Tan, 1996).

Sodyum Absorbsiyon Oranı (SAR): Çözülebilir katyonlardan Na^{+}, Ca^{+2} ve Mg^{+2} tayini yapılarak hesaplama yöntemi ile SAR (Sodyum Absorbsiyon Oranı) değeri hesaplanmıştır. SAR hesaplanması Denklem 3.1' den yararlanılarak yapılmıştır (Soil Conservation Service, 1972).

$$SAR = Na/\sqrt{((Ca + Mg)/2)}$$

Denklem (3.1).

Katyon değişim kapasitesi (KDK) ($cmol_c$/kg, me/100g): Toprak çözeltisi öncelikle sodyum ile doyurularak ardından amonyum asetat ile doyurulup, açığa çıkan sodyum miktarı ICP-OES cihazında belirlenmiştir ve hesaplamayla KDK değerleri bulunmuştur (Chapman, 1965).

3.2.3. Bitki ölçüm ve analizleri

Bitkide gelişim kontrolleri belirli aralıklarla yapılmıştır.

Bitki boyu (cm): Saksıdaki bitkilerden rastgele seçilen 10 ya da daha fazla bitkinin kök boğazından (toprak ile temas ettiği yer) uç kısmına kadar uzunluğu metre ile ölçülerek aritmetik ortalaması alınmıştır.

Bitki kuru ve yaş ağırlıkları (g): Hasattan sonra öncelikle yeşil ağırlığı tartılarak belirlenmiş ardından etüvde 550 ^{o}C' de 24 saat bekletildikten sonra kuru ağırlık alınmıştır.

Bitkide SPAD Değeri: SPAD-502Plus (klorofil ölçer) cihazı ile bitki yapraklarında klorofil tayini yapılmıştır.

Bitkide termal kamera ile görüntü alınması: Termal görüntüler, FLIR T540 model termal kamera ile elde edildi. FLIR T540 model termal kamera, 464 × 348 çözünürlüklü, 640 × 480 piksel boyutuna, %2 kesinliğe, 37 ° C'de 0.5 °C hassasiyete, 7.5-14 μm spektral aralığa, 25° x19° /0.4 m görüş alanı açısına, -20-650 °C arasında sıcak algılama özelliklerine sahiptir. Yükseklik kanopi sıcaklığını etkilemesi nedeniyle (Thomson ve ark., 2012), standartizasyon için görüntüler bir merdiven yardımı ile 1 m yükseklikte ve saksılara 1 m mesafeden çekilmiştir. Elde edilen termal görüntüler FLIR Tools yazılımı ile incelenmiştir. Ölçümlerde emisyon değeri ve ölçüm yüzey alanı bitki olduğundan 0.95 alınmıştır (Jones ve ark., 2002). Bağıl nem ve hava sıcaklığı değeri girilerek ölçümler gerçekleştirildi. Ölçümler günün 12:00-14:00 saatleri aralığında gerçekleştirilmiştir.

Analizler Harran Üniversitesi Merkezi laboratuvarı' nda (HÜBTAM) yapılmıştır.

3.3. İstatistiksel Analizler

Yapmış olduğumuz çalışma tesadüf parseli deneme deseni ile hazırlanmış, 3 tekrarlı ve SPSS 20 paket programı kullanılmış olarak yapılmıştır. Araştırma sonuçlarında, istatistik analizlerde, varyans analizi metodu tek yönlü olup bu ortalama değerlerin kıyaslanmasında ise Duncan çok yönlü karşılaştırma metodu kullanılmıştır.

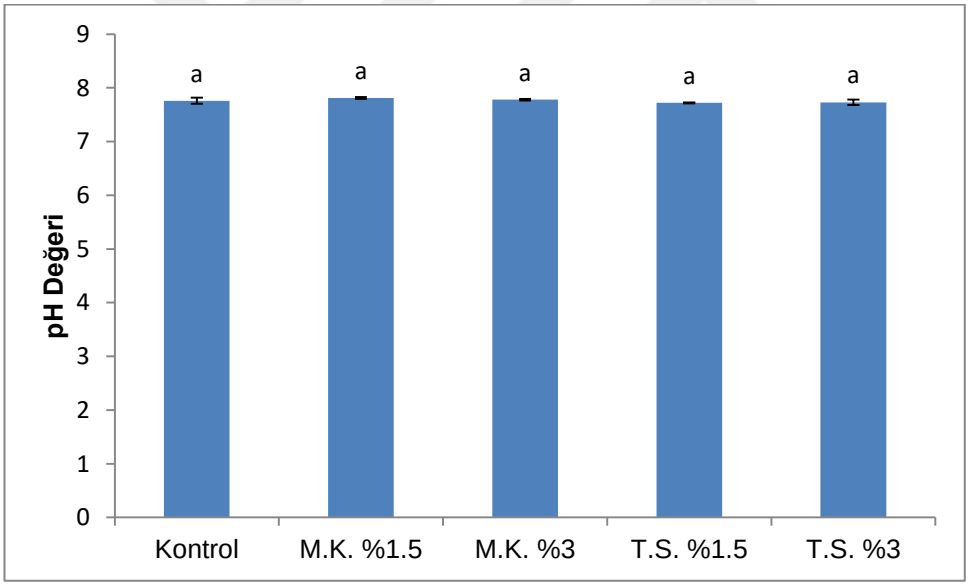
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. pH ve EC Analiz Sonuçları

4.1.1. pH analiz sonuçları

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan pH analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, pH değerine etkisi Şekil 4.1' de verilmiştir.

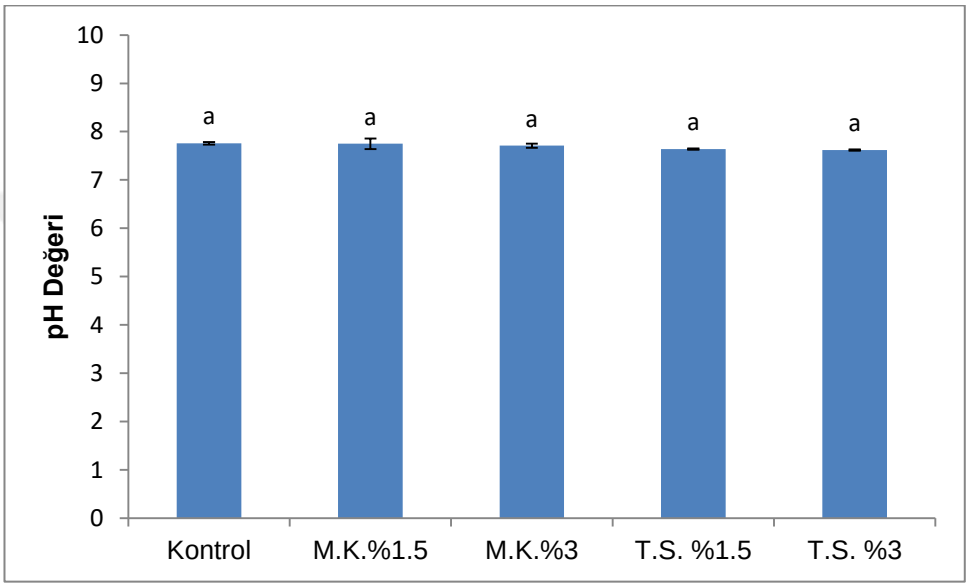


Şekil 4.1. Normal toprakta pH analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının normal topraklardaki pH değerine etkisine baktığımızda, kontrol uygulamasında pH 7.76 iken, MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla pH değeri artmıştır. Tütün sapı uygulanan topraklarda ise azalmıştır.

Kontrol ile artan dozlarda biyokömür uygulamaları ve uygulamalar kendi aralarında karşılaştırıldığında pH değerleri bakımından istatistiki anlamda farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p>0.05$).

Tuzlu-sodik topraklarda uygulanan biyokömürün pH değerlerine etkisi Şekil 4.2' de verilmiştir.



Şekil 4.2. Tuzlu-sodik toprakta pH analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının tuzlu-sodik topraklardaki pH değerine etkisine baktığımızda, hem MK uygulamalarında hem de TS uygulamalarında azalmıştır. Kontrol ile artan dozlarda biyokömür uygulamaları ve uygulamalar kendi aralarında karşılaştırıldığında pH değerleri bakımından bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

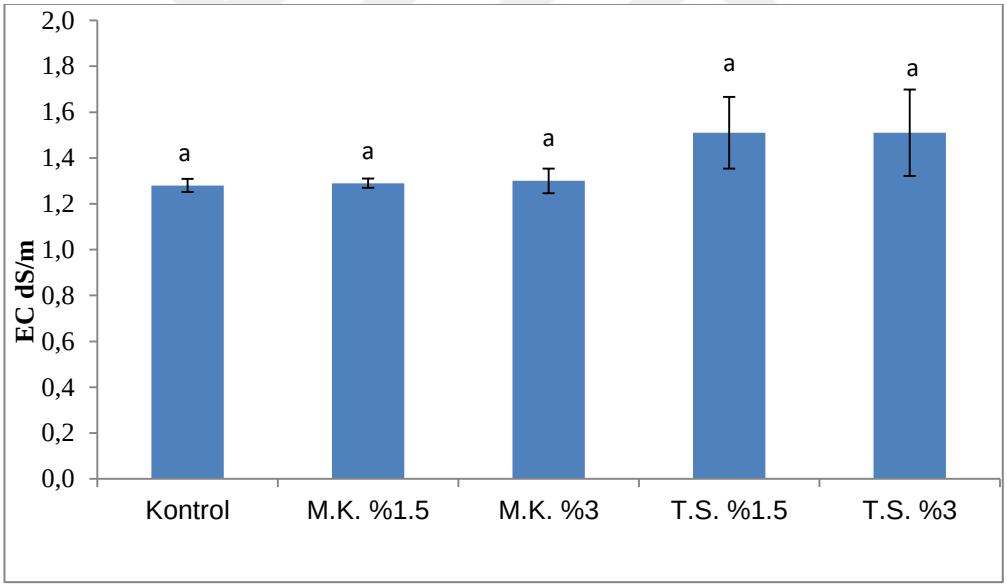
Deneme sonucu normal ve tuzlu-sodik topraklardaki pH değeri 7.62 ile 7.81 arasında olup, mevcut toprak içerğinin pH' sının yüksek olması ve uygulanan biyokömürün yüksek pH'ya sahip olmasından dolayı kontrol ile biyokömür dozları arasında ve uygulamalarında kendi aralarında istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Nitekim Çin' de yapılan bir çalışmaya göre, 8.27 pH' sı olan bir toprakta mısır artıkları ile üretilen farklı biyokömür dozları (% 0, 2, 4 ve 8) kullanılmış ve 42 günlüğüne inkübasyon denemesine biyokömürün pH ile yararlı

fosfor (P) özelliklerine etkisine bakılmıştır. Deneme sonucunda uygulanan biyokömürün pH içeriği yüksek olan topraklarda, pH üstünde anlamlı bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir (Zhai ve ark., 2014). Bu bağlamda araştırma sonuçlarımız önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

4.1.2. EC (Elektriksel İletkenlik) analiz sonuçları

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan EC analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, EC değerine etkisi şekil 4.3' de verilmiştir.



Şekil 4.3. Normal toprakta EC analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının normal topraklardaki EC değerine baktığımızda, EC içeriği 1.29 iken, MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 0.46 ve % 1.24 oranında artmış olup, bu artış kontrol ile kıyaslandığında istatistiki anlamda farklılık olmadığı ($p>0.05$) gözlemlenmiştir. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı topraklarda TS % 1.5 ve 3 uygulamaları için EC

değerleri kontrole kıyasla sırasıyla % 1.77 ve % 1.75 artmıştır. Uygulanan TS biyokömüründe EC değeri % 1.5 dozunda maksimum seviyede artış göstermiştir.

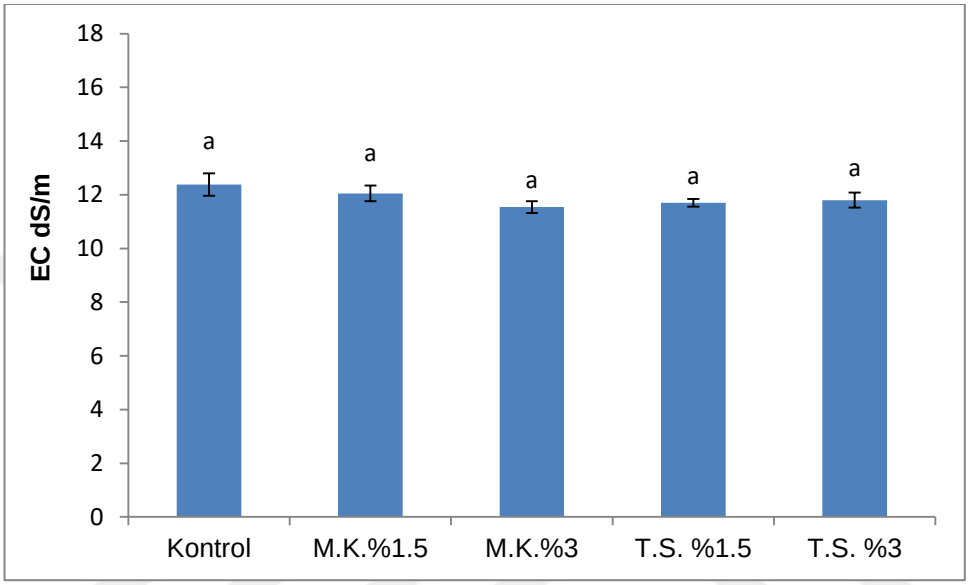
Kontrol örnekleri ile artan dozlarda biyokömür uygulamaları karşılaştırıldığında dozlar arasında EC değerleri bakımından istatistiki anlamda farklılık bulunmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Araştırma sonuçlarına göre doz arttıkça EC değerinde artış olmamaktadır. Belirli bir dozdan sonra EC değeri sabit kalmaktadır. EC değerinin artması uygulanan biyokömürün hammaddesine bağlı olarak değişim göstermektedir.

EC değeri mikrobiyal aktivite ile doğrudan ilişkilidir. Organik maddenin parçalanması sonucu toprağa kazandırılan katyon ve anyonlar elektriksel iletkenlik değerinin artmasına neden olur (Gul ve ark., 2015; Liu ve ark., 2017). Biyokömür uygulanan normal toprakta % organik madde miktarı 0.79' dan 2.03' e kadar yükselmiştir. Dolayısıyla organik madde miktarının artmasıyla birlikte mikrobiyal aktivite artmış buna bağlı olarak elektriksel iletkenlik de artmıştır (organik madde miktarı için detaylı bilgi % organik madde bölümünde verilmiştir). Bu durum artan OM trentine bağlı olarak TS uygulamalarının normal toprakların OM içeriğini yüksek oranda artırmalarından kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir. Artışın bir kısmı mineralize olarak deneme süresince EC nin artışına sebep olmuştur.

Biyokömürün toprak verimliliğine etkisi, topraktaki mevcut besin elementi miktar ile yarayışlılıkları (Lehmann ve ark., 2003) ve topraktaki biyokimyasal özellikleri üzerindeki (Luo ve Gu, 2016) tesiriyle ilişkilendirilmiştir. Toprağa eklenen biyokömü özelliğiyle ilgili olmakla beraber, toprakta mevcut su ile besin elementlerini tutma, mikrobiyal etkinliğe biyokömürler doğrudan etki etmekte olduğu varsayılmaktadır (Atkinson ve ark., 2010; Lehmann ve ark., 2011). Karbon içeriği ve yüzey alanı son derece yüksek, çok gözenekli bir yapısı olan ve genellikle alkali karakterli olan biyokömür materyalinin toprağa eklenmesi; topraktaki organik madde miktarının artmasına (Liu ve ark., 2017) ve topraktaki mikroorganizmaların çeşit ve miktarlarının değişmesine (Gul ve ark., 2015) neden olduğu belirlenmiştir.

Organik meddenin artmasıyla bereber mikrobiyal aktivite artmış ve buna bağlı olarak elektriksel iletkenlikde artmıştır.

Tuzlu-sodik toprak koşullarında EC değeri analiz sonuçları Şekil 4.4' de verilmiştir.



Şekil 4.4. Tuzlu-sodik toprakta EC analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının tuzlu-sodik topraklardaki EC içeriğine etkisine baktığımızda, EC içeriği 12.89 dS/m iken, MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 2.66 ve % 6.78 azalmış olup, istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı topraklarda EC içeriği 12.89 dS/m iken, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla EC değerini sırasıyla % 5.49 ve % 4.68 azalmıştır. Bu azalma kontrol ile kıyaslandığında istatistiki anlamda farklılık olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$).

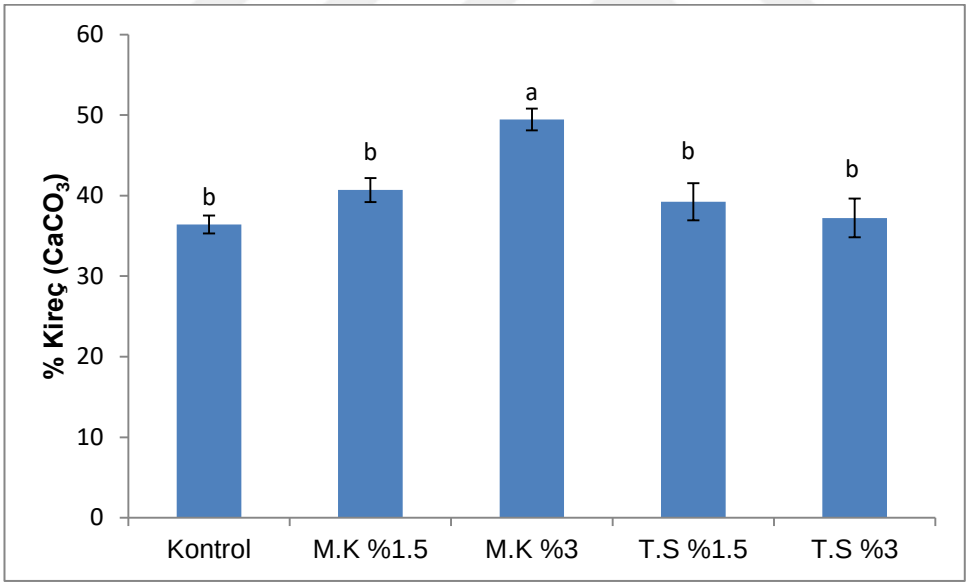
Biyokömürün farklı dozları kullanılarak yapılan denemede analiz sonuçlarına göre EC değerinin istatistiksel anlamlı olmasa da düşmesinin sebebi arpa bitkisinin tuz toleransının yüksek olmasına bağlı olarak bünyesinde tuz biriktirebilme yeteneğine sahip olması EC değerinin nispeten düşmesini sağlamıştır (Deneme öncesi toprağın EC değeri 13.06 dS/m iken hasat sonrası sonrası 12.38 dS/m

olmuştur). Uygulamalar sonrası EC değerinin kontrole göre istatistiksel anlamda önemli olmasa da düşmesi biyokömür materyallerinin tuz iyonlarını absorbe etmesinin bir sonucu olabileceği değerlendirilmiştir. Uygulamalar sonrası toprakların organik madde miktarlarının konrole oranla artmış olması bunu destekler bir durum olarak görülmüştür.

4.2. % Kireç ($CaCO_3$) Analiz Sonuçları

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan kireç ($CaCO_3$) analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, normal toprak örneklerinde % kireç ($CaCO_3$) analiz sonuçları Şekil 4.5' de verilmiştir.



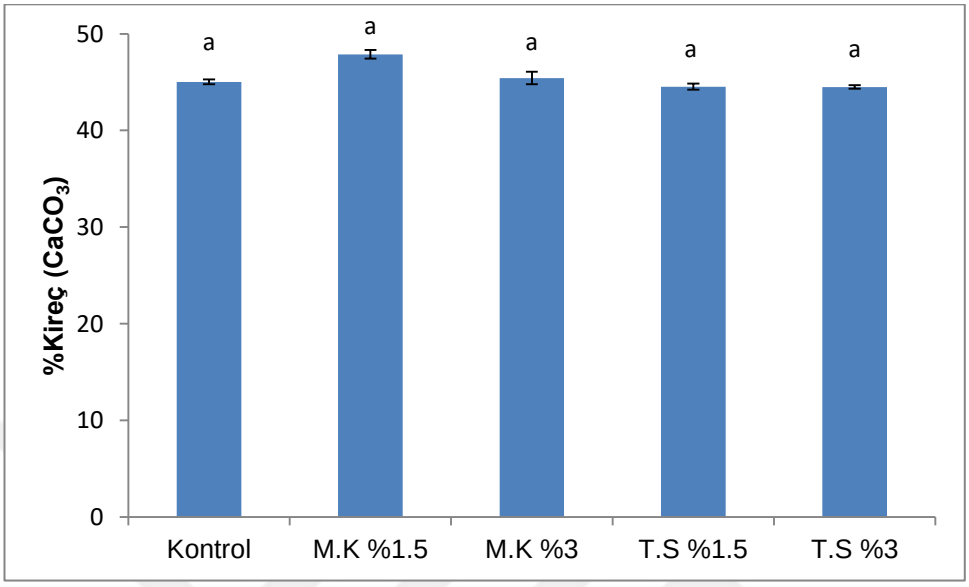
Şekil 4.5. Normal (tuzsuz) toprakta % kireç ($CaCO_3$) analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının topraklardaki kireç içeriğine etkisine baktığımızda, kontrol uygulamasında kireç içeriği % 36.43 iken, MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla kireç içeriğini sırasıyla % 11.72 ve % 35.76 oranında artmış olduğu görülmüştür. Mısır Koçanı % 1.5 dozunda istatistiki anlamda farklılık olmamıştır ($p>0.05$). En yüksek kireç içeriğine MK % 3 uygulamasında

rastlanmış olup MK % 3 uygulamasından kaynaklı bu artış istatistiki anlamda önemli farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise normal toprak koşullarında kontrol uygulamasında kireç içeriği % 36.43 iken TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla kireç içeriği sırasıyla % 7.68 ve % 2.19 oranında artmıştır. Deneme sonuçları kontrol ile kıyaslandığında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Normal toprak koşullarında deneme sonuçlarına göre biyokömür uygulanan bütün saksılarda % kireç oranı armıştır fakat sadece MK % 3 uygulamasında istatiksel olarak bir farklılık gözlemlenmiştir. Uygulamalar sonrası kireç miktarındaki artışın sebebinin toprak çözeltisinde Ca' nın artışına bağlı olarak bunun $CaCO_3$ olarak ikincil oluşumu olarak açıklanabilecektir. Kalsiyumun (Ca) topraktan alınımı 6.5-7.0 pH aralığında gerçekleşmektedir deneme topraklarımızın pH' sı 7' nin üstündedir. Bu durum mevcut Ca' nın bitkiler tarafından alımını sınırlandırmakta ve çözeltideki miktarını artırmaktadır. Bu miktarın artmasına mineralize olan biyokömür materyallerinin de etkisinin olduğu değerlendirilmiştir. Bu kapsamdaki etkinin MK biyokömüründe TS' ye oranla daha fazla olduğu değerlendirilmiştir.

Biyokömürün ürünlerin verimleri üzerinde olumsuz ya da nötr etkisiyle daha çok tropik yerlerde karşılaştıklarını rapor etmiş olan Jeffery ve ark., (2017), yüksek pH sebebiyle biyokömürlerin bu tür topraklarda daha çok kireç etkisi yarattığını rapor etmişlerdir.

Tuzlu-sodik toprak örneklerinde % kireç ($CaCO_3$) içeriğine etkisi Şekil 4.6' da verilmiştir.



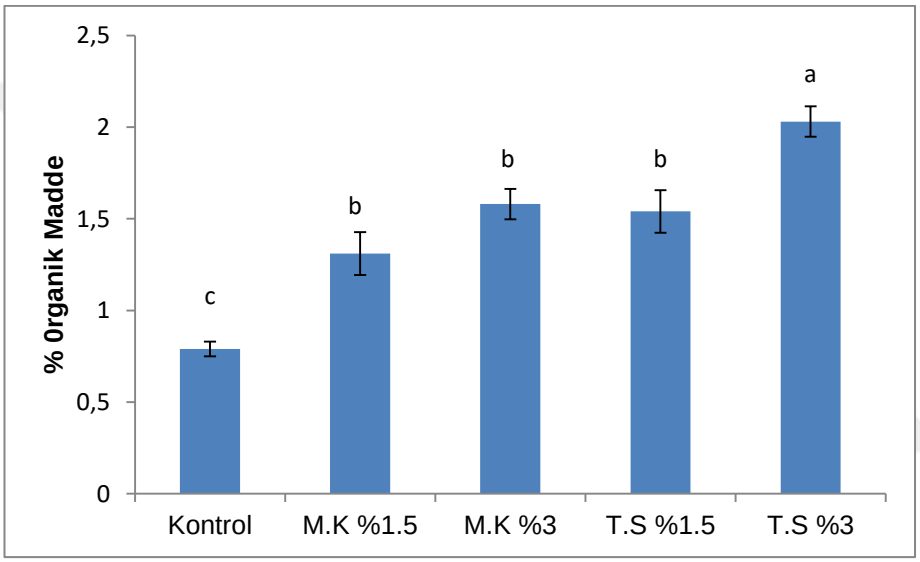
Şekil 4.6. Tuzlu-sodik toprakta % kireç ($CaCO_3$) analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının tuzlu-sodik topraklardaki kireç içeriğine baktığımızda, kontrol uygulamasında kireç içeriği % 45.03 iken, MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla kireç içeriği sırasıyla % 6.32 ve % 0.8 oranında artmıştır. En yüksek kireç içeriğine MK % 1.5 uygulamasında rastlanmış olup MK % 1.5 uygulamasından kaynaklı bu artma istatistiki anlamda önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise kontrol uygulamasında kireç içeriği % 45.03 iken TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla kireç içeriği sırasıyla % 1.11 ve % 1.17 oranında azalmıştır. Araştırma sonuçları kontrol ile kıyaslandığında istatistiki anlamda önemli farklılığın bulunmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Kireç miktarındaki bu minimal azalmanın nedeni tuzlu-sodik topraklarda pH değerindeki azalmadan kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 4.2).

4.3. Topraktaki Organik Madde Analiz Sonuçları

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan % organik madde analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal ve Tuzlu-sodik topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, normal toprak örneklerinde % organik madde miktarı analiz sonuçları Şekil 4.7' de verilmiştir.



Şekil 4.7. Normal toprak % organik madde analiz sonuçları.

Çalışmada, normal toprak koşullarında kontrol uygulamasında organik madde içeriği % 0.79 iken, MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 65.82 ve % 100 oranında artmıştır, MK uygulamalarındaki artış istatistiki anlamda önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise kontrol uygulamasında organik madde içeriği % 0.79 iken TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 94.93 ve % 156.96 oranında artmıştır. Bu artışlar istatistiksel anlamda önemli bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

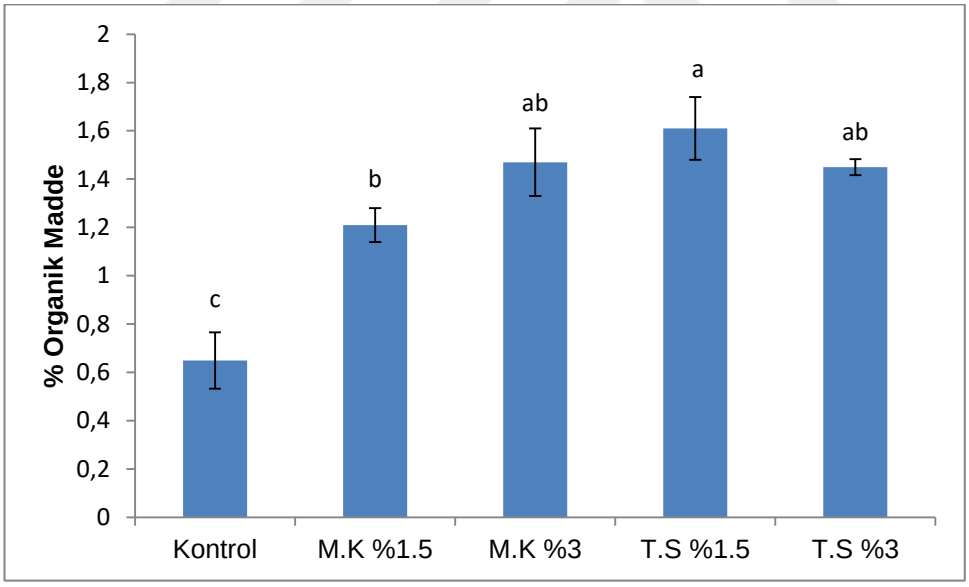
Ülgen ve Yurtsever 1995, yapılan çalışmada toprakların organik madde içerikleri bakımından sınıflandırılması Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprağın organik madde içeriği bakımından sınıflandırılması.

% Organik Madde Miktarı	Değerlendirme
<1.0	Çok az
1.0-2.0	Az
2.0-3.0	Orta
3.0-4.0	İyi
>4	Yüksek

Normal topraklarda MK uygulanan denemede her iki doz için organik madde içeriği çok az' dan az' a yükselerek organik madde miktarını artmıştır. Tütün sapı uyguladığımız denemede TS % 1.5 dozunda çok az' dan az' a, TS % 3 dozunda ise çok az' dan orta seviyeye yükselmiştir.

Tuzlu-sodik toprak koşullarında % organik madde miktarı analiz sonuçları Şekil 4.8' de verilmiştir.



Şekil 4.8. Tuzlu-sodik toprak % organik madde analiz sonuçları.

Çalışmada, tuzlu-sodik toprak koşullarında organik madde içeriği kontrol uygulamasında % 0.65 iken, MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 86.15 ve % 126.1 oranında artmıştır. En yüksek organik madde içeriğine MK % 3 uygulamasında rastlanmış olup MK uygulamalarından kaynaklı bu artış istatistiki anlamda farklılık olduğu görülmüştür. ($P<0.05$). Tütün sapı

biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise kontrol uygulamasında organik madde içeriği % 0.65 iken TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla organik madde içeriğini % 147.69 ve % 123.07 oranında artmıştır. Bu artış istatistiksel anlamda önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). En yüksek OM içeriğine TS % 1.5 uygulamasında rastlanmıştır. Uygulanan TS biyokömürünün dozu artmasına ragmen OM miktarı artmamaktadır.

Tuzlu-sodik Topraklarda MK uyguladığımız denemede OM içeriği çok az' dan az' a yükselmiş, TS uyguladığımız denemede ise OM içeriği çok az' dan az' a yükselerek OM miktarı artmıştır. Fakat TS % 1.5 dozunda maksimum seviyede olmuştur. Araştırma sonuçlarına göre MK uygulamasında uygulanan biyokömür dozu arttıkça OM miktarı artarken, TS uygulamasında uygulanan biyokömür dozu OM' yi arttırır fakat doz arttıkça MK'nın aksine azalmaktadır. Organik madde miktarının artışı kullanılan biyokömür materyaline bağlıdır. Organik madde miktarının artmasının sebebi uygulanan biyokömür yapılarının yüksek miktarda karbon içermelerinden kaynaklanmaktadır (Çizelge 3.1).

Araştırma sonuçları göstermiştir ki OM miktarları normal toprakta daha az bulunmaktadır bunun nedeni ise normal toprak koşullarında organik maddenin daha fazla mineralize olup organik madde miktarını düşürmesinden kaynaklanmaktadır. Tuzlu-sodik toprakta ise toprak koşullarının daha kötü olması ve buna bağlı olarak mineralizayonun daha düşük olmasından dolayı OM' nin daha az çözünmesiyle topraktaki miktarının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

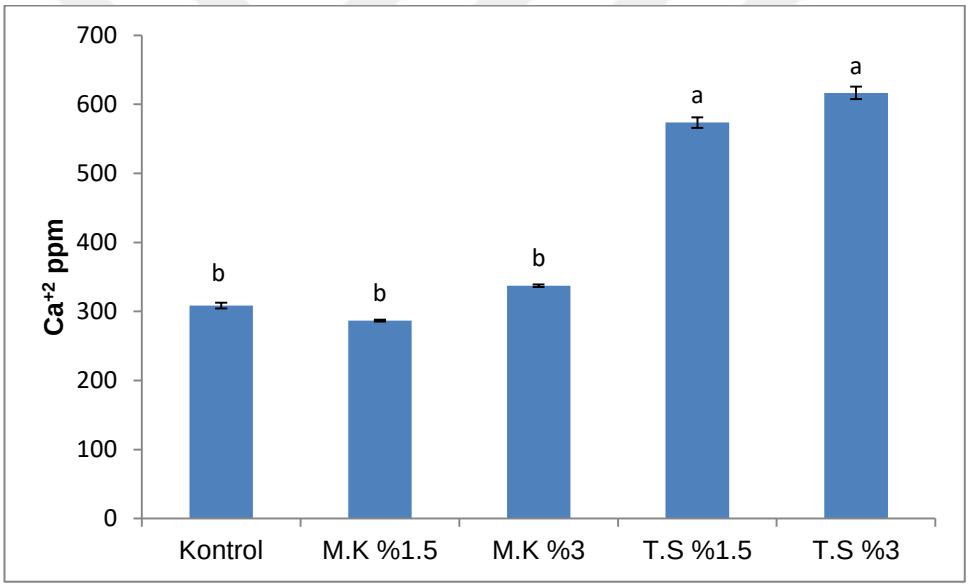
Biyokömürler içyapısında zengin karbon içeriğine sahip olması nedeniyle atmosferdeki karbonu toprak bünyesine hapsederek uzun yıllar boyunca bünyesinde kalmasını sağlar (Lehmann ve Joseph, 2009; Verheijen ve ark., 2009). Biyokömür toprağa karıştırıldığında toprak OM içeriği çoğalmaktadır (Warnock ve ark., 2007; Steiner ve ark., 2008). Bu bağlamda araştırma sonuçlarımız önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Biyokömürün hangi materyalinin organik madde içeriğindeki artışta daha etkili olduğu da göz ardı edilmemelidir.

4.4. Çözünebilir Katyonlar (ÇK: Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^{+}, Na^{+})

4.4.1. Çözünebilir katyon Ca+2 analiz sonuçları

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan çözülebilir katyon Ca^{+2} analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, Ca^{+2} analiz sonuçları Şekil 4.9' da verilmiştir.



Şekil 4.9. Normal toprak Ca^{+2} analiz sonuçları.

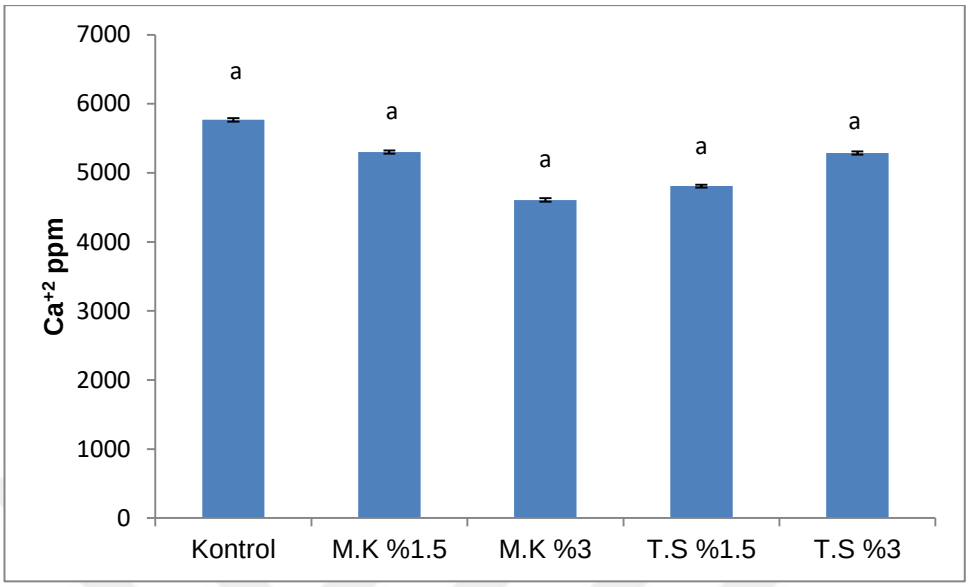
Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının normal topraklardaki Ca^{+2} içeriğine etkisine baktığımızda, normal toprak koşullarında kontrol uygulamasında Ca^{+2} içeriği 308.7 ppm iken, MK % 1.5 dozunda % 7.15 azalmış, MK % 3 uygulamasında ise % 9.26 artmıştır. Bu artma ya da azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış olup, biyokömür dozları kıyaslamasında istatistiki anlamda farklılık bulunmamaktadır ($P>0.05$).

Çalışmada yapılan uygulamalar sonucunda Ca^{+2} içeriğinin zamanla azalmaya başlaması bitki köklerinin derinlerine inildikçe toprak pH' sını düşürmesine bağlı olarak topraktaki kök solunumu sonucu CO_2 miktarının artması, $CaCO_3$ ve türevlerinin çözünürlüğünün artması ile bitkiye yarayışlı hale gelmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (bitkinin kalsiyumu bünyesine alması).

Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise kontrole kıyasla sırasıyla TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 86 ve % 100 oranında artmış olup, bu artışlar kontrol ile kıyaslandığında istatistiki anlamda anlamlı farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Bunun sebebi TS biyokömürünün uygulandığı topraklarda pH değeri (Şekil 4.5) azalmış olup, EC değeri (Şekil 4.6) artmıştır. Bu değişimler kireç oranının düşmesine neden olmuş. Böylece toprak çözeltisine kalsiyumun geçişi olmuştur.

Organik maddesi ile verimlilikleri düşük olan Ultisol' lere fıstığın kabukları ile çam ağaçları atıkları ile üretilen biyokömür materyalinin uygulanması yapılmış olup, topraktaki besin elementi içeriğinin mısır bitkisine etkisi iki yetiştirme sezonu boyunca araştırılmıştır. Gaskin ve ark., (2010) tarafından, biyokömürün farklı dozlarını 0, 11 ile 22 Mg ha-1 kullanarak N' lu ve N' suz gübre kullanılarak uygulanmış. Çalışmada, çam biyokömürünün dozu arttıkça toprak pH' sında düşüş ve Ca' un yarayışlılığını arttırdığı görülmüştür. Bu bağlamda sonuçlarımız önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Tuzlu-sodik toprak örneklerin de Ca^{+2} içeriğine etkisi Şekil 4.10' da verilmiştir.



Şekil 4.10. Tuzlu-sodik toprak Ca^{+2} analiz sonuçları.

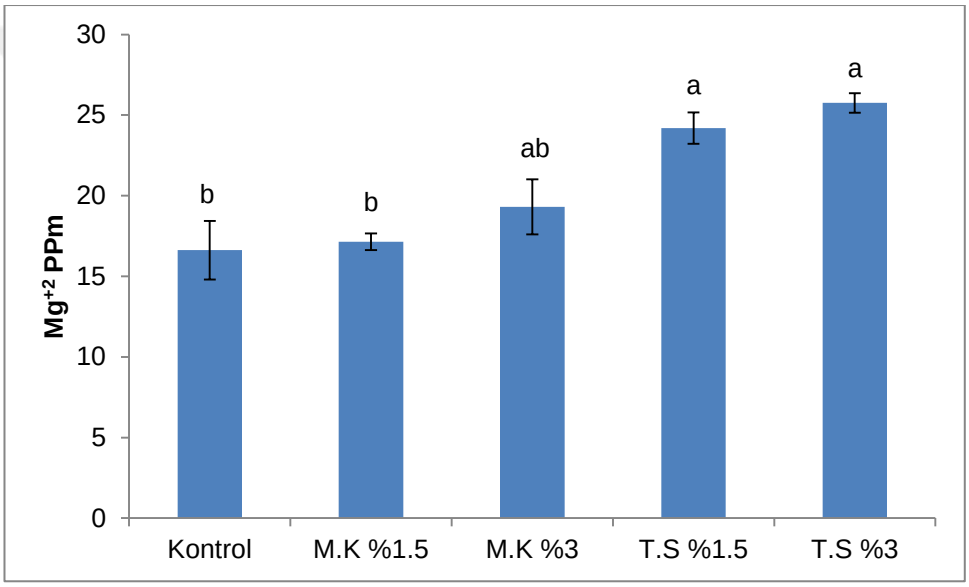
Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının tuzlu-sodik topraklardaki Ca^{+2} içeriğine etkisine baktığımızda, tuzlu-sodik toprak koşullarında kontrol uygulamasında Ca^{+2} içeriği 5768 ppm iken, MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 8.07 ve % 20.14 oranında azalmıştır. Uygulamalar kontrol ile kıyaslandığında istatistiki anlamda farklılık görülmemektedir ($p>0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise kontrole kıyasla sırasıyla TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 16.60 ve % 8.32 oranında düşmüş ve bu düşüş istatistiki anlamda farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Biyokömürlerin kendine has özel bir yüzey alanı, gözeneklik, KDK, toprakta bulunan çözülebilir katyonların miktarını azaltmaktadır (Pühringer, 2016). Dolayısıyla biyokömür uygulamaları belirli bir doza kadar toprakta bulunan çözülebilir kalsiyumun miktarını azaltma (biyokömürün iyonları absorbe etme özelliği) potansiyeli bulunmaktadır. Bu durum çalışmadaki tuzlu-sodik topraklardaki çözülebilir Ca^{+2} miktarının kontrole oranla nispeten istatistiksel olarak anlamlı olmasada azalmasını açıklar niteliktedir.

4.4.2. Çözünebilir katyon Mg^{+2} analiz sonuçları

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan çözülebilir katyon Mg^{+2} analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, Mg^{+2} analiz sonuçları Şekil 4.11' de verilmiştir.

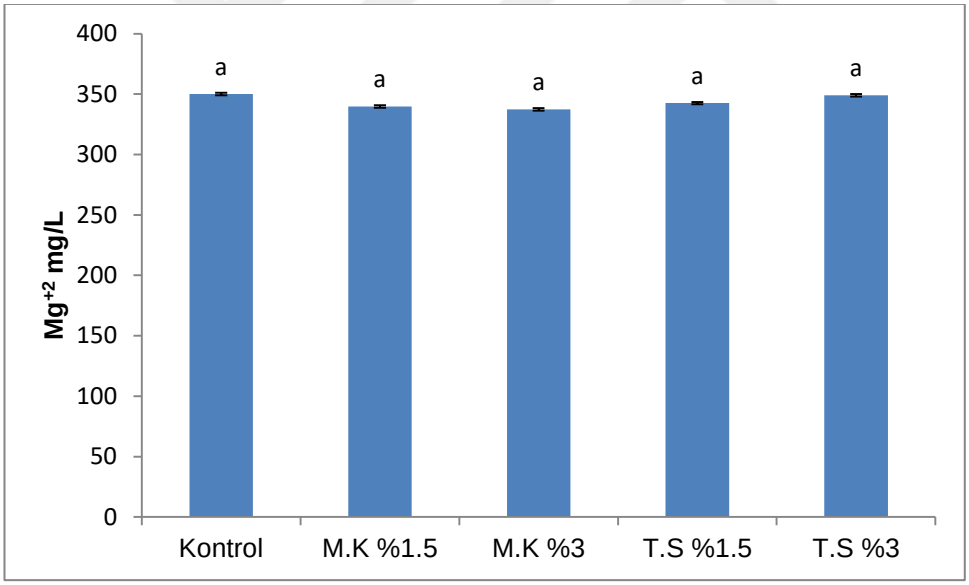


Şekil 4.11. Normal toprakta Mg^{+2} analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının normal topraklardaki Mg^{+2} içeriğine etkisine baktığımızda, kontrol uygulamasında Mg^{+2} içeriği 16.62 ppm iken, mısır koçanı biyokömürünün uygulandığı çalışmada MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 3.12 ve % 16.18 oranında yükselmiş ve bu yükselmeler istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise kontrole kıyasla TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 45.60 ve % 54.99 oranında artmıştır. Deneme sonuçlarına göre TS biyokömürünün uygulandığı örnekler, kontrol ve MK ile kıyaslandığında, uygulamalar arasında istatistiki anlamda farklılık bulunduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

Magnezyumun topraktan alınımı ortamda bulunan diğer iyonlarla doğrudan ilişkilidir. Ortamda K^+ ile NH_4 iyonlarının fazla miktarda bulunması (antagonizm) Mg alımını olumsuz etkilemektedir. Deneme sonuçlarına göre (Şekil 4.13) K^+ miktarı normal toprak TS uygulamasında maksimum seviyede olmuştur böylece ortamdaki K^+ iyonu Mg^{+2} iyonunun alınmasını engellendiği düşünülmektedir. Aktaş ve Ateş (1998)' e göre, toprakta yeterli düzeyde Mg bulunsa dahi bitkide Mg noksanlıkları görülebilmektedir. Bunun nedeni toprağın çözeltisin de yüksek oranda bulunan H, K, Ca ve amonyum iyonlarının magnezyumun alımını kısıtlayarak noksanlığa sebep olmasındandır. Böylece toprak çözeltisindeki magnezyum iyonları miktarı artmaktadır.

Tuzlu-sodik toprak örneklerinde Mg^{+2} içeriğine etkisi Şekil 4.12' de verilmiştir.



Şekil 4.12. Tuzlu-sodik toprakta Mg^{+2} analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının tuzlu-sodik topraklardaki Mg^{+2} içeriğine etkisine baktığımızda, kontrol uygulamasında Mg^{+2} içeriği 350.06 ppm iken, mısır koçanı biyokömürünün uygulandığı çalışmada MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 2.95 ve % 3.62 oranında, tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise kontrole kıyasla TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla

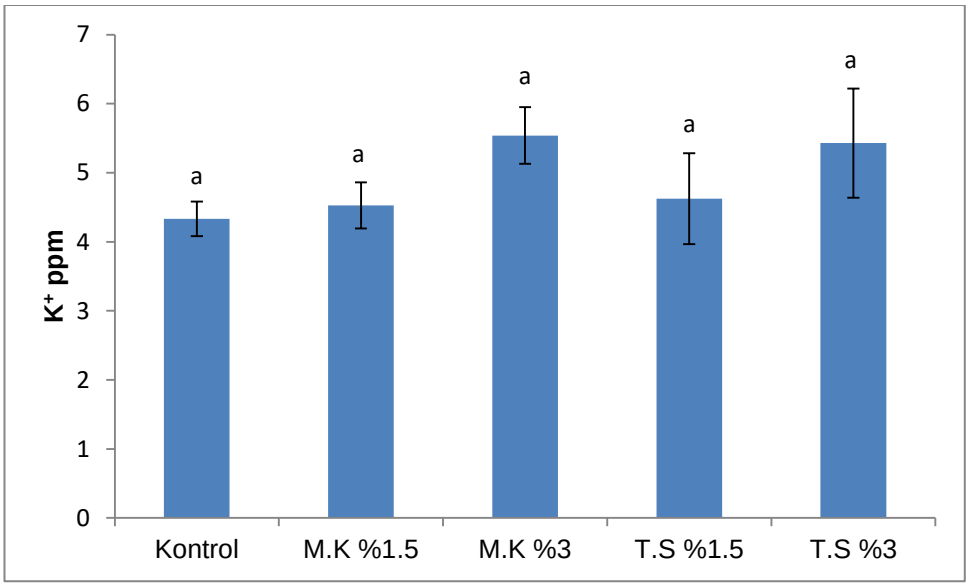
% 2.14 ve % 0.29 oranında azalmıştır. Uygulamalar kontrol ile kıyaslandığında istatistiki anlamda farklılık bulunmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

Çözülebilir magnezyumun azalmasının nedeni OM miktarındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 4.8). Organik maddenin artmasıyla beraber mineralizasyon artar böylece ortamdaki iyonlar toprak çözeltisine geçmiş olur, çözünen Mg iyonlarının bitki bünyesine alınarak topraktaki miktarı azaldığı düşünülmektedir.

4.4.3. Çözünebilir katyon K^+ analiz sonuçları

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan çözülebilir katyon K^+ analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerinin belirlenmesi amacı ile yapılan araştırmada, K^+ iyonunun analizi sonuçları Şekil 4.13' de verilmiştir.

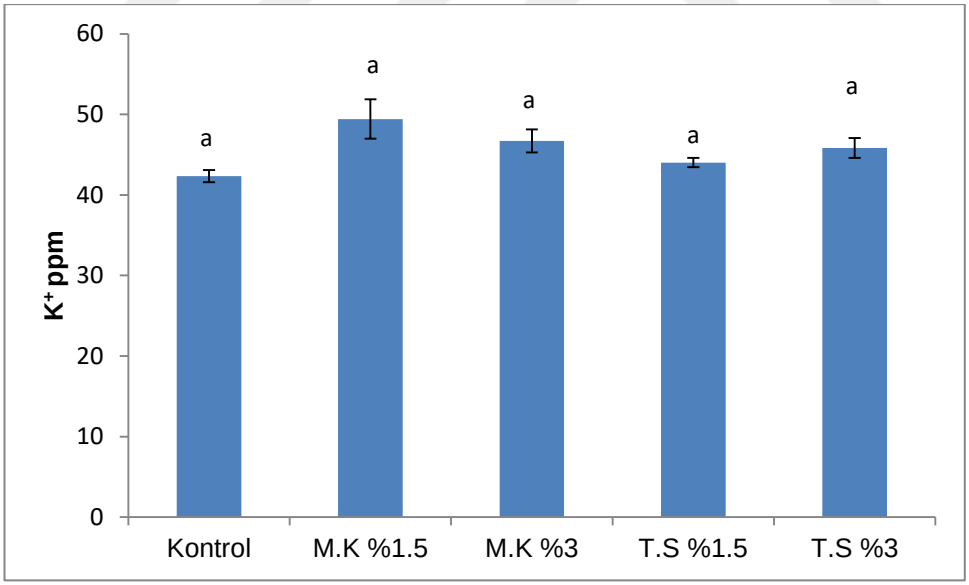


Şekil 4.13. Normal toprakta K^+ analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının normal topraklardaki K^+ içeriğine etkisine baktığımızda, kontrol uygulamasında K^+ içeriği 4.333 ppm iken, MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 4.41 ve % 27.94 oranında artmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise kontrole kıyasla sırasıyla TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 6.69 ve % 25.40 oranında artmış olup bu artışlar istatistiki anlamda farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p>0.05$).

Bitkilerin potasyum alımında ortamda bulunan diğer iyonların etkisi oldukça fazladır. Potasyum alımında Ca ve Mg' un karşılıklı ilişkileri etkili olmaktadır. Toprak çözeltisinde fazla miktarda bulunan Ca ve Mg bitkiler tarafından potasyum alımının düşmesine neden olmaktadır. Normal toprak koşullarında Ca (Şekil 4.9) ve Mg (Şekil 4.11) iyonlarının miktarı oldukça yüksek olmasından dolayı K iyonunu istatiksel olmasada kontrole kıyasla daha fazla bulunmasını açıklar niteliktedir.

Tuzlu-sodik topraklar da K^+ analiz sonuçları Şekil 4.14' de verilmiştir.



Şekil 4.14. Tuzlu-sodik toprakta K^+ analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının tuzlu-sodik topraklardaki K^+ içeriğine etkisine baktığımızda, tuzlu-sodik toprak koşullarında kontrol uygulamasında K^+ içeriği 42.33 ppm iken, mısır koçanı biyokömürünün uygulandığı çalışmada MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 16.77 ve % 10.34

oranında, tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise kontrole kıyasla TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 3.96 ve % 8.29 oranında artmıştır. Kontrol uygulaması biyokömür dozları ve uygulanan biyokömür dozları karşılaştırıldığında istatistiki anlamda farklı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

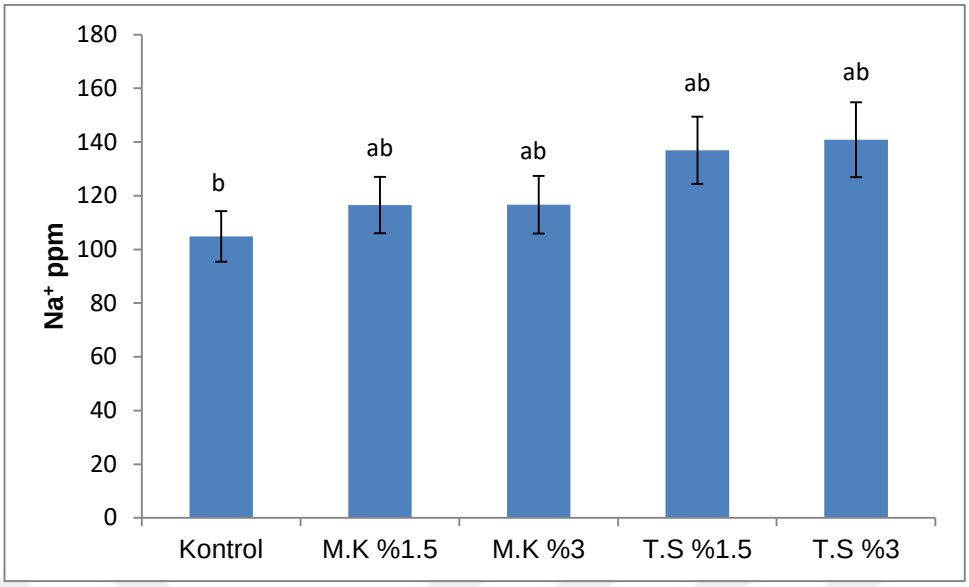
Deneme sonucunda tuzlu-sodik topraklarda çözülebilir iyonlardan Ca^{+2} (Şekil 4.10) ve Mg^{+2} (Şekil 4.12) kontrol ile kıyaslandığında iyonların toprak çözeltisindeki miktarı düşmüştür. Böylece iyonların bitkiler tarfından alınımı artmıştır. Fakat çözülebilir K^+ iyonunun miktarı artmıştır. Bu durum iyonların antagonistik etkisi ile açıklanıp, çözülebilir K^+ iyonu oranının artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Kurak bölge topraklarında kalsiyumun fazla bulunması (Şekil 4.9) özellikle mikro besin elementlerinin ve bazı makro besin maddelerinin bitkilerce bünyeye alınımında antagonizm etki yapılmaktadır. Böylece toprakta ihtiyaçtan fazla kalsiyumun bulunduğu durumlarda potasyumun, demirin, fosforun ve diğer besin elementleri bitkilerin faydalanamayacağı forma dönüşür (Aktaş ve Ateş, 1998; Boşgelmez ve ark., 2001). Bu bağlamda araştırma sonuçlarımız önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

4.4.4. Çözünebilir katyon Na^+ analiz sonuçları

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan çözülebilir katyon Na^+ analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini incelemek amacı ile yapılan araştırmada, Na^+ iyon analizi sonuçları Şekil 4.15' de verilmiştir.

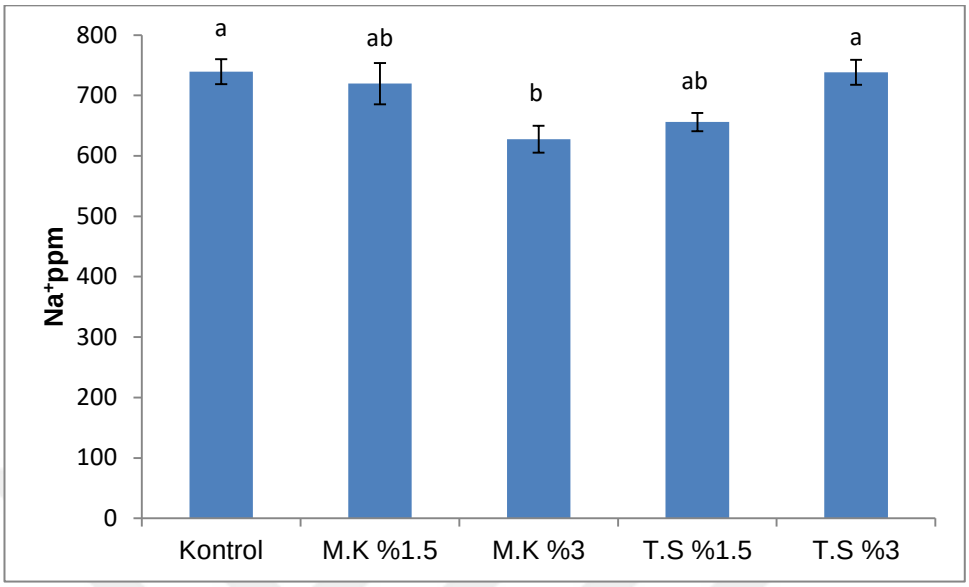


Şekil 4.15. Normal toprakta Na^+ analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının normal topraklardaki Na^+ içeriğine etkisine baktığımızda, kontrol uygulamasında Na^+ içeriği 104.81 ppm iken, MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 11.18 ve % 11.30 oranında artmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise kontrole kıyasla sırasıyla TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 30.62 ve % 34.84 artmıştır.

Kontrol uygulaması biyokömür dozları ve uygulanan biyokömür dozları karşılaştırıldığında istatistiki anlamda farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). Deneme sonucu incelendiğinde normal toprak koşullarında analizi yapılan (Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^+ ve Na^+) çözülebilir katyonların tamamının miktarı artmıştır. Ortamda bulunan katyonlar antagonistik etki yaparak bitkiler tarafından bu besin elementlerinin alınımını sınırlandırmaktadır. Böylece ÇNa^+ topraktaki miktarı artmıştır.

Tuzlu-sodik topraklarda Na^+ analiz sonuçları Şekil 4.16' de verilmiştir.



Şekil 4.16. Tuzlu-sodik toprakta Na^+ analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının tuzlu-sodik topraklardaki Na^+ içeriğine etkisine baktığımızda, kontrol uygulamasında Na^+ içeriği 739.33 ppm iken, MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 2.66 ve % 15.13 oranında azalmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise kontrole kıyasla TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 11.25 ve % 0.13 oranında azalmıştır. Kontrol uygulaması biyokömür dozları ve uygulanan biyokömür dozları karşılaştırıldığında Na^+ iyonları bakımından istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık yalnızca MK % 3 uygulamasında görülmüş olup ($p<0.05$), kalan diğer uygulamalarda farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

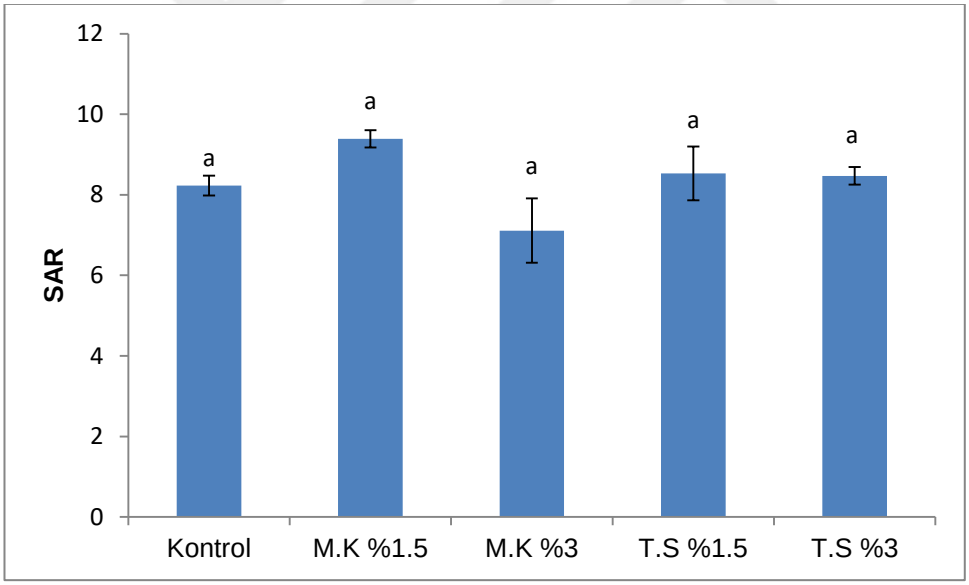
Biyokömürün sahip olduğu, katyon değişim kapasitesi toprakta bulunan çözülebilir katyonların miktarını azaltmaktadır (Pühringer, 2016). Belirli bir doza kadar biyokömür uygulamaları topraktaki çözülebilir sodyum miktarını azaltma (biyokömürün iyonları absorbe etme özelliği) potansiyeli bulunmaktadır. Bu durum çalışmadaki tuzlu-sodik topraklardaki çözülebilir Na^+ miktarının kontrole oranla azalmasını açıklar niteliktedir. Ya da çözülebilir sodyumun azalmasının nedeni OM miktarındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 4.8). Organik maddenin

artmasıyla beraber mineralizasyon artar böylece ortamdaki iyonlar toprak çözeltisine geçmiş olur, çözünen Na^+ iyonlarının bitki bünyesine alınarak topraktaki miktarı azaldığı düşünülmektedir.

4.5. Sodyum Absorbsiyon Oranı (SAR) Analiz Sonuçları

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde sodyum absorbsiyon oranı analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini incelemek amacı ile yapılan araştırmada, SAR değeri analizi sonuçları Şekil 4.17' de verilmiştir.



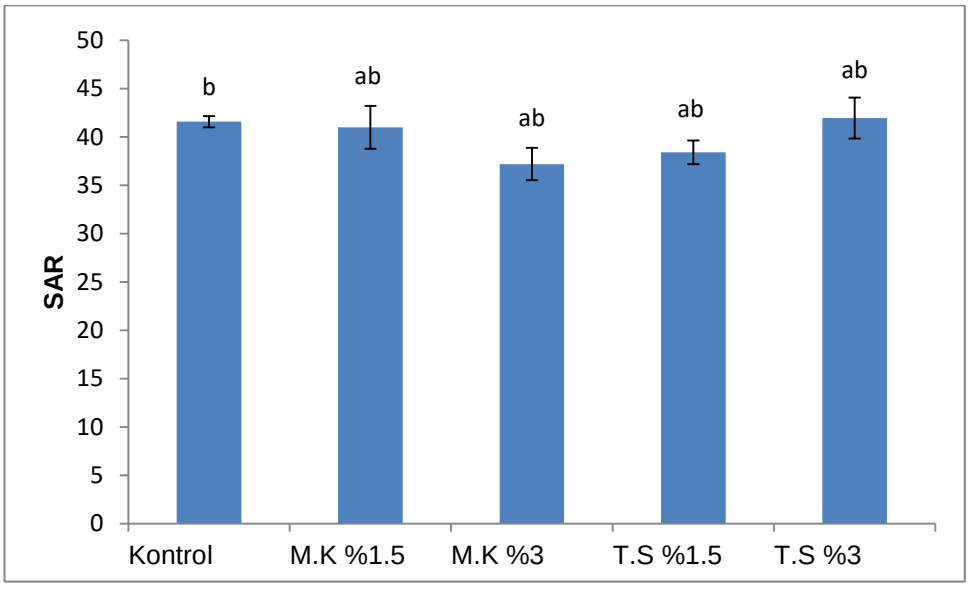
Şekil 4.17. Normal toprakta SAR değeri analiz sonuçları.

Sodyum absorbsiyon oranı, sulama suyu ve toprak ekstraktlarındaki Na^+ katyonlarının, katyon değişim tepkimesinin göreceli aktvitesidir. Birçok toprakta Ca^{+2} diğer iyonlardan daha fazla absorbe edilirken, tuz etkisinde kalan topraklarda Na^+ değeri oldukça yüksektir. Normal topraklardaki SAR değerine baktığımızda, kontrol uygulamasında SAR değeri % 14.09 mg/L iken, MK % 1.5 uygulamasında %

14.09 oranında artmış fakat MK % 3 uygulamasında ise % 13.60 oranında azalmış olup her iki durumda da kontrol ile kıyaslandığında istatistiki anlamda farklılık bulunmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı topraklarda ise TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 3.64 ve % 0.72 oranında artmıştır. Kontrol ile artan dozlarda biyokömür uygulamaları kıyaslandığında hem kontrol ile hem de dozlar kendi aralarında istatistiki olarak anlamlı derecede farklılık olmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

Deneme sonuçlarına göre normal toprak koşullarında $ÇNa^+$ MK % 1.5 uygulamasında artıp MK % 3 dozunda azalmasının nedeni çözülebilir Na oranının Ca ile antagonistik etkisi olarak düşünülebilir. Normal toprak koşullarında Ca miktarı MK % 1.5 dozunda azalırken, % 3 dozunda artmıştır (Şekil 4.9). Böylece Na oranı Ca' nın tersi reaksiyon göstermiştir. Buna bağlı olarak istatistiksel olmasada bir farklılık olmasının nedeni iyonların karşılıklı etkileşimleri olduğu düşünülmektedir.

Tuzlu-sodik topraklar da Sodyum absorbsiyon oranı analiz sonuçları Şekil 4.18' de verilmiştir.



Şekil 4.18. Tuzlu-sodik toprakta SAR değeri analiz sonuçları.

Sodyum absorbsiyon oranı, sulama suyu ve toprak ekstraktlarındaki Na^+ katyonlarının, katyon değişim tepkimesinin göreceli aktvitesidir. Birçok toprakta

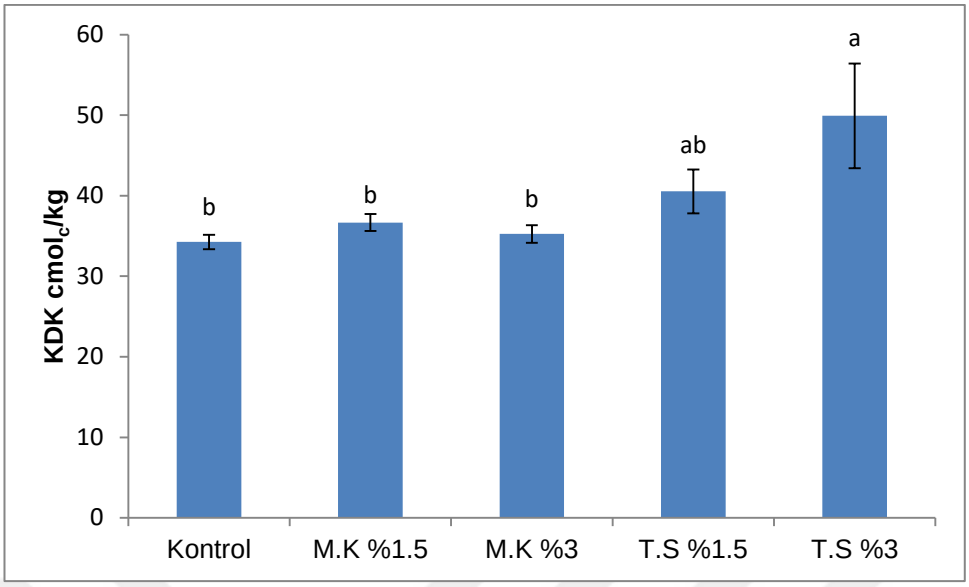
Ca^{+2} diğer iyonlardan daha fazla absorbe edilirken, tuz etkisinde kalan topraklar da Na^{+} değeri oldukça yüksektir. Tuzlu-sodik topraklarda SAR değeri 41.59 iken, MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 1.41 ve % 10.55 oranında azalmıştır. Bu azalmalar kontrol ile kıyaslanınca istatistiki anlamda farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise TS % 1.5 uygulamasında % 7.62 oranında azalmış olasına rağmen istatistiksel anlamda farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Fakat TS % 3 uygulamasında ise % 0.86 oranında artmıştır. Bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P>0.05$).

Deneme sonuçlarına göre, yalnızca TS % 3 uygulamasında SAR değerinde artış olmuştur. İstatistiksel olmasa da ($p>0.05$) bu artışın nedeni tuzlu-sodik toprak koşullarında TS % 3 uygulamasında, Ca^{+2} (Şekil 4.10) ve Mg^{+2} (Şekil 4.12) iyonlarının miktarı azalırken, Na^{+} (Şekil 4.16) iyonunun miktarı maksimum seviyede olmuştur. Buna bağlı olarak SAR değeri artmıştır.

4.6. Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) Analiz Sonuçları (me/100g)

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde katyon değişim kapasitesi analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, KDK analiz sonuçları Şekil 4.19' da verilmiştir.



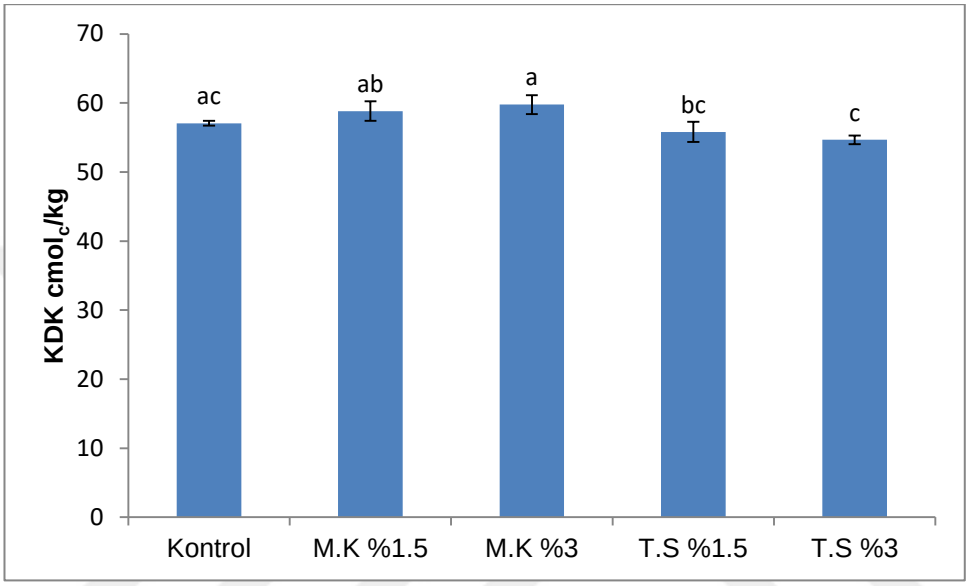
Şekil 4.19. Normal toprakta KDK değeri analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının normal topraklardaki KDK değerine baktığımızda, kontrol uygulamasında KDK değeri 34.26 $cmol_c$/kg iken, MK % 1.5 ve 3 dozunda konrole kıyasla sırasıyla % 7 ve % 2.88 artmıştır. Uygulanan biyokömür dozu kontrol ile kıyaslanınca istatistiki olarak farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı denemede ise % 1.5 dozunda % 18.33 artmış olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken ($p>0.05$), TS % 3 dozunda ise % 45.70 artmıştır. Uygulanan biyokömür dozu kontrol ile kıyaslandığında istatistiki anlamda farklı olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Deneme sonuçlarına göre KDK değeri normal toprak koşularında her iki biyokömür dozunda da artmıştır. Uygulanan biyokömürün organik bir materyal olması nedeni ile inorganiklere oranla çok daha fazla KDK değerinde artışa neden olduğu görülmektedir. Biyokömürün miktarının ve yüzey alanın artması sonucunda uygulanan toprakların KDK değerinde farklılığa sebep olduğu görülmüştür (Jeffery ve ark., 2001). Fakat istatistiksel olarak yalnızca TS % 3 uygulamasında anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Mısır koçanı uygulamalarında KDK değerinin yüksek oranda artmamasının nedeni normal toprak koşullarında kireç içeriği MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 11.72 ve % 35.76 artmış (Şekil 4.5). Buna bağlı olarak

OM miktarı artmış olsa bile ortamdaki yüksek kireçten dolayı KDK değerinde artış olmamıştır.

Tuzlu-sodik topraklarda katyon değişim kapasitesi değeri analiz sonuçları Şekil 4.20' de verilmiştir.



Şekil 4.20. Tuzlu-sodik toprakta SAR değeri analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının tuzlu-sodik topraklardaki KDK değerine etkisine baktığımızda, kontrol uygulamasında KDK değeri 57.05 cmol$_c$/kg iken, MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 3.10 ve % 4.75 artmıştır. Fakat tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise kontrole kıyasla sırasıyla TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 2.17 ve % 4.18 azalmıştır. Kontrol uygulaması biyokömür dozları ile karşılaştırıldığında istatistiki anlamda farklılığın bulunmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$).

Deneme sonucu incelendiğinde KDK değeri MK uygulamalarında artmış olup, TS uygulamalarında azalması EC ve OM madde ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Organik madde miktarı arttıkça KDK değeri artmaktadır. Tütün sapının uygulandığı durumda ise, EC değerinin azalmasından kaynaklanarak KDK değerinde azalma meydana gelmiştir. Elektriksel iletkenliğin düşük olması iyonların hareketini

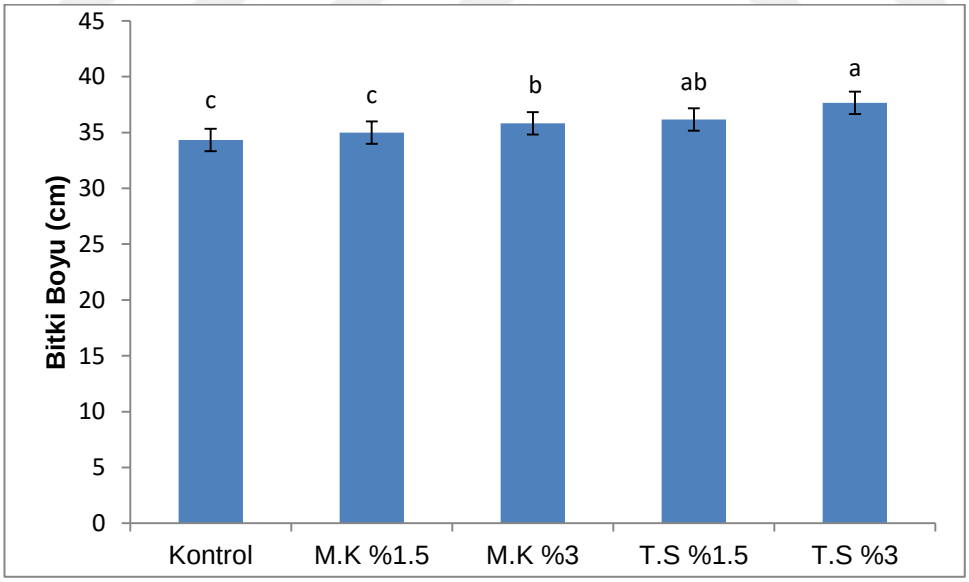
sınırlandırarak istatistiksel derecede anlamlı olmasa da ($p>0.05$), KDK değerinin düşmesine neden olmuştur. Katyon değişim kapasitesindeki bu değişimlerin OM miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Biyokömürün miktarının ve yüzey alanın artması sonucunda uygulanan toprakların KDK değerinde farklılığa sebep olduğu belirlenmiştir (Jeffery ve ark., 2001).

4.7. Bitki Ölçüm ve Analizleri

4.7.1. Bitki boy ölçümü (cm) analiz sonuçları

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan bitki boyu analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, bitki boyu analiz sonuçları Şekil 4.21' de verilmiştir.

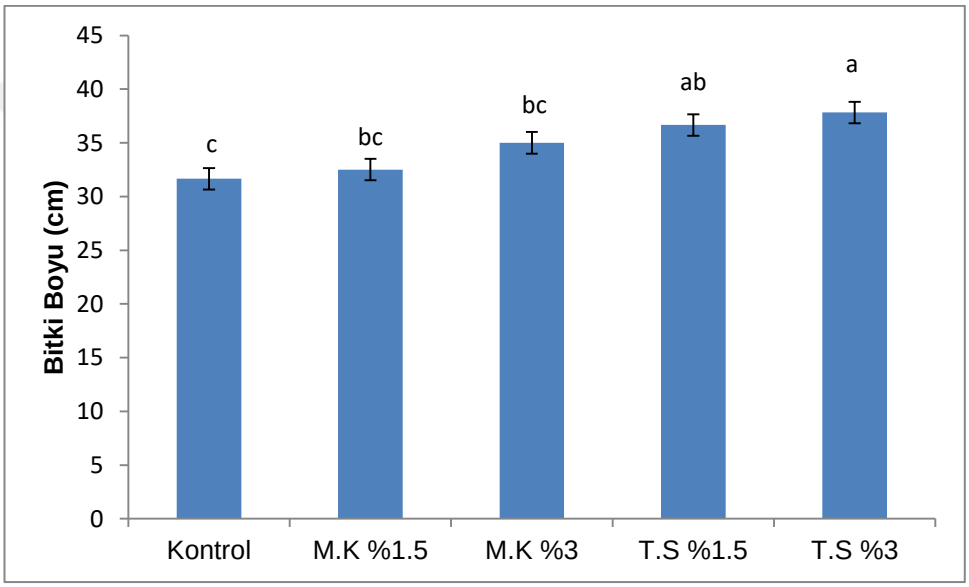


Şekil 4.21. Normal toprakta bitki boyu (cm) analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının normal topraklardaki bitki boyu analiz sonuçlarına baktığımızda, kontrol uygulamasında bitki boyu 34.33 cm iken,

MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 1.95 ve % 4.36 artmıştır. Fakat istatistiksel olarak yalnızca MK % 3 uygulamasında anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise konrole kıyasla sırasıyla TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında % 5.53 ve % 9.69 artmıştır. Tütün sapı uygulamalarındaki bu değişim istatistiki anlamda farklı olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Tuzlu-sodik toprak koşullarında bitki boyu (cm) ölçüm sonuçları Şekil 4.22' de verilmiştir.



Şekil 4.22. Tuzlu-sodik toprakta bitki boyu (cm) analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının tuzlu-sodik topraklardaki bitki boyu 31.66 cm iken, MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 2.66 ve % 10.54 artmıştır. Uygulanan biyokömür dozları kontrol ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 15.79 ve % 19.48 artmıştır. Kontrol ile artan dozlarda biyokömür uygulamaları karşılaştırıldığında istatistiki anlamda farklılık bulunduğu görülmüştür ($p<0.05$).

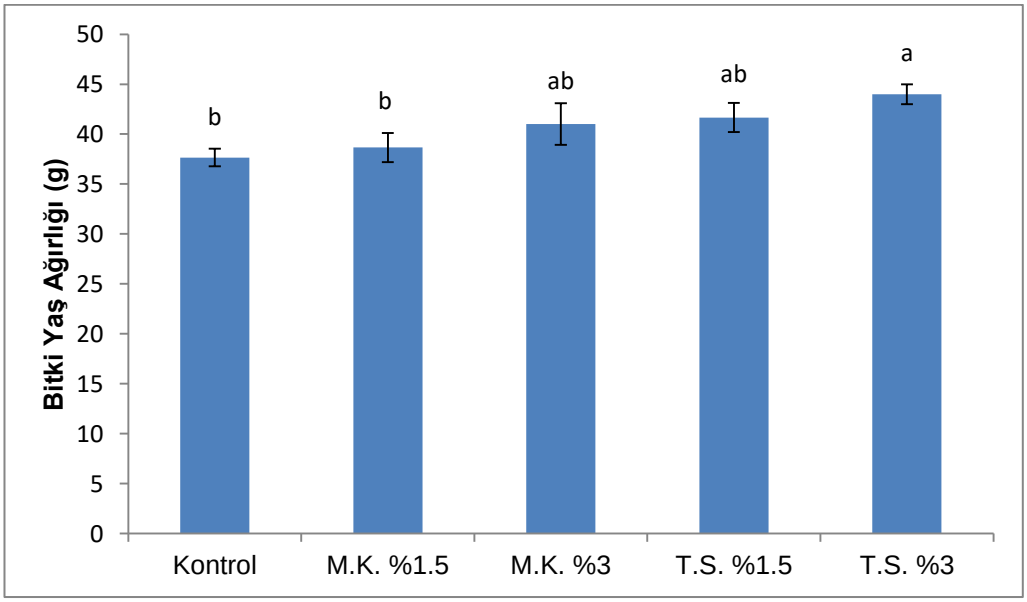
Araştırma sonuçlarına göre tüm deneme sonuçlarında uygulanan biyokömür (mısır koçanı ve tütün sapı) dozu arttıkça bitki boyundaki gelişim artmaktadır.

Uygulanan biyokömür dozları kıyaslandığında TS biyokömürünün MK biyokömürüne kıyasla bitki boyu daha fazla artmıştır. Bu artışın sebebi uygulanan biyokömür dozunun artmasıyla birlikte topraktaki OM miktarının da artması (Şekil 4.7 ve 4.8) ve mineralizasyonun daha fazla olması ile birlikte rizosfer bölgesinin daha aktif olarak gelişim göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunlara ilaveten biyokömürün topraktaki besin elementlerini absorbe edebilmesi (Oleszczuk ve ark., 2012) bitki gelişimine olumlu etkileri olarak bildirilmiştir. Bu bağlamda araştırma sonuçlarımız önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

4.7.2. Bitki yaş ağırlığı (g)

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan bitki yaş ağırlığı analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

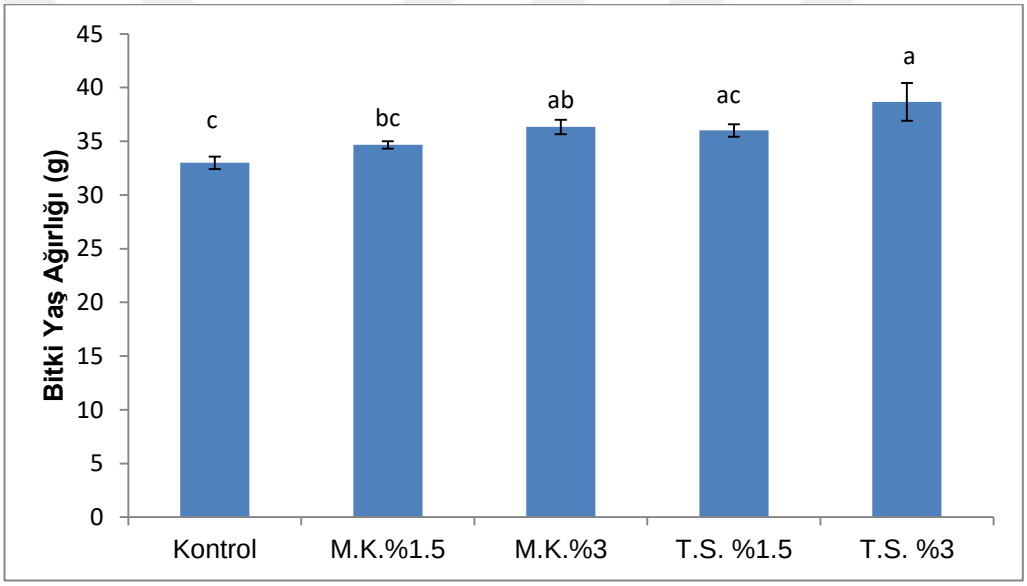
Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, bitki yaş ağırlığı analiz sonuçları Şekil 4.23' de verilmiştir.



Şekil 4.23. Normal toprakta bitki yaş ağırlığı (g) analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının topraklardaki bitki yeşil ağırlığına etkisine baktığımızda, normal toprak koşullarında kontrol uygulaması 37.66 g iken, MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 2.65 ve % 8.65, tütün sapı biyokömürünün uygulandığı denemelerde TS % 1.5 ve 3 uygulalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 10.62 ve % 16.83 artmıştır. Kontrol ile artan dozlarda biyokömür uygulamaları ve biyokömür dozları karşılaştırıldığında istatistiki anlamda yalnızca TS % 3 uygulamasında farklılık gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

Tuzlu-sodik toprak koşullarında bitki yaş ağırlığı analiz sonuçları Şekil 4.24' de verilmiştir.



Şekil 4. 24. Tuzlu-sodik toprakta bitki yaş ağırlığı (g) analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının topraklardaki bitki yaş ağırlığına etkisine baktığımızda, tuzlu-sodik toprak koşullarında kontrol uygulaması 33 gr iken, MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 5.03 ve % 10.09, TS biyokömürünün uygulandığı denemelerde TS % 1.5 ve 3 uygulalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 9.09 ve % 17.15 artmıştır.

Araştırma sonucuna göre yalnızca % 3 uygulamalarında istatistiki anlamda farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Diğer uygulamalarda ise anlamlı derecede

farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Araştırma sonuçlarına göre tüm deneme sonuçlarında uygulanan biyokömür dozu arttıkça, bitki yaş ağırlığı artmaktadır. Uygulanan biyokömür dozları kıyaslandığında TS biyokömürünün MK biyokömürüne kıyasla bitki yaş ağırlığını daha fazla arttırmıştır. Böylece % 3 uygulamalarındaki bu artışın nedeni, tuzlu-sodik toprak koşullarında % 3 uygulamalarında OM miktarının maksimum seviyede olup, istatistiksel olarak da anlamlı ($p<0.05$) bulunması, % 3 dozlarında bitki yaş ağırlığının anlamlı bulunmasını açıklar niteliktedir.

Özyavuz (2017) yaptığı çalışmada, tuzlu ve tuzsuz toprakta tütün sapı ve pamuk sapı biyokömür uygulamalarının patlıcan bitkisinin boyuna etkisi araştırılmıştır. TS uygulanan topraklarda (tuzsuz ve tuzlu-sodik) bitki boyunu arttırdığı fakat PS uygulanan denemede ise normal toprakta % 0.3 dozunda artış olmadığı fakat % 0.6 dozunda kontrole göre artış olduğu gözlemlenmiş olup tuzlu toprakta da bitki boyunu artmıştır.

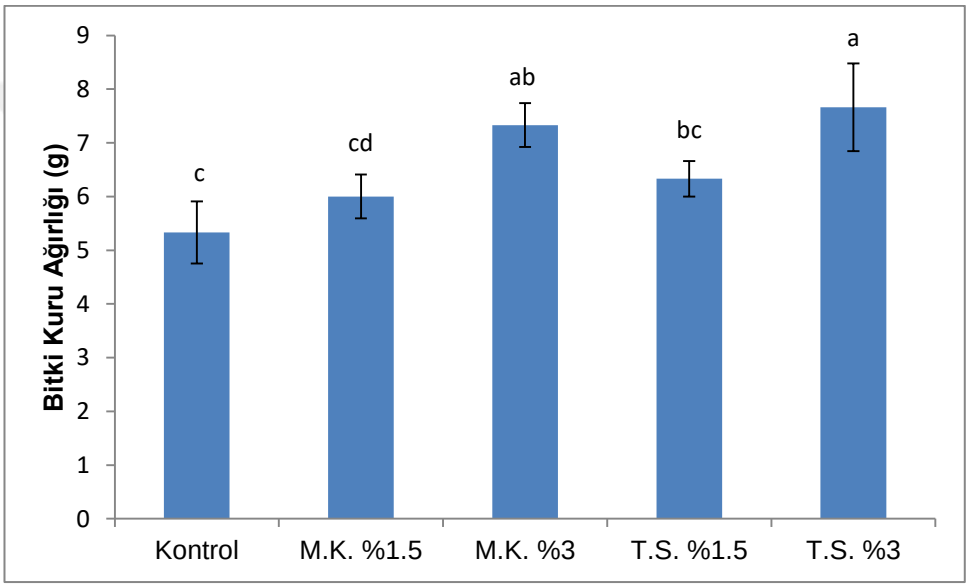
Deneme sonuçlarımıza göre normal toprak koşullarında bitki yaş ağırlığında anlamlı derecede farklılıklar olurken, tuzlu-sodik toprakta yalnızca % 3 uygulamalarında istatistiksel olarak bir fark gözlemlenmiştir. Bu bağlamda araştırma sonuçlarımız önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

Araştırma sonuçlarına göre tüm deneme sonuçlarında uygulanan biyokömür dozu arttıkça bitki yaş ağırlığı artmaktadır. Bu artışın sebebi uygulanan biyokömür dozunun artmasıyla birlikte topraktaki OM miktarının da artması (Şekil 4.7 ve 4.8) ve mineralizasyonun daha fazla olması ile birlikte rizosfer bölgesinin daha aktif olarak gelişim göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunlara ilaveten biyokömürün topraktaki besin elementlerini absorbe edebilmesi (Oleszczuk ve ark., 2012) bitki gelişimine olumlu etkileri olarak bildirilmiştir.

4.7.3. Bitki kuru ağırlığı (g)

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan bitki kuru ağırlığı analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, bitki kuru ağırlığı analiz sonuçları şekil 4.25' de verilmiştir.

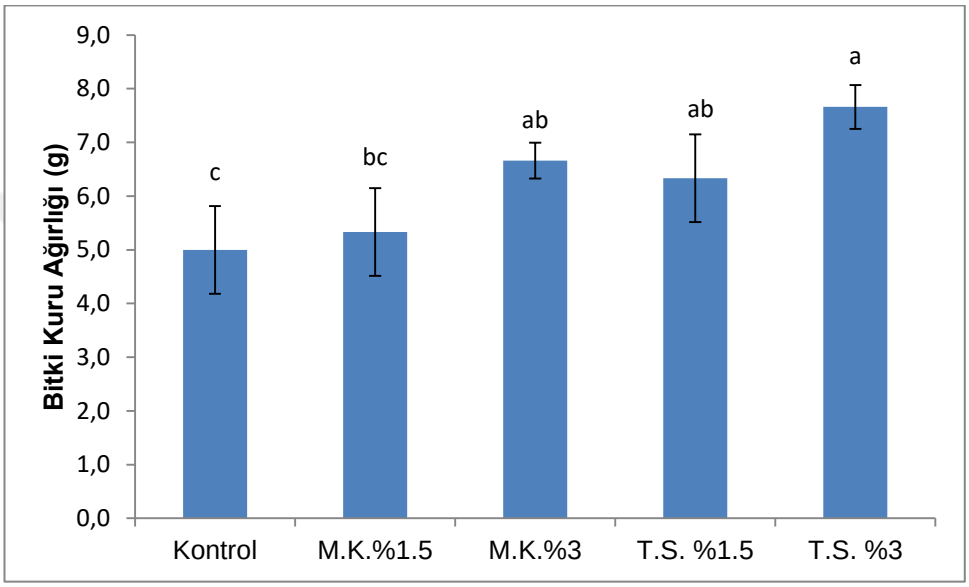


Şekil 4.25. Normal toprakta bitki kuru ağırlığı analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının normal topraklardaki bitki yeşil ağırlığına etkisine baktığımızda, kontrol uygulaması 5 g iken, MK % 1.5 dozunda % 12.57 g artmış bu artış istatistiki bakımdan anlamlı derecede farklı bulunmazken ($p>0.05$), MK % 3 dozunda % 40 artmış olup, farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı denemelerde TS % 1.5 dozunda % 26.6 artmış bu artış istatistiki bakımdan anlamlı derecede farklı bulunmazken ($p>0.05$), TS % 3 dozunda % 53.2 oranında artmış olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Deneme sonuçlarına göre her iki biyokömür çeşidi uygulamalarında % 1.5 dozunda istatistiki açıdan anlamlı farklılık olmazken ($p>0.05$), % 3 dozunda anlamlı derecede farklılık olmuştur ($p<0.05$).

Tuzlu-sodik toprak koşullarında bitki kuru ağırlığı analiz sonuçları Şekil 4.26' da verilmiştir.



Şekil 4.26. Tuzlu-sodik toprakta bitki kuru ağırlığı analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının topraklardaki bitki kuru ağırlığına etkisine baktığımızda, kontrol uygulaması 33 g iken, MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 6 ve % 34, TS biyokömürünün uygulandığı denemelerde TS % 1.5 ve 3 uygulalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 26 ve % 54 artmıştır. Uygulanan biyokömür dozları kontrol ile kıyaslandığında her iki uygulamanın da % 1.5 dozunda istatistiksel olarak farklılık bulunmazken ($p>0.05$), % 3 dozunda ise farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

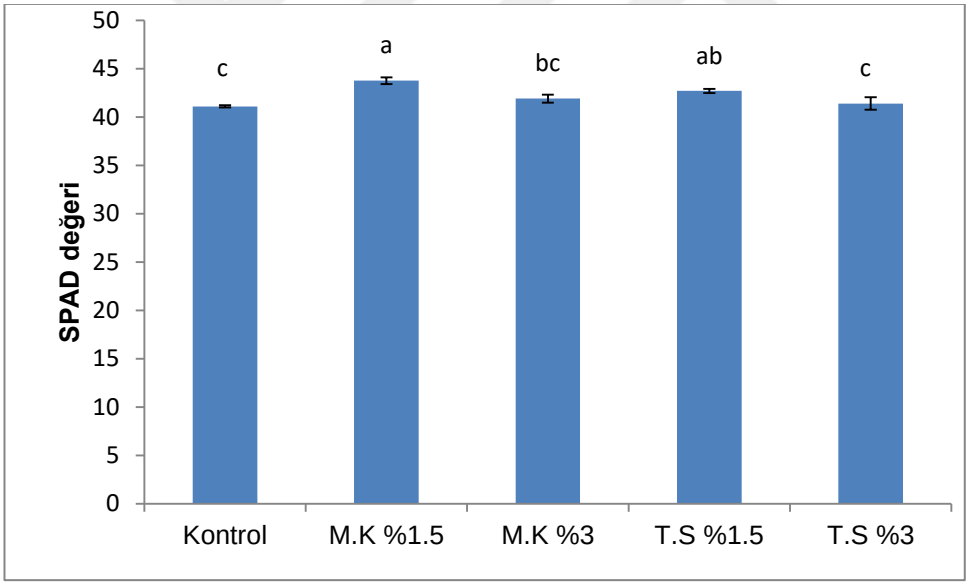
Araştırma sonuçlarına tüm deneme sonuçlarında uygulanan biyokömür dozu arttıkça bitki kuru ağırlığı da artmaktadır. Bu artışın sebebi uygulanan biyokömür dozunun artmasıyla birlikte topraktaki OM miktarının da artması (Şekil 4.7 ve 4.8) ve mineralizasyonun daha fazla olması ile birlikte rizosfer bölgesinin daha aktif

olarak gelişim göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunlara ilaveten biyokömürün topraktaki besin elementlerini absorbe edebilmesi (Oleszczuk ve ark., 2012) bitki gelişimine olumlu etkileri olarak bildirilmiştir.

4.8. Bitkide SPAD Değeri (Klorofil) Analizi

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan bitkide SPAD (klorofil) analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, bitki SPAD (klorofil) analiz sonuçları Şekil 4.27' de verilmiştir.

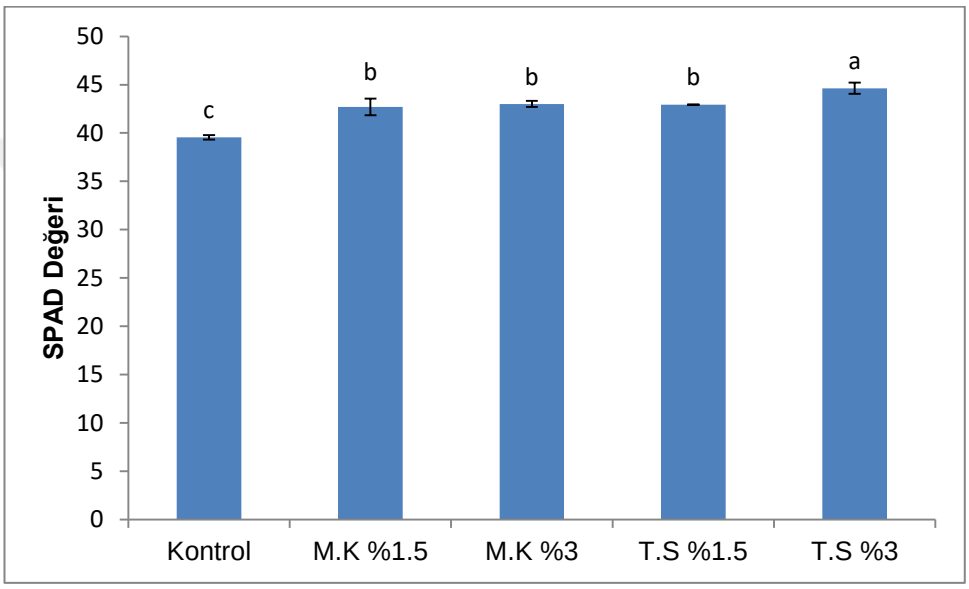


Şekil 4.27. Normal toprakta SPAD değeri analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının normal topraklardaki bitkilerde SPAD okumalarına baktığımızda, kontrol uygulaması 41.1 iken, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 6.36 ve % 1.94 oranında, tütün sapı biyokömürünün uygulandığı denemelerde TS % 1.5 ve 3 uygulalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 3.89 ve % 0.72 oranında artmıştır.

Kontrol ile uygulanan biyokömür dozları kıyaslanınca her iki uygulama için de % 3 uygulamalarında istatistiki anlamda fark yokken ($p>0.05$), % 1.5 uygulamalarında ise farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

Tuzlu-sodik toprak koşullarında bitki klorofili analiz sonuçları Şekil 4.28' de verilmiştir.



Şekil 4.28. Tuzlu-sodik toprakta bitki SPAD değeri analiz sonuçları.

Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının tuzlu-sodik topraklardaki bitki klorofil tayinine baktığımızda, kontrol uygulaması 39.56 iken, tuzlu-sodik toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla % 7.93 ve % 8.72 oranında, tütün sapı biyokömürünün uygulandığı denemelerde TS % 1.5 ve 3 uygulalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 8.51 ve % 12.81 oranında artmıştır.

Kontrol ile artan dozlarda biyokömür uygulamaları ve biyokömür dozları karşılaştırıldığında istatistiki anlamda farklılık bulunduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

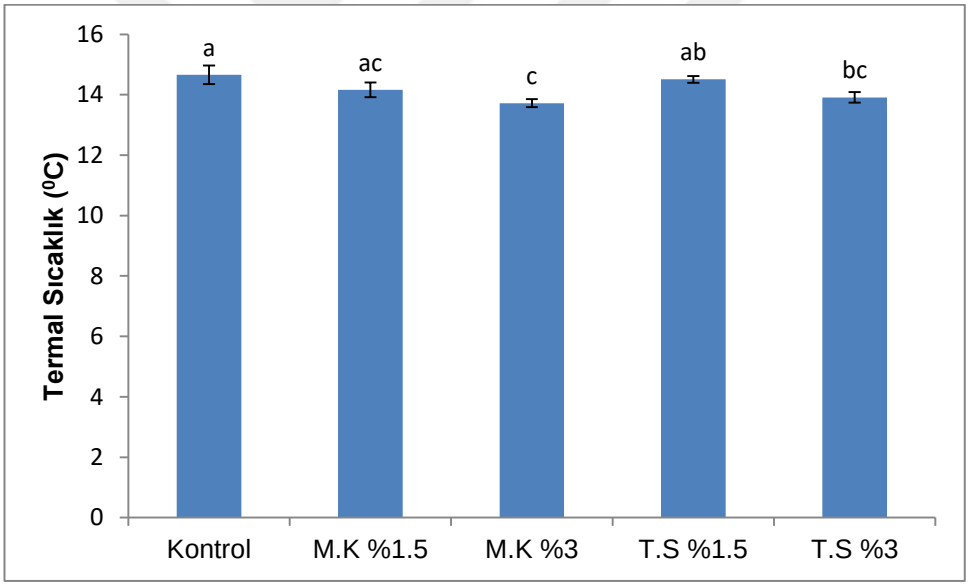
Araştırma sonuçlarına göre SPAD değerleri dikkate alındığında tüm deneme sonuçlarında klorofil miktarının kontrole kıyasla arttığı görülmektedir. Klorofil,

bitkide fotosentez olayında önemli bir yere sahip olup büyüme, gelişme ve olgunlaşmayı sağlar. Bitkideki klorofil miktarının yüksek olmasına bağlı olarak bitki boyu, yaş ve kuru ağırlığını arttırdığı görülmektedir.

4.9. Bitkide Termal Kamera ile Görüntü Alınması

Çalışmada tuzlu-sodik ve normal toprak örneklerinde yapılan termal sıcaklık analiz sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı ayrı grafikler halinde sunulmuştur.

Normal topraklarda biyokömür uygulamalarının toprak ve arpa bitkisine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, bitkide termal sıcaklık analiz sonuçları Şekil 4.29' da verilmiştir.

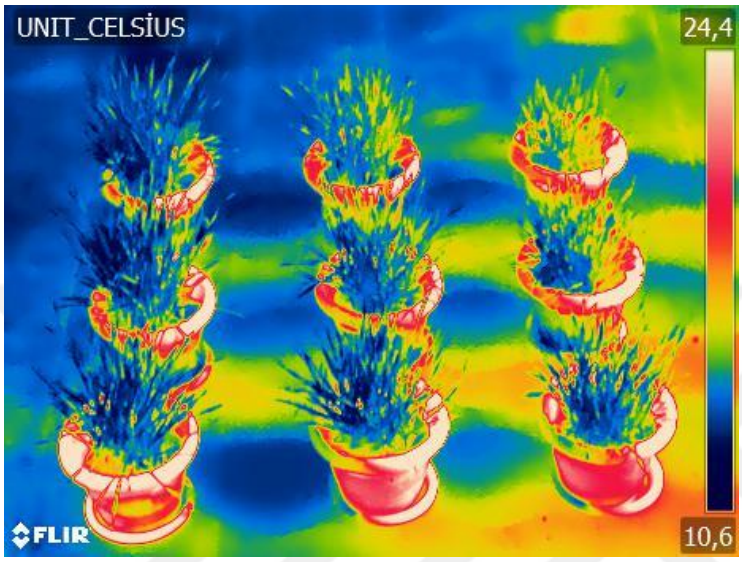


Şekil 4.29. Normal toprakta termal sıcaklık analiz sonuçları.

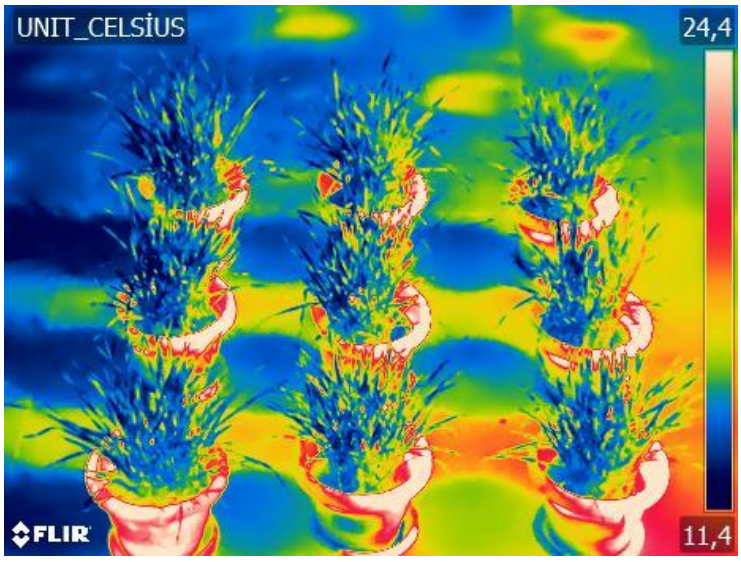
Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının normal topraklardaki termal sıcaklığa etkisine baktığımızda, kontrol uygulaması termal sıcaklığı 14.66 ^{0}C iken, MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla sıcaklık % 3.41 ve % 6.41, TS biyokömürünün uygulandığı denemelerde TS % 1.5 ve 3 uygulalarında kontrole kıyasla sırasıyla sıcaklık % 1.02 ve % 5.11 azalmıştır. Mısır koçanı ve tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada her iki uygulama için de % 1.5 dozunda

istatistiksel olarak termal sıcaklık değerlerinde anlamlı derecede farklı olmazken ($p>0.05$), % 3 dozlarında istatistksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Normal toprakta arpa bitkisine ait termal kamera görüntüleri (Şekil 4.30 ve Şekil 3.31) aşağıdaki görsellerde verilmiştir.

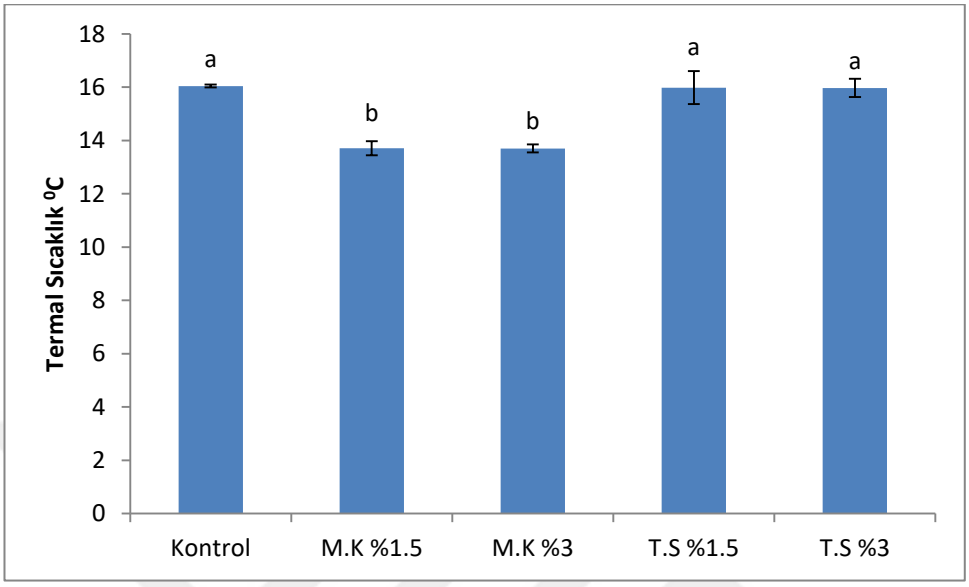


Şekil 4.30. Normal toprakta mısır koçanı termal kamera görüntüsü.



Şekil 4.31. Normal toprakta tütün sapı termal kamera görüntüsü.

Tuzlu-sodik toprak koşullarında bitkide termal sıcaklık analiz sonuçları şekil 4.32' de verilmiştir.



Şekil 4.32. Tuzlu-sodik toprakta termal sıcaklık analiz sonuçları.

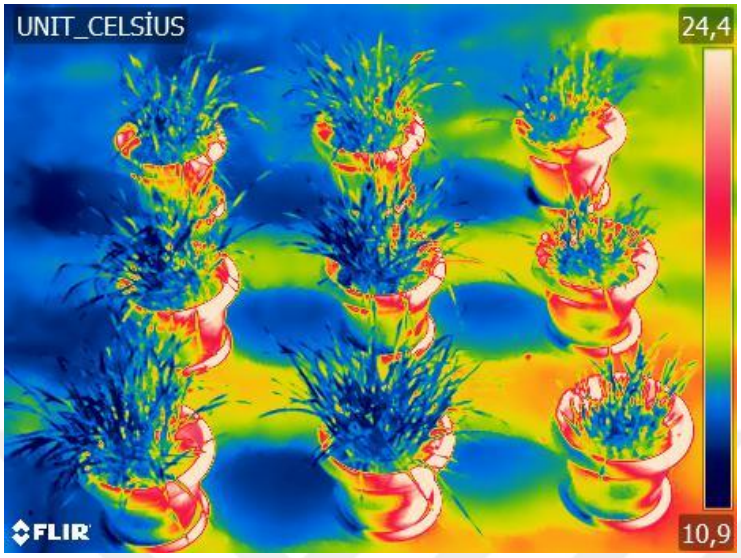
Farklı dozlarda biyokömür uygulamasının tuzlu-sodik topraklardaki termal sıcaklığa etkisine baktığımızda, kontrol uygulaması termal sıcaklığı 16.04 ^{0}C iken, MK % 1.5 ve 3 dozunda kontrole kıyasla sırasıyla sıcaklık % 14.52 ^{0}C ve % 14.96 ^{0}C azalmıştır. Mısır koçanı uygulanan denemeler kontrol ile karşılaştırıldığında istatistiki açıdan anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı denemelerde TS % 1.5 ve 3 uygulalarında kontrole kıyasla sırasıyla sıcaklık % 0.37 ve % 0.43 ^{0}C azalmıştır. Fakat TS biyokömürünün uygulandığı deneme ise kontrol ile kıyaslanınca istatistiki açıdan anlamlı olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$).

Kültür bitkileri için çevresel bir faktör olan tuzluluk stresi, kimyasal stres grubuna girmektedir. Mevcut bitkinin yetiştirildiği ortamın tuz açısından problemli olması olumsuz etkilerin birçoğunu kendisiyle beraber getirir. Bunlar, enzim aktivasyonunda bozukluk, besin alımında dengesizlik, metabolizma aksaklıkları, ozmotik dengesizlik ve suyun alımında dengesizlik gibi sıralanabilir (Orcutt ve Nilsen, 1996).

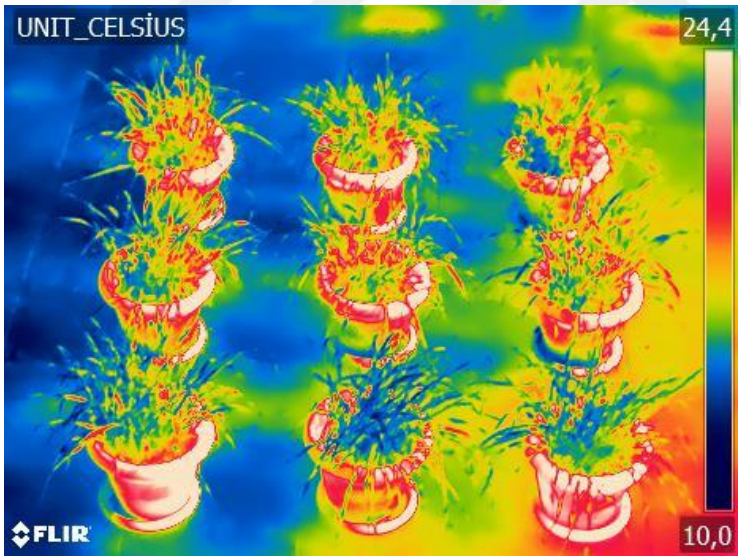
Su alımında dengesizlik probleminin olması sıcaklığa neden olup, bitkide strese neden olur. Buna bağlı olarak kontrol ile kıyaslanan deneme sonuçlarına baktığımızda, uygulanan her iki biyokömür dozunda da sıcaklık azalmış olup, uygulamaların stres koşullarını düşürdüğü gözlemlenmiştir. Uygulanan biyokömür materyalleri kıyaslanınca MK biyokömürünün termal sıcaklığı TS biyokömürüne kıyasla daha fazla düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Özellikle tuzlu-sodik toprakta MK uygulamalarının bitkilerde termal sıcaklığın yüksek olmasında TS' ye oranla daha etkili olduğu aynı topraklarda TS uygulamalarının termal kamera sonuçlarında daha düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür. Bu durum bitkisel gelişime de bitkinin vejetatif gelişimi stres boyutuyla özellikle tuzlu-sodik toprak özelliğinden kaynaklı stress boyutuyla etkilenmesi dikkate alındığında MK uygulamasının TS uygulamasına kıyasla daha etkili olduğu değerlendirimiştir.

Tuzlu-sodik toprakta arpa bitkisine ait termal kamera görselleri (Şekil 4.33 ve Şekil 4.34) aşağıdaki görsellerde verilmiştir.



Şekil 4.33. Tuzlu-sodik toprak mısır koçanı termal kamera görüntüsü.



Şekil 4.34. Tuzlu-sodik toprak tütün sapı termal kamera görüntüsü.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma ile iki farklı toprak (tuzlu-sodik ve tuzsuz) çeşidine farklı dozlarda biyokömür (% 0, % 1.5, % 3) uygulanarak arpa bitkisi ve toprağın bazı parametreleri üzerine olan etkisini incelenmiştir. Çalışmada normal toprak koşullarında MK biyokömür uygulamalarının pH' ya etkisine bakıldığında, kontrol ile kıyaslamasında dozların istatistiki anlamda bir tesirinin olmadığı ($p>0.05$), MK uygulamalarında artmıştır. Tütün sapı uygulamalarında ise azalmıştır. Uygulanan her iki biyokömür dozu hem kontrol ile hemde dozlar ile istatistiki anlamda bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 0.12 ve % 0.38, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında ise sırasıyla % 1.54 ve % 1.80 azalmıştır. Uygulanan biyokömür dozları kendi aralarında ve kontrol ile kıyaslanınca istatistiki açıdan farklılık olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre pH'yı düşürme durumu TS materyalinde daha etkili olmuştur. Tütün sapı materyali pH'yı nispeten daha fazla düşürmüş fakat istatistiki anlamda kıyaslandığında farklılık bulunmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

EC değerine bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 0.46 ve % 1.24 oranında artmıştır. Tütün sapı % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 1.77 ve % 1.75 artmıştır. Uygulanan biyokömür dozu kontrol ile kıyaslanınca MK koçanı uygulamasında anlamlı bir farklılık yokken ($p>0.05$), TS uygulamalarında istatistiki açıdan anlamlı derecede faklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 2.66 ve % 6.78, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında ise sırasıyla % 5.49 ve % 4.68 azalmıştır. Uygulanan biyokömür dozları kendi aralarında ve kontrol ile kıyaslanınca istatistiki anlamda farklılık olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre EC değerini arttırması açısından TS uygulamaları daha etkili olmuştur. Tütün sapı materyali EC' yi daha fazla arttırmış olup, normal toprakta istatistiksel

anlamda farklılığa neden olmuştur ($p<0.05$). Fakat tuzlu-sodik toprakta istatistiksi anlamda farklılığın bulunmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

Kireç içeriğine (%) bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 11.72 ve % 35.76 artmıştır. Tütün sapı % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 7.68 ve % 2.19 artmıştır. Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 6.32 ve % 0.8 artmış. Fakat TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında ise sırasıyla % 1.11 ve % 1.17 azalmıştır. Normal toprak koşullarında yalnızca MK % 3 dozunda istatistiki anlamda bir faklılık bulunurken ($p<0.05$), MK ve TS' nın diğer uygulamalarında ise farklılık görülmemiştir ($p>0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, uygulanan biyokömür dozları kendi aralarında ve kontrol ile kıyaslanınca anlamlı derecede farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre % kireç oranını düşürme durumu TS materyalinde olmuştur. Tütün sapı materyali % kireci nispeten daha fazla düşürmüş fakat istatistiki açıdan kıyaslandığında farklılığın bulunmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

Organik madde içeriğine bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 65.82 ve % 100 artmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 94.93 ve % 156.96 artmıştır. Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 86.15 ve % 126.1, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında ise sırasıyla % 147.69 ve % 123.07 artmıştır. Uygulanan biyokömür dozları kendi aralarında ve kontrol ile kıyaslanınca istatistiki anlamda farklılığın bulunduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre OM miktarını arttırması açısından TS uygulamaları daha etkili olmuştur. Tütün sapı materyali OM' yi daha fazla arttırmış olup, istatistiki açıdan farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Çözülebilir katyonlardan kalsiyuma ($ÇCa^{+2}$) içeriğine etkisine bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 uygulamasında % 7.15 azaltmış, MK % 3 uygulamasında ise % 9.26 artmıştır. Mısır koçanı uygulamaları kontrol ile

kıyaslanınca istatistiksel olarak anlamlı derecede bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 86 ve % 100 artmıştır. Tütün sapı uygulamaları kontrol ile kıyaslanınca istatistiki açıdan anlamlı farklılığın olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 8.07 ve % 20.14, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında ise sırasıyla % 16.60 ve % 8.32 azalmıştır. Uygulanan biyokömür dozları kendi aralarında ve kontrol ile kıyaslanınca istatistiki açıdan anlamlı farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre $ÇCa^{+2}$ miktarını arttırması açısından TS uygulamaları daha etkili olmuştur. Tütün sapı materyali çözülebilir kalsiyumu daha fazla arttırmış olup, anlamlı olarak farklılığa sebep olmuştur ($p<0.05$). Çözülebilir katyonlardan magnezyum ($ÇMg^{+2}$) içeriğine etkisine bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında konrole kıyasla sırasıyla % 3.12 ve % 16.18 artmıştır. Mısır koçanı uygulamaları kontrol ile kıyaslanınca istatistiki açıdan anlamlı farklılığın olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 45.6 ve % 54.99 artmıştır. Tütün sapı uygulamaları kontrol ile kıyaslanınca istatistiki açıdan farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 2.95 ve % 3.62, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında ise sırasıyla % 2.14 ve % 0.29 azalmıştır. Uygulanan biyokömür dozları kendi aralarında ve kontrol ile kıyaslanınca istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık bulunmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre $ÇMg^{+2}$ miktarını arttırması açısından normal toprakta TS uygulamaları daha etkili olmuştur. Tütün sapı materyali çözülebilir magnezyumu daha fazla arttırmış olup, istatistiksel açıdan anlamlı değişimlere sebep olmuştur ($p<0.05$). Çözülebilir katyonlardan potasyum ($ÇK^{+}$) içeriğine etkisine bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında konrole kıyasla sırasıyla % 4.41 ve % 27.94 artmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 6.69 ve % 25.40 artmıştır. Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 16.77 ve % 10.34, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında ise sırasıyla % 3.96 ve % 8.29 artmıştır.

Uygulanan biyokömür dozları kendi aralarında ve kontrol ile kıyaslanınca istatistiki açıdan anlamlı farklılık olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre $ÇK^+$ miktarını arttırması açısından normal toprakta her iki biyokömür uygulamasında da % 3 dozları istatistiksel olmasada nispeten çözülebilir potasyum daha fazla artmıştır. Tuzlu-sodik toprakta ise, MK uygulamaları istatistiksel anlamda olmasa da TS' ye kıyasla çözülebilir potasyumu daha fazla arttırmıştır. Mısır koçanı materyali $ÇK^+$ miktarı daha fazla artmıştır. Fakat istatistiki açıdan farklılık görülmemiştir ($p>0.05$). Çözülebilir katyonlardan sodyum ($ÇNa^+$) içeriğine etkisine bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında konrole kıyasla sırasıyla % 11.18 ve % 11.30 artmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 30.62 ve % 34.84 artmıştır. Kontrol uygulaması ile biyokömür dozları ve uygulanan biyokömür dozları kıyaslandığında istatistiki açıdan farklılığın olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 2.66 ve % 15.13, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında ise sırasıyla % 11.25 ppm ve % 0.13 ppm azalmıştır. Uygulanan biyokömür dozları kendi aralarında ve kontrol ile kıyaslanınca istatistiki açıdan farklılık olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre $ÇNa^+$ miktarını arttırması açısından TS uygulamaları MK uygulamalarına göre $ÇNa^+$ miktarını daha çok arttırmıştır. İstatistiksel olmasada ($p>0.05$), nispeten çözülebilir sodyum miktarı TS uygulamalarında daha fazla artmıştır.

Çalışmada normal toprak koşullarında MK biyokömür uygulamalarının Sodyum absorbsiyon oranına bakıldığında, kontrol ile kıyaslamasında dozların istatistiki açıdan anlamlı bulunmadığı ($p>0.05$), MK % 1.5 uygulamasında kontrole kıyasla sırasıyla % 14.09 artmıştır. Fakat % 3 uygulamasında % 13.60 azalmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 3.64 ve % 0.72 artmıştır. Uygulanan her iki biyokömür dozu hem kontrol ile hemde dozlar arasında istatistiki açıdan farklılık olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 1.41 ve % 10.55, TS % 1.5 uygulamasında %

7.62 azalmış. Fakat TS % 3 uygulamasında % 0.86 artmıştır. Uygulanan biyokömür dozları kendi aralarında ve kontrol ile kıyaslanınca istatistiki açıdan anlamlı farklılığın bulunmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre SAR değerini arttırma durumu normal toprakta MK materyalinde daha etkili olmuştur. Mısır koçanı materyali SAR değerini nispeten daha fazla arttırmış. Fakat istatistiki açıdan kıyaslandığında farklılık olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise TS uygulamaları MK uygulamalarına kıyasla nispeten SAR değeri daha fazla artmıştır. Fakat istatistiki açıdan kıyaslandığında farklılığın bulunmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

Katyon değişim kapasitesine bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında konrole kıyasla sırasıyla % 7 ve % 2.88 artmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 18.33 ve % 45.70 artmıştır. Kontrol uygulaması ile biyokömür dozları kıyaslandığında istatistiksel olarak yalnızca TS % 3 uygulamasında anlamlı farklılığın olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Geriye kalan uygulamalarda istatistiki açıdan anlamlı farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 3.10 ve % 4.75 artmıştır. Fakat tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 2.17 ve % 4.18 azalmıştır Uygulanan biyokömür dozları kendi aralarında ve kontrol ile kıyaslanınca istatistiki açıdan farklılığın bulunmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre normal toprakta KDK değerini arttırması açısından TS uygulamalarında MK uygulamalarına göre KDK değeri daha çok artmış. İstatistiki açıdan anlamlı ($p>0.05$) bulunmuştur. Tuzlu-sodik topraklarda ise MK uygulamalarında TS uygulamalarına kıyasla KDK değerini istatistiksel anlamda olmasada ($p<0.05$) daha çok artmıştır.

Bitkide yapılan analizlerden bitki boyuna bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında konrole kıyasla sırasıyla % 1.95 ve % 4.36 artmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 5.53 ve % 9.69 artmıştır. Kontrol uygulaması ile

biyokömür dozları kıyaslandığında istatistiksel olarak yalnızca TS % 3 uygulamasında anlamlı olarak farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Diğer uygulamalarda farklılık olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 2.66 ve % 10.54 artmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 15.79 ve % 19.48 artmıştır. Uygulanan biyokömür dozları kontrol ile kıyaslanınca yalnızca MK % 1.5 uygulamasında istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık bulunmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Diğer uygulamalarda ise istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Deneme sonuçlarına göre uygulanan biyokömür dozu arttıkça bitki boyu daha fazla artmaktadır. Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre bitki boyunu arttırması açısından TS uygulamaları MK uygulamalarına göre daha fazla etkili olup, istatistiki açıdan farrklılığa sebep olmuştur ($p>0.05$). Bu durum tuzlu-sodik toprak için de aynı şekildedir.

Bitkide yapılan analizlerden bitki yaş ağırlığına bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında konrole kıyasla sırasıyla % 2.65 ve % 8.65 artmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 10.62 ve % 16.83 artmıştır. Kontrol uygulaması ile biyokömür dozları ve uygulanan biyokömür dozları kıyaslandığında istatistiki açıdan farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 5.03 ve % 10.09 artmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 9.09 ve % 17.15 artmıştır. Uygulanan biyokömür dozları kontrol ile kıyaslanınca yalnızca TS % 3 uygulamasında istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Diğer uygulamalarda ise istatistiki açıdan farklılığın bulunmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Deneme sonuçlarına göre uygulanan biyokömür dozu arttıkça bitki yaş ağırlığı daha fazla artmaktadır. Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre bitki yaş ağırlığını arttırması açısından TS uygulamaları MK uygulamalarına göre daha fazla etkili olup, istatistiki

açıdan farklılığa sebep olduğu gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Bu durum tuzlu-sodik toprak için de aynı şekildedir.

Bitkide yapılan analizlerden bitki kuru ağırlığına bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında konrole kıyasla sırasıyla % 12.57 ve % 40 artmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 26.6 ve % 53.2 artmıştır. Kontrol uygulaması ile biyokömür dozları kıyaslandığında % 1.5 uygulamalarında istatistiki açıdan farklılık olmazken ($p>0.05$), % 3 uygulamalarında anlamlı farklılığın olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 6 ve % 34 artmıştır. Tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 26 ve % 54 artmıştır. Kontrol uygulaması ile biyokömür dozları kıyaslandığında % 1.5 uygulamalarında istatistiki açıdan farklılık olmazken ($p>0.05$), % 3 uygulamalarında istatistiki açıdan anlamlı derecede farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Deneme sonuçlarına göre uygulanan biyokömür dozu arttıkça bitki kuru ağırlığı daha fazla artmaktadır. Biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre bitki kuru ağırlığını arttırması açısından TS uygulamaları MK uygulamalarına göre daha fazla etkili olup, istatistiki anlamda da farklılığa sebep olduğu görülmüştür ($p>0.05$). Bu durum tuzlu-sodik toprak için de aynı şekildedir.

Bitkide yapılan analizlerden SPAD okumalarına bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında konrole kıyasla sırasıyla % 6.36 ve % 1.94, tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 3.89 ve % 0.72 artmıştır. Kontrol uygulaması ile biyokömür dozları kıyaslandığında % 3 uygulamalarında istatistiki açıdan farklılık olmazken ($p>0.05$), % 1.5 uygulamalarında istatistiki açıdan farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 7.93 ve % 8.72, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 8.51 ve % 12.81 artmıştır. Kontrol uygulaması ile artan dozlarda biyokömür uygulamaları ve biyokömür dozları kıyaslandığında istatistiki açıdan farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Deneme sonuçlarına göre

uygulanan biyokömür dozu arttıkça bitkinin SPAD okumaları daha fazla artmaktadır. Normal toprakta biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre bitki klorofilini arttırması açısından MK uygulamaları TS uygulamalarına göre daha fazla etkili olup (% 1.5 dozları), farklılığa sebep olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise tüm uygulamalar sonucunda bitki klorofili artmış olup (özellikle % 3 dozları), istatistiki açıdan farklılık bulunduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

Bitkide yapılan analizlerden termal sıcaklık değerine bakıldığında, normal toprak koşullarında MK % 1.5 ve 3 uygulamalarında konrole kıyasla sırasıyla % 3.41 ^{0}C ve % 6.41, tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında sırasıyla % 1.02 ve % 5.11 artmıştır. Kontrol uygulaması ile biyokömür dozları kıyaslandığında % 1.5 uygulamalarında istatistiki açıdan farklılık olmazken ($p>0.05$), % 3 uygulamalarında istatistiki açıdan farklılık olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise, MK % 1.5 ve 3 dozlarında kontrole kıyasla sırasıyla % 14.52 ve % 14.96 azalmıştır. Mısır koçanı uygulamaları kontrol ile kıyaslanınca istatistiki açıdan farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Fakat tütün sapı biyokömürünün uygulandığı çalışmada ise, TS % 1.5 ve 3 uygulamalarında kontrole kıyasla sırasıyla % 0.37 ve % 0.43 azalmıştır. Kontrol uygulaması ile artan dozlarda biyokömür uygulamaları kıyaslandığında istatistiki açıdan farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Normal toprakta biyokömür materyallerini kıyasladığımızda ise, kontrole göre bitki termal sıcaklığını düşürmesi açısından MK uygulamaları TS uygulamalarına göre daha fazla etkili olup (% 3 dozları), istatistiki açıdan farklılığa neden olmuştur ($p<0.05$). Tuzlu-sodik toprak koşullarında ise MK uygulamaları termal sıcaklığı daha fazla düşürmüş aynı zamanda istatistiki açıdan farklılığa sebep olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Yapılmış olan çalışma sonuçlarına göre, mısır koçanı ve tütün sapı biyokömür materyallerinin (bitki artıklarının) öncelikle toprağa organik girdi olarak ilave edilmesi öncelikle toprağın organik maddesi olmak üzere tüm sonuçları toprak ile bitki parametrelerini kontrole kıyasla pozitif yönde etki yaptığı belirlenmiştir. Uygulanan biyokömür materyallerinin organik toprak iyileştiricisi olarak kullanılma

potansiyeli olduğu değerlendirilmiştir. Buna bağlı olarak çözülebilir iyon miktarlarında artış olduğu gözlemlenmiş olup iyonların bitkiler tarfından alımını kolaylaşmıştır. Aynı zamanda bitki boyu, bitki kuru-yaş ağırlığı ve klorofil miktarı artmıştır. Bitki termal sıcaklığı MK uygulamalarında yaklaşık % 15' e kadar düşmüş olup, kontrol ile kıyaslanınca Na miktarını da düşürmüş ve sodikliğe neden olan sodyum miktarı azalmıştır. Buna bağlı olarak termal sıcaklığın azalması bitkideki stres koşullarının azalmasına neden olmuştur.

Her iki toprak için değerlendirildiğinde TS uygulamaları doz artışına bağlı olarak toprak ve bitki parametrelerinde olumlu etkilere sahip olduğu ve hemen hemen bütün parametrelerde istatistiki açıdan anlamlı bulunduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Mısır koçanı uygulamalarında her iki topraktada istatistiksel anlamda farklılığa neden olup ($p<0.05$), her iki biyokömür materyali için de toprak parametrelerinden OM artmış, bitki parametrelerinde ise; termal sıcaklığın düştüğü görülmüş olup buna bağlı olarak, bitkinin boyu, bitkinin yaş ve kuru ağırlığı ile SPAD değerlerine olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Fakat TS ' ye kıyasla MK uygulamalarında bu parametreler daha az artmıştır.

Uygulamaların dozları arttıkça pozitif etkinin çalışmanın hemen hemen bütün toprak ve bitki parametrelerine pozitif yönde etki etmiştir. Dikkat edilmesi gereken husus doza bağlı olarak artan maliyettir. Bu bağlamda TS % 3 dozunun uygun olabileceği ve organik maddeyi maksimum şekilde arttırarak verim artışı ve mineralizasyondaki azalmaya bağlı olarak karbon tutulması ve dolayısı ile ilgili sera gazı salınımlarını azaltabileceği değerlendirilmiştir. Aynı zamanda termal sıcaklığın düşürülmesinde MK % 3 dozu daha etkin olarak, sıcaklığı daha fazla düşürmüştür. Bitkinin stres koşulları düşünüldüğünde bu dozunda etkin bir şekilde kullanılabileceği öngörülmektedir. Çalışma sonucunda elde edilen değerlere göre biyokömür uygulamalarının toprak ve bitkisel üretime faydalı olduğu görülmüş olup, hem atık ürünlerin değerlendirililmesi hem de uygulamaların toprak ıslahına ve bitkisel üretime olumlu yöndeki etkileri ortaya konulmuştur. Çalışma yukarıda bahsedildiği ve küresel ölçekte önemli olan özellikleri taşıması yanında, kullanılan

biyokömür materyalleri ve kullanılan bitki açısından kontrollü koşullarda ilk defa yapılmış olması nedeniyle büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

ABROL, I., YADAV, J., and MASSOUD, F. (1998). Salt-affected soils and their management. Rome: fao soils bulletin, 39.

AKTAŞ , M., ve ATEŞ, M. (1998). Bitkide Beslenme Bozuklukları Nedenleri ve Tanınmaları. Ostim-Ankara: Nurol Matbaacılık A.Ş.

ANGIN, İ. (2009). Tuzlu-sodik ve sodik toprakların ıslahına farklı bir yaklaşım: Yeşil ıslah. EÜFBED- Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt-sayı: 3-1/ 103-116.

ATKİNSON , C., FİTZGERALD, J., and HİPPS, N. (2010, 12 30). Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. Plant soil . A review. Plant soil , s. 337:1-18.

AYDEMİR , S., ÇULLU, M. A., ve DİKİLİTAŞ , M. (Kasım 07-09. 2005). Harran Ovasındaki Tuzlu ve Tuzlu-sodik Topraklar ve Muhtemel Oluşum Mekanizmaları. II. Ulusal Sulama Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi. DSİ Genel Müdürlüğü, Kasım 07-09. Ankara. II. Ulusal Sulama Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi. DSİ Genel Müdürlüğü. Ankara: DSİ Genel Müdürlüğü.

AYYILDIZ , M. (1990). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. . Ankara: Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1196, Ders Kitabi: 344, Ankara, 282s.

BAHÇECİ, İ. (2008). Harran Ovasında Seracılık Faaliyetleri ve Sorunları. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Şanlıurfa.

BAHÇECİ, İ. (2008/1340s). Drenaj Mühendisliği. Şanlıurfa (Basılmamış): Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölüm.

BOŞGELMEZ , İ. İ., SAVAŞLI, S., ve PASLI, N. (2001). Ekoloji-2 (Toprak). Kızılay-Ankara: Başkent Klişe Matbaacılık.

BRESLER, E., CHARTER , D. L., and MCNEAL, B. (1982). Saline and sodik soils. New York 227 pp.: Springe, Berlin, Heidelberg.

BURKE, J. (1990). High Temperature Stress and Adaptation in Crops, In: Alscher, R.G., Cummings, J.R. (Eds.), Stress Response in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms. WileyLiss, New York: Stress Response in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms, pp.295-309, WileyLiss.

CHAPMAN, H. D. (1965). Catian - Exchange Capacity. In CA Black (Ed). Methods of Soil Analysis, Part 2, Agronomy 9 : 891 - 901. Amer. Sac. Agron. Madison, Wisconsin, U.SA.

ÇAĞLAR, K. (1949). Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları, Sayı:10 Ankara.

ÇELİK , A., İNAN, M., ve SAKİN, E. (2019). Toprağa uygulanan tütün ve badem atıklarından elde edilen biyokömürlerin elementel analizleri ve SEM özelliklerinin karşılaştırılması. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 23(4): 500-510.

ÇULLU , M. A. (2003). Estimation of theEffect of soilsalinitiy on CropYield UsingRemote Sensingand Geographing Information System. Turkish Journals of Agriculturend and Foresty, 27:23-28.

ÇULLU, M. A., ALMACA, A., ŞAHİN , Y., ve AYDEMİR, S. (2002). Aplication of GIS for Monitoring In the Harran Plain, Turkey. Int conferance on sustainable

Land Use and Management. Turkey (s. p:326-332). Harran/Şanlıurfa: Int conferance on sustainable Land Use and Management. Turkey.

ÇULLU, M. A., ALMACA, A., ŞAHİN , Y., ve AYDEMİR, S. (2002). Aplication of GIS for Monitoring Soil Salinization In the Harran Plain, Turkey. Int conferance on sustainable Land Use and Management. (s. p:326-332). Harran/Şanlıurfa: Int conference on sustainable Land Use and Management. Turkey.

DEMİRBAŞ , A. (2006). Global biofuel strategies. Energy Edu. Sci. Technol, 17: 27-63.

DİNÇ, U., ve ŞENOL, S. (1988). Toprak Etüd ve Haritalama. Adana: Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı. No: 66. Adana 174s.

DİNÇ, U., ŞENOL , S., SAYIN , M., KAPUR, S., GÜZEL , N., ve DERİCİ, R., (1988). Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAT) I. HARRAN OVASI. Adana: I. Harran Ovası, TÜBİTAK, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu, Güdümlü Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu, TAOG, 534.

DSİ, (1997). Aşağı Fırat Projesi Akçakale YAS Sulaması (Güneren Şemseddin Birmuavi YAS Sulamaları). Şanlıurfa: Ayrıntılı Arazi Sınıflandırması ve Drenaj Raporu.

DSİ, (2001). Şanlıurfa Harran Ovası Sulaması Tuzluluk ve Drenaj Sorunları İnceleme Raporu. Şanlıurfa: DSİ. XV. Bölge Müdürlüğü.

DSİ, (2001). Şanlıurfa Harran Ovası Sulaması Tuzluluk ve Drenaj Sorunları İnceleme Raporu. Şanlıurfa: DSİ XV. Bölge Müdürlüğü.

ERGENE, A. (1982). Toprak Bilgisi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:267, Ders Kitapları Serisi No:42.

GASKİN, J., SPEİR, R., HARRİS, K., DAS, K., LEE, R., and MORRİS, L., (2010). Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. Agronomy Journal, 102(2): 623-633.

GLASER , B., LEHMANN, J., and ZECH, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly Weathered soils in the tropicts with chorcoal: A review. . Biol Fertil Soils, 35, 219-230.

GLASER , B., WİEDNER, K., and SEELİNG, S. (2014). "Biochar Organic Fertilizers from Natural Resources as Substitute for Mineral Fertilizers", Agron. . Sustain. Dev. Vol. 35, pp., 667–678.

GUL, Ş., WHALEN, J. K., THOMAS, B. W., SACHDEVA, V., and DENG, H. (2015). Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: mechanisms and future directions. . Agriculture, Ecosystems & Environment , 206: 46-59.

GÜÇDEMİR, İ., ve SÖNMEZ , B. (2008). " toprak analizi yapmanın önemi" tarım türk dergisi, sayı: 12, Ankara.

GÜNGÖR, Y., ve ERÖZEL, Z. (1994). Drenaj ve Arazi Islahı. Ankara: Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları No:1341, Ders Kitabı:389, Ankara, 232s.

HOSHİ, T. (2001). Growth Promotion of Tea Trees by Putting Bamboo Charcoal in Soil. Proceedings of International Conference on O-cha (tea) CULTURE and Science. (s. 147-150.). Tokyo: Japan.

HOUGHTON, J. T., and., (2001). CLİMATE CHANGE, 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 944 pp.,. Camridge/UK: Cambridge University Press.

IPPOLİTO, J. A., DUCEY, T. F., CANTRELL, K. B., NOYAK, J. M., and LENTZ, R. D. (2016). "Designer, Acidic Biochar İnfluences Calcareous Soil Characteristics". Chemosphere, Vol. 142, pp.184–191.

JEFFERY, S., ABALOS, D., PRODANA, M., VAN GROENİGEN, J. W., HUNGATE, B. A., and VERHEİJEN, S. (2017). Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. . Environmental Research Letters,, 12(5), 053001.

JEFFERY, S., VERHEİJEN, F., BASTOS, A. C., and VAN der VELDE, M. (2011.08.015.). A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Agriculture, Ecosystems Environment, 144 (1), 175–187. doi:10.1016/j.agee.

JONES , G., and WARNER, K. J. (2016). "The 21st century Population-Energy-Climate Nexus". Energy Policy, Vol. 93, pp. 206–212.

JONES, H. G., STOLL, M., SOUSA, C. d., CHAVES, M. M., and GRANT, O. M. (1965). Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine. Journal of Experimental Botany, 53, 2249-2260.

KANBER , R., KIRDA, C., ve TEKİNEL, O. (1992). Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. . Adana: Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:21, Ders Kitapları Yayın No:6.

KARA, T. (2002). Irrigation scheduling toa present soil salinization from a shallow water table. Acta Horticulture , 573: 139-151.

KARA, T., ve APAN, M. (2000). Tuzlu Taban Suyunun Sulamalarda Kullanımı İçin Bir Hesaplama Yöntemi. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisı, 15(3):62-67.

KELLEY, W. P. (1937). The reclamation of alkali soils . Calif agric exp stn bulL, 617:1- 40.

KOLB, S. E., FERMANİCH, K. J., and DORNBUSH, M. E. (2009). Effect of Charcoal Quantity on Microbial Biomass and Activity in Temperate Soils. Soil Science Society of America Journal, 73(4): 1173-1181.

LEHMANN, J., and JOSEPH, S. (2009). Biochar Environmental Management,. London, UK: ISBN: 978-1-84407-658-1, Earthsan publishing. 2. Section, Page 18.

LEHMANN, J., and RONDON, M. (2006). Bio-char Soil Management on Highly-Weathered Soils in The Tropics. In: Uphoff. N.T. (Ed.). Biological Approaches to Sustainable Soil Systems. Boca Raton. , 517-530.

LEHMANN, J., DA SİLVA Jr, J. P., STEİNER, C., NEHLS, T., ZENCH, W., and GLASER, B. (2003). Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments, . Plant and Soil , 249: 343–357.

LEHMANN, J., GUANT, J., and RONDON, M. (2006). Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems—A review. Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change , 11(2), 403–427.

LEHMANN, J., HANLEY, K., HYLAND, K., RAJKOVİC, A., MİLLER-TER KUİLE, A., and CHENG, C., (2008). Crop Yield, Nutrient Uptake and Leaching, Soil Water Availability and Nitrous oxide Emissions with biochar from Different Feedstocks and Produced at Different Temperatures. Ankara: Biochar: Sustainability and Security in A Changing Climate. Proceeding of the 2nd.

LEHMANN, J., RİLLİNG, M. C., THEİS, J., MASİELLO, C. A., HOCKADAY, W.

C., and CROWLEY, D. (2011). Biochar effects on soil biota–a review. . Soil Biology and Biochemistry , 43(9): 1812-1836.

LİU, Q., LUİ, B., ZHANG, Y., LİN, Z., ZHU, T., and SUN, R., (2017). Can biochar alleviate soil compaction stress on wheat growth and mitigate soil N2O emissions? Soil Biology and Biochemistry , 104: 8-17.

LUO, L., and GU, J. (2016). Alteration of extracellular enzyme activity and microbial abundance by biochar addition: Implication for carbon sequestration in subtropical mangrove sediment. . Journal of Environmental Management , 182: 29-36.

NELSON, D., and SOMMER, L. (1982). Toplam Karbon, Organik Karbon ve Organik Madde. Toprak Analiz Yöntemleri, Bölüm 2. Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri 2. Baskı. ASA-SSSA, Madison, 595-579.

OGAWA, M., OKİMORİ, Y., and TAKAHASHİ, F. (2006). Carbon sequestration by carbonization of biomass and forestation: Three case studies. Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change, 11, 429– 444.

OLESZCZUCK, P., RJCAZ, M., LEHMANN, J., and CORNELİSSEN, G. (2012). Influence of activated carbon and biochar on phytotoxicity of air-dried sewage sludges to Lepidium sativum. . Ecotoxicol. Environ. Saf., 80: 321–326.

ORCUTT, D. M., and NİLSEN, E. T. (1996). The physiology of plants under stres. . Soil and biotic factors., pp: 177-237, John Wiley&Sons, inc. NY.

OSTER, J., and FRANKEL, H. (1980). The chemistry of the reclamation of sodic soils with gypsum and lime. Soil Science Society of America Journal, 44,41–45.

ÖZYAVUZ, M. (2017). Biyokömür Uygulamalarının Patlıcan Bitkisi ve toprağın kimyasal özelliklerine etkisinin belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 62 s.

PÜHRİNGER, H. (2016). Effects of different biochar application rates on soil fertility and soil water retention in on-farm experiments on smallholder farms in Kenya. . Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Department of Soil and Environment. Master's Thesis in Environmental Science, 60s.

QADİR, M., NOBLE, A. D., RİCHARDS, T. j., and ARSLAN, A. (2006). Sodicity-induced land degradation and its sustainable management: Problems and prospects. Land Degradation & Development, 17, 661-676.

QADIR, M., QRESHI, R., and AHMAD, N. (1999). Nurient availablity in a calcareous saline-sodik soil during vegetative bioremediation. Arid Soil Res Rehabil 11:343-352 water: a resource for forage production? In: Proceedings of the 17th International Congress on Irrigation and Drainage, 11–19 September. Granada: Poster Session Q 49–P 6, p.67 –79.

RİCHARDS, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils . U.S. Dept: Agr. Handbook. 60 s.

ROBBİNS, C. W. (1986a.). Carbon dioxide partial pressure in lysimeter soils. Argon J, 78:151-158.

ROBBİNS, C. W. (1986b). Sodik calcareous soil reclation as affected by different amendments and crops. Argon J , 78:916-920.

SAYĞAN, E. P., (2017). Biyokömürün (biochar) toprak düzenleyicisi olarak kullanım potansiyeyellerinin belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 470149, 373s.

SEYREK, A., AYDEMİR, S., ve İNCE, F., (2005). Harran ovasında tuzluluşma eğilimi gösteren toprakların kil mineralojisi. Atatürk Üniversitesi.Ziraat Fakültesi Dergisi. 36(2),137-144.

SHENBAGAVALLİ, S., and MAHİMAİRAJA, S. (2012). Characterization and Effect of Biochar on Nitrogen and Carbon Dynamics in soil. I.J.A.B.R, VOL 2(2) 2012: 249-255 ISSN: 2250 – 3579.

SHINOGO, Y., YOSHIDA, H., KOIZUMI, M., YAMAOKA, M., and SAITO, T. (2002). Basic Characteristics of Low-temperature Carbon Products from Waste Sludge . Advances in Environmental Research, 7: 661-665.

SOHİ, S., LOPEZ-CAPEL, E., KULL, E., and BOL, R. (2010). Biochar climate change and soil. A review to guide future research. Rep. No, 05/09. CSIRO.

SOHİ, S., LOREZ-CAPEL, E., and BOL, R. (2010). A review of biyokömür and its use and function in soil. Adv. Agron, 105, 47–82.

SOİL CONSERVATİON SERVİCE. (1972). Hydrology National. Engineering Handbook, Section 4, USDA-SCS, U.S. U.S: Government Printing Office, Washington, D.C.

SÖNMEZ, B., 2004. Türkiye'de Çorak Islahı Araştırmaları ve tuzlu Toprakların Yönetimi. Sulanan alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, s.157-162

TAN, K. H. (1996). Soil Sampling and Analysis. Marcel Dekker. Inc. 270 Madison Avenue, New York. NY. 10016. 191.

TANJI, K. K. (1990). Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice. New York, USA: No 71, NY, 10017.

THOMSON, S. J., OUELLET, C., DE FAUW, S., HUANG, Y., and FİSHER, D. K. (2012). English P.J. Potential and Challenges in Use of Thermal Imaging for Humid Region Irrigation System Management. Journal of Agricultural Science, 4(4).

TMMOB, (2016). Tütün raporu. Ankara: Ziraat Mühendisleri Odası. https://www.zmo.org.tr. Tütün raporu/2016.

TMMOB, (3 Nisan 2020). Mısırda kendi kendimize yeterli ülke konumuna gelmeliyiz. Ankara: https://www.zmo.org.tr. Mısır raporu/2020.

ÜLGEN, N., ve YURTSEVER, N. (1995). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı). Ankara: T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma EnstitüsüMüdürlüğü Yayınları.Genel Yayın No:209. Teknik Yayınlar No: T.66. s230.

VAN ZWİETEN, L., KİMBER, S., CHAN, K. Y., COWİE, A., WEİGBERG, R., and MORRİS, S. (2007). Papermill Char: Benefits to Soil Health and Plant Production. Proceedings Conference of The International Agrichar Initiative (s. 30 April- 2 May). Terrigal. NSW: Australia.

VAN ZWİETEN, L., KİMBER, S., DOWNİE, A., CHAN, K. Y., COWİE, A., and WİNBERG, R., (2007). Papermill Char: Benefits to Soil Health and Plant Production. Proceedings Conference of The International Agrichar Initiative (s. 30 April- 2 May). Terrigal. NSW: Australia.

VERHEİJEN, F. G., JONES, R., RİCKSON, R.., and SMİTH, C. (2009). Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. Earth-Science Reviews, 94 (1-4): 23-38.

WARNOCK, D. D., LEHMANN, J., KUYPER, T. W., and RİLLİNG, M. C. (2007).

Mycorrhizal responses to biochar in soil-concepts and mechanisms. Plant Soil, 300: 9-20. doi:10.1007/s11104-007-9391-5.

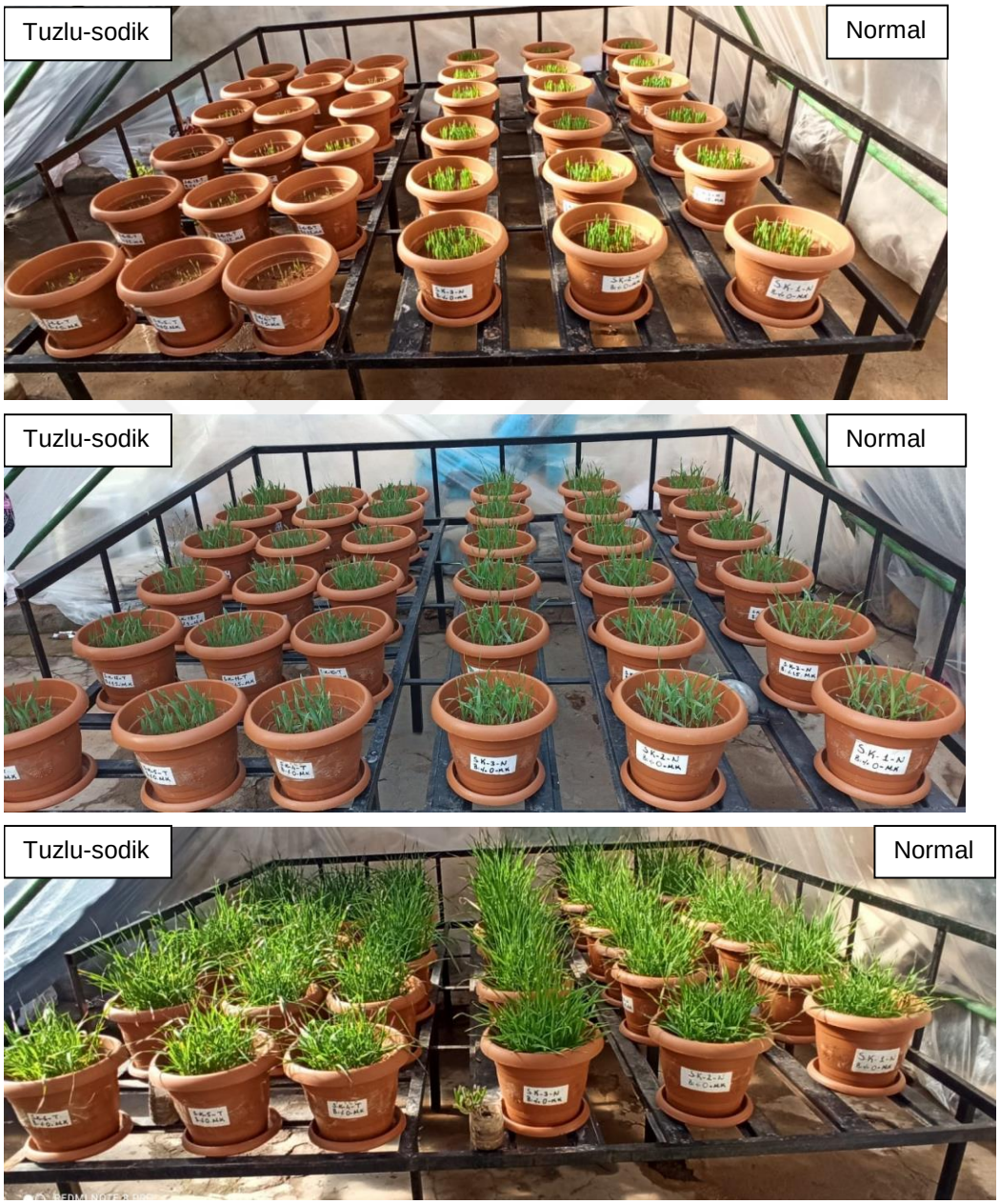
WOOLF, D., AMONETTE, J. E., STREET-PERROT, F. A., LEHMANN, J., and STEPHEN, J. (2010). Sustainable biochar to mitigate global climate change. Nat. Commun, 1(56), 1–9.

YAMAN, S. (2004). Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks . Energy Conversion and Management, 45: 651–671.

ZHAİ, L., CAİJİ, Z., LİU, J., WANG, H., REN, T., and GAİ, X., (2014). Short-term effects of maize residue biochar on phosphorus availability in two soils with different phosphorus sorption capacities . Biol Fertil Soils, 51:113-122.

EKLER

Ek 1. Denemede incelenen özelliklere ait görseller

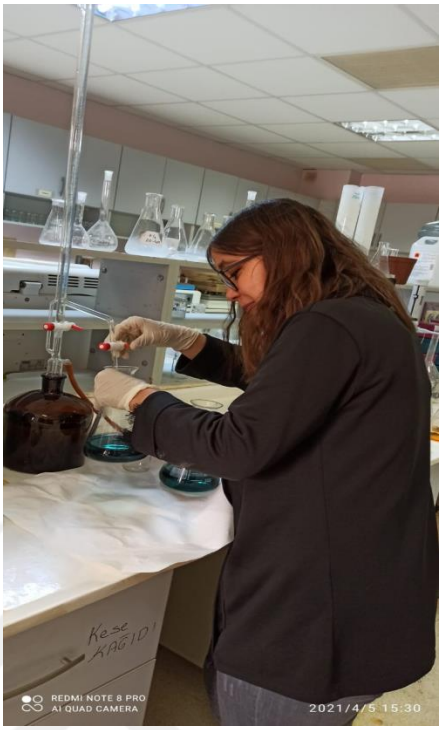



REDMI NOTE 8 PRO
AI QUAD CAMERA
2021/2/23 17:45


REDMI NOTE 8 PRO
AI QUAD CAMERA
2021/2/26 12:05


REDMI NOTE 8 PRO
AI QUAD CAMERA
2021/4/5 17:22


2021/3/3 13:41


Kese
KAĞIDI
REDMI NOTE 8 PRO
AI QUAD CAMERA
2021/4/5 15:30


Amonyum Asetat
Samra
02.03.2021
Amonyum Asetat
Samra
Sodyum Asetat
Samra
Sodyum Asetat
Samra
REDMI NOTE 8 PRO
AI QUAD CAMERA
2021/3/2 18:09