
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

# TÜRKİYE'DE LEONARDİTİN TARIMDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN TEKNOLOJİK İNCELEMESİ

**Selin YAĞLIDERE**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**
**ÇEVRE BİLİMLERİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2021**

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Selin YAĞLIDERE

01/07/2021

# TÜRKİYE'DE LEONARDİTİN TARIMDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN TEKNOLOJİK İNCELEMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Selin YAĞLIDERE

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2021

## ÖZET

Bu tezde, Çanakkale/Çan, Bitlis/Merkez, Kahramanmaraş/Elbistan, Bursa/Keles, Erzurum/Horasan ve Adıyaman/Gölbaşı leonardit sahalarından numuneler alınmıştır. Bir adedi yeni saha olan, toplam 6 sahadan alınan bu leonardit numunelerinin kimyasal içerikleri akredite bir laboratuvarda analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalar ile kıyaslanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, Türkiye'nin birbirine oldukça uzak olan 6 farklı bölgesinden alınan tüm leonardit numunelerinin, hümik ve fulvik asit içeriklerinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, kömür olarak değerlendirilemeyen tüm bu leonardit rezervlerinin, tarımda organik toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilme potansiyeli olduğu görülmüştür. Tarımsal faaliyetlerde toprak düzenleyicisi ve gübre olarak kullanılan birçok kimyasalın tabiata verdiği zararın önlenmesi ve ithalatın azaltılması için, bu kimyasallar yerine leonardit kullanılabileceği tespit edilmiştir. Analizlerden elde edilen veriler, Türkiye'nin çok miktarda ve geniş coğrafyalara yayılmış olan kaliteli leonardit rezervlerine sahip olduğunu göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre, Çanakkale/Çan, Bitlis/Merkez, Kahramanmaraş/Elbistan, Bursa/Keles, Erzurum/Horasan ve Adıyaman/Gölbaşı leonarditlerinin toplam hümik ve fulvik asit oranı, sırasıyla, %62.18, %59.58, %52.67, %52.34, %50.64 ve %44.35 olarak ölçülmüştür. Bu rezervlerin, ülkemizdeki bilinen diğer rezervler ile birlikte, çoğunluğu organik madde açısından fakir olan Türkiye tarım arazilerinin tamamını, 39 yıl boyunca her yıl tekrar rehabilite edebilecek kalite ve miktarda olduğu sonucuna varılmıştır.

Bilim Kodu : 90321
Anahtar Kelimeler : Fulvik asit, humus, hümik asit, leonardit, tarım, toprak
Sayfa Adedi : 79
Danışman : Prof. Dr. Hüseyin TOPAL

# TECHNOLOGICAL INVESTIGATION OF THE AGRICULTURAL USABILITY OF LEONARDITE IN TURKEY

(M. Sc. Thesis)

Selin YAĞLIDERE

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2021

## ABSTRACT

In this thesis, leonardite samples were collected from Bitlis/Merkez, Çanakkale/Çan, Bitlis/Merkez, Kahramanmaraş/Elbistan, Bursa/Keles, Erzurum/Horasan and Adıyaman/Gölbaşı leonardite fields. These samples, taken from 6 different fields, were chemically analyzed by an accredited laboratory. The results were compared to results from other studies in the literature. When the results are examined, it is noticed that all the leonardite samples, taken from 6 different fields in Turkey, are rich in humic and fulvic acid content. For this reason, all these leonardite reserves, which cannot be utilized as coal, have the potential of being used as an organic soil conditioner in agricultural activities. It has been determined that leonardite can be preferred instead of the chemicals used as soil conditioners and fertilizers in agricultural activities in order to reduce the import costs and prevent the damage to nature caused by these chemicals. The data obtained from the analyses, point out that Turkey has lots of extensive and high quality leonardite reserves. Analysis results indicate that Çanakkale/Çan, Bitlis/Merkez, Kahramanmaraş/Elbistan, Bursa/Keles, Erzurum/Horasan and Adıyaman/Gölbaşı leonardites include a total humic and fulvic acid content of 62.18 %, 59.58 %, 52.67 %, 52.34 %, 50.64 % and 44.35 %, respectively. It is concluded that, these reserves combined with the other known reserves, are enough in quality and quantity to rehabilitate all agricultural lands of Turkey, the majority of which are poor in organic materials, for 39 years.

| | | |
|---|---|---|
| Science Code | : | 90321 |
| Key Words | : | Fulvic acid, humus, humic acid, leonardite, agriculture, soil |
| Page Number | : | 79 |
| Supervisor | : | Prof. Dr. Hüseyin TOPAL |

# TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmaları boyunca, yardımlarını esirgemeyen, sabır ve anlayışla bana hep destek olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin TOPAL ve eşim İlker YAĞLIDERE'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bu çalışma kapsamında sahalardan topladığımız tüm leonardit numunelerinin kimyasal içeriklerini analiz ederek çalışmama destek veren MARTEST Analiz Laboratuvarları SAN. ve TİC. LTD ŞTİ'ne katkısından dolayı teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa**

ÖZET ..... iv

ABSTRACT ..... v

TEŞEKKÜR ..... vi

İÇİNDEKİLER ..... vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ..... ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ ..... x

RESİMLERİN LİSTESİ ..... xi

HARİTALARIN LİSTESİ ..... xii

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... xiii

1. GİRİŞ ..... 1

2. LİTERATÜR TARAMASI ..... 5

2.1. Hümik Maddeler Genelinde Yapılan Çalışmalar ..... 5

2.2. Leonardit Hakkında Yapılan Çalışmalar ..... 7

2.3. Tarımda Hümik Asit Kullanımı Üzerine Yapılan Çalışmalar ..... 10

2.4. Hümik Asit Ölçüm Yöntemleri Hakkında Yapılan Çalışmalar ..... 13

2.5. Toprakta Görülen Besin Eksiklikleri Hakkında Yapılan Çalışmalar ..... 14

2.6. Türkiye Toprakları Hakkında Yapılan Çalışmalar ..... 15

3. TEORİ ..... 25

3.1. Toprak ve Toprağı Oluşturan Bileşenler ..... 25

3.1.1. Edafon ..... 29

3.1.2. Humus ..... 32

3.2. Türkiye Topraklarının Genel Durumu ..... 37

3.3. Makro Besin ve Mikro Besin Kavramları ..... 39

**Sayfa**

3.4. Gübre ve Çeşitleri ..... 43

3.4.1. Doğal gübreler ..... 43

3.4.2. Suni (kimyevi) gübreler ..... 43

3.5. Leonardit ..... 44

3.6. Tarımda Hümik Asit ve Leonardit Kullanımı ..... 47

4. TÜRKİYE'DE LEONARDİT POTANSİYELİ VE TARIMDA UYGULANABİLİRLİĞİ ..... 51

4.1. Materyal ..... 52

4.2. Yöntem ..... 60

4.3. Bulgular ve Tartışma ..... 61

5. SONUÇ ..... 71

KAYNAKLAR ..... 75

ÖZGEÇMİŞ ..... 79

# ÇİZELGELERİN LİSTESİ

**Çizelge** **Sayfa**

Çizelge 2.1. Hümik maddelerin bazı kimyasal özellikleri ..... 5

Çizelge 2.2. Hümik maddeler ile ilgili bazı tanımlar ..... 7

Çizelge 2.3. Türkiye'deki bazı leonarditlerin toplam hümik ve fulvik asit içeriği (%).. 8

Çizelge 2.4. Yüksek kaliteli bir leonardit örneğinin kimyasal analiz sonucu ..... 8

Çizelge 2.5. Yerli ve yabancı bazı ticari leonardit ürünlerinin ağır metal içerikleri ..... 9

Çizelge 2.6. Türkiye'deki bazı görünür linyit rezervleri (ton) ..... 10

Çizelge 2.7. TKİ-Hümas'ın çeltik bitkisi bayrak yapraklarının içeriğine etkisi ..... 12

Çizelge 2.8. Katı örneklerde farklı hümik asit ölçüm yöntemlerinin sonuçları (%) ..... 14

Çizelge 3.1. Türkiye genelindeki toprakların içerik analizi ve ideal değerler ..... 38

Çizelge 3.2. Türkiye genelindeki toprakların durumu ..... 39

Çizelge 3.3. Tüm bitkiler için gerekli olan besin elementleri ..... 40

Çizelge 3.4. Bitkilerde C, O, H ve makro besin eksikliğinde görülen sorunlar ..... 41

Çizelge 3.5. Bitkilerde mikro besin eksikliğinde görülen sorunlar ..... 42

Çizelge 3.6. Çeşitli hayvan atıklarının kimyasal içeriği ..... 43

Çizelge 3.7. Farklı maddelerin hümik ve fulvik asit içerikleri ..... 44

Çizelge 3.8. Leonardit kalite sınıflandırması ..... 45

Çizelge 3.9. Yönetmelik gereği leonardit için asgari gereksinimler ..... 47

Çizelge 3.10. Hümik ve fulvik asit kullanımı ile elde edilen verim ve içerik artışı ..... 48

Çizelge 4.1. Türkiye'deki bazı leonardit sahalarından alınan numunelerin analiz sonuçları ..... 62

Çizelge 4.2. Toprakta tuzluluk sınıfları ve bitki gelişimine etkisi ..... 68

# ŞEKİLLERİN LİSTESİ

**Şekil** **Sayfa**

Şekil 2.1. Hümik maddelerin sınıflandırılması ..... 6

Şekil 2.2. Topraktaki parçalanmış organik maddelerin su geçirgenliğine etkisi ..... 10

Şekil 2.3. Hümik maddelerin toprakta besin ve su tutma mekanizması ..... 11

Şekil 2.4. Hümik asitin topraktaki elverişli Fe, Mn ve Zn miktarlarına etkisi ..... 12

Şekil 2.5. 5 yaşındaki kiraz ağaçlarına TKİ-Hümas uygulanmasının sonuçları ..... 13

Şekil 3.1. Toprak içerisindeki temel parçacıklar ve büyüklükleri ..... 26

Şekil 3.2. İdeal çayır toprağının içeriği ..... 28

Şekil 3.3. Çeşitli toprak canlılarının büyüklüğü ..... 29

Şekil 3.4. Organik maddelerin sınıflandırılması ..... 33

Şekil 3.5. Fulvik asidin moleküler yapısı ..... 34

Şekil 3.6. Hümik asidin moleküler yapısı ..... 36

Şekil 4.1. Toplam hümik ve fulvik asit içeriği analiz sonuçları ..... 63

Şekil 4.2. Toplam azot içeriği analiz sonuçları ..... 64

Şekil 4.3. Toplam fosfor içeriği analiz sonuçları ..... 65

Şekil 4.4. Suda çözünür fosfor içeriği analiz sonuçları ..... 65

Şekil 4.5. Suda çözünür potasyum içeriği analiz sonuçları ..... 66

Şekil 4.6. Nem içeriği analiz sonuçları ..... 67

Şekil 4.7. pH analiz sonuçları ..... 68

Şekil 4.8. Elektriksel iletkenlik analiz sonuçları ..... 69

Şekil 4.9. Kireç içeriği analiz sonuçları ..... 70

# RESİMLERİN LİSTESİ

**Resim** **Sayfa**

Resim 2.1. Hümik asit uygulamasının marul tohumunun çimlenmesine etkisi..... 13

Resim 4.1. Çanakkale Çan leonardit yatakları..... 53

Resim 4.2. Bitlis Merkez leonardit yatakları, genel görünüm..... 53

Resim 4.3. Bitlis Merkez leonardit yatakları, yüzey görünümü..... 54

Resim 4.4. Bitlis Merkez leonardit yatakları, numune alma çalışmaları..... 54

Resim 4.5. Bursa Keles leonardit yatakları..... 55

Resim 4.6. Kahramanmaraş Elbistan leonardit yatakları..... 56

Resim 4.7. Erzurum Horasan leonardit yatakları, uzaktan bakış..... 57

Resim 4.8. Erzurum Horasan leonardit yatakları, yakından bakış..... 57

Resim 4.9. Erzurum Horasan leonardit yatakları, numune alınan bölge..... 58

Resim 4.10. Adıyaman Gölbaşı leonardit yatakları..... 58

Resim 4.11. Numuneler: Çanakkale Çan (1), Bitlis Merkez (2),
Kahramanmaraş Elbistan (3), Bursa Keles (4),
Erzurum Horasan (5) ve Adıyaman Gölbaşı (6)..... 59

# HARİTALARIN LİSTESİ

**Harita** **Sayfa**

Harita 2.1. Tarım ve Orman Bakanlığı toprak örnekleme noktaları ..... 16

Harita 2.2. Türkiye topraklarının organik madde içeriği haritası ..... 16

Harita 2.3. Türkiye topraklarının organik karbon içeriği haritası ..... 17

Harita 2.4. Türkiye topraklarının tuzluluk haritası ..... 18

Harita 2.5. Türkiye topraklarının pH haritası ..... 18

Harita 2.6. Türkiye topraklarının kireçlilik haritası ..... 19

Harita 2.7. Türkiye topraklarının alınabilir potasyum içeriği haritası ..... 19

Harita 2.8. Türkiye topraklarının alınabilir fosfor içeriği haritası ..... 20

Harita 2.9. Türkiye topraklarının alınabilir demir içeriği haritası ..... 21

Harita 2.10. Türkiye topraklarının alınabilir mangan içeriği haritası ..... 21

Harita 2.11. Türkiye topraklarının alınabilir çinko içeriği haritası ..... 22

Harita 2.12. Türkiye topraklarının alınabilir bakır içeriği haritası ..... 23

Harita 3.1. Türkiye linyit madeni haritası ..... 46

# SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| Simgeler | Açıklamalar |
|---|---|
| **Al** | Alüminyum |
| **As** | Arsenik |
| **$BaCl_2$** | Baryum klorür |
| **B** | Bor |
| **C** | Karbon |
| **Ca** | Kalsiyum |
| **$CaCO_3$** | Kalsiyum karbonat (kireç) |
| **CaO** | Kalsiyum oksit |
| **Cd** | Kadmiyum |
| **Cl** | Klor |
| **Cr** | Krom |
| **cm** | Santimetre |
| **$cm^3$** | Santimetreküp |
| **Cu** | Bakır |
| **dS** | DesiSiemens |
| **Fe** | Demir |
| **g** | Gram |
| **H** | Hidrojen |
| **HCl** | Hidroklorik asit |
| **Hg** | Civa |
| **K** | Potasyum |
| **kcal** | Kilo kalori |
| **kg** | Kilogram |
| **$K_2O$** | Potasyum oksit |
| **l** | Litre |
| **m** | Metre |
| **Mg** | Magnezyum |

| Simgeler | Açıklamalar |
|---|---|
| **mm** | Milimetre |
| **Mn** | Mangan |
| **Mo** | Molibden |
| **N** | Azot |
| **Na** | Sodyum |
| **NaCl** | Sodyum klorür |
| **Ni** | Nikel |
| **O** | Oksijen |
| **P** | Fosfor |
| **Pb** | Kurşun |
| **pH** | Potential of Hydrogen |
| **$P_2O_5$** | Di fosfor penta oksit |
| **S** | Kükürt |
| **Sn** | Kalay |
| **$SiO_2$** | Silisyum di oksit (kuvars) |
| **Zn** | Çinko |
| **µm** | Mikrometre |

| Kısaltmalar | Açıklamalar |
|---|---|
| **ABD** | Amerika Birleşik Devletleri |
| **ACC** | American Colloid Company |
| **AOAC** | Association of Official Analytical Chemists |
| **CDFA** | California Department of Food and Agriculture |
| **EC** | Electrical Conductivity |
| **GAP** | Güneydoğu Anadolu Projesi |
| **ISO** | International Organization for Standardization |
| **KDK** | Katyon Değiştirme Kapasitesi |
| **Mak.** | Maksimum |
| **Med.** | Medyan |
| **Min.** | Minimum |
| **MTA** | Maden Tetkik ve Arama Kurumu |

| Kısaltmalar | Açıklamalar |
|---|---|
| **Ort.** | Ortalama |
| **ppm** | Parts per million |
| **TKİ** | Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu |
| **TS** | Türk Standardı |
| **TSE** | Türk Standardları Enstitüsü |
| **TÜİK** | Türkiye İstatistik Kurumu |
| **w/w** | Ağırlık/ağırlık |

# 1. GİRİŞ

Türkiye toprakları genel olarak tarımsal açıdan verimsizdir. Öyle ki, 2018 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yaptığı araştırmada Türkiye topraklarının üst toprak olarak adlandırılan ilk 30 cm derinliğindeki katmanı incelenmiş ve Türkiye topraklarının şu özelliklerde olduğu görülmüştür:

- %99'u organik içerik olarak fakir veya sınır değerde (%10'undan orta, %89'unda az ve çok az),
- %99'unda organik karbon miktarı yetersiz fakir veya sınır değerde (%10'unda orta, %89'unda az ve çok az),
- %99'u kireçli (%18'i kireçli, %81'i orta, fazla ve çok fazla kireçli),
- %49'u ağır veya hafif bünyeli (%41,44'ü killi tınlı, %4,24'ü killi, %3,27'si kumlu),
- %35'i bazik veya asidik (% 27'si bazik, %8'i asidik).

Ayrıca Türkiye topraklarının,

- %76'sında ise azot (%55'inde az, %21'inde çok az),
- %63'ünde alınabilir çinko (%49'unda az, %14'ünde çok az),
- %54'ünde ise alınabilir mangan (%53'ünde az, %1'inde çok az),
- %22'sinde alınabilir demir (%6'sında yetersiz, % 16'sında sınır değerlerde),
- %19'unda alınabilir fosfor (%17'sinde az, %2'sinde çok az)

içeriği yetersiz veya sınır değerlerdedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).

Yukarıda belirtildiği gibi, azotun en büyük kaynağı olan organik madde açısından topraklarımız çok zayıftır. Dahası, Türkiye topraklarının genelinde mikro besin eksikliği yaygındır. Akdeniz, Güneydoğu ve İç Anadolu bölgelerinde bazı sahalarda tuzluluk problemi vardır. Tüm bu zayıflıklar, toprağın bünyesinde su tutamaması, erozyon, yapısal bozukluklar, bitkilerin gerekli bazı elementlerden (fosfor, potasyum, demir, çinko, vb.) faydalanamaması gibi sorunlara neden olmaktadır. Sonuç olarak ise bitkisel üretimde nicelik ve nitelik olarak düşüklük göze çarpmaktadır.

Bahsedilen problemler dışında, ülkemiz iklim değişikliği sürecinde en kırılgan bölgelerden biri olan Akdeniz Kuşağı içinde bulunduğu için, küresel ısınmadan da oldukça olumsuz olarak etkilenmektedir. Azalan temiz su kaynakları ve kuraklık nedeniyle, toprağın su

tutmaması ve erezyon artık daha da büyük problemler haline gelmiştir. Yakın gelecekte ise artan nüfusun da etkisiyle ülkemiz iklim değişikliğinin neden olduğu bu yıkımdan daha da fazla etkilenecektir. Önemli bir organik karbon havuzu olan topraktan salınan karbon miktarı ile iklim değişikliği arasında çok ciddi bir korelasyon olduğu bilinmektedir. Toprak içerisindeki organik madde, dolayısıyla organik karbon miktarını etkileyen en önemli faktörün iklim olduğu göz önünde bulundurulduğunda, iklim değişikliğinin tarım üzerinde de çok ciddi etkileri olduğu ortadadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018). Gece gündüz ve mevsimler arasındaki sıcaklık farkı, buharlaşma miktarı, yıllık yağış miktarı, nem ve güneşin etkisi topraktaki organik madde miktarını etkileyen en önemli etkenlerdir.

Tarım arazilerini verimli hale getirebilmek için öncelikle toprağın organik madde içeriğinin artırılması gerekmektedir. Bunun için toprağa ahır veya kanatlı hayvan gübresi, bitkisel artık, yeşil gübre, kompost, atık çamur ve leonardit gibi maddeler yeterli miktarda eklenmelidir. Tüm topraklarımıza yetecek kadar organik gübre olmadığından, leonarditten üretilen hümik ve fulvik asitler tarımda çok az miktarlarda kullanılarak tarımda verimlilik artışı sağlanabilir (Gezgin ve ark., 2012).

Toprak içerisindeki organik maddelerin temel bileşeni humustur. Organik gübrelerin toprağa olan faydasının temel nedeni, toprakta mikroorganizmalarca parçalanma ile oluşan organik bileşikler ve humus olarak gösterilmiştir (Stevenson, 1982). Humus ise hümik ve fulvik asitlerden oluşmaktadır. Hümik ve fulvik asit içeriği açısından en zengin maddenin leonardit olduğu bilinmektedir. Leonardit, hayvansal ve bitkisel artıkların, bataklık ve göl gibi ortamlarda milyonlarca yıl içindeki değişimi ile oluşan, organik, killi ve tortul bir kayaç olarak tanımlanmaktadır.

Literatürde, ülkemizin farklı bölgelerindeki leonarditlerin toplam hümik ve fulvik asit, makro besin (azot, fosfor, potasyum), pH, elektriksel iletkenlik (EC), kireç ($CaCO_3$), nem ve ağır metal içeriği ile ilgili birkaç yayın dışında çalışma bulunmadığı göze çarpmaktadır. Ayrıca mevcut leonardit rezervlerinin kalite ve miktarını inceleyerek bunların Türkiye'deki tarım arazilerinin ne kadarını rehabilite edebileceğini araştıran bir çalışma da mevcut değildir.

Bu çalışma kapsamında, Türkiye'deki birbirine çok uzak, biri yeni toplam 6 farklı sahadan leonardit örnekleri alınıp içerikleri detaylı şekilde analiz edilmiştir. Toplanan tüm

numunelere, akredite bir laboratuvarda, toplam hümik ve fulvik asit, toplam azot, toplam $P_2O_5$, suda çözünür $P_2O_5$, suda çözünür $K_2O$, nem, pH, EC ve kireç ($CaCO_3$) analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürdeki diğer iki çalışma ile kıyaslanmış ve sonuçlar tartışılmıştır. Analiz edilen 3 bölgenin toplam hümik ve fülvik asit miktarları literatürde ilk kez verilmiştir. Bunun dışında analiz edilen 6 bölgeye ait leonarditlerin makro besin (azot, fosfor, potasyum), pH, elektriksel iletkenlik (EC), kireç ($CaCO_3$) ve nem oranları da literatürde ilk kez verilmiştir. Türkiye'deki mevcut leonardit rezervlerinin miktarı ve tarım arazilerinin büyüklüğü incelenmiş ve çalışmanın asıl amacı olarak, mevcut rezervlerin Türkiye'deki tarım arazilerinin tamamını rehabilite edebilecek kalite ve miktarda olup olmadığı tartışılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında elde edilen makrobesin içeriği verileriyle, literatürde bazı kaynaklarda belirtilen, leonarditin gübre özelliklerine sahip olmadığı tezinin yanlış olduğu gösterilmiştir.

# 2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde literatürde mevcut olan çalışmalar ile ilgili özet bilgi ve veriler incelenecektir.

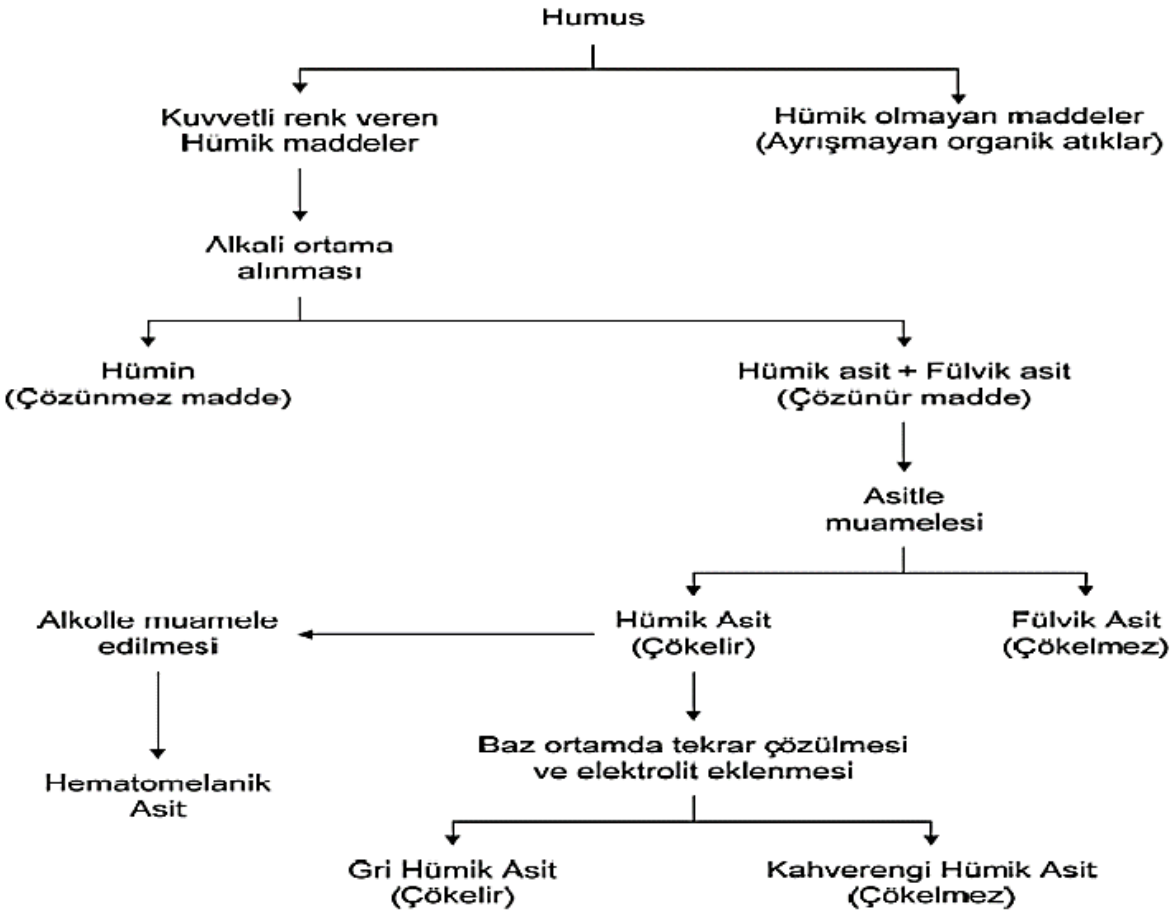
## 2.1. Hümik Maddeler Genelinde Yapılan Çalışmalar

Ülkemizde hümik maddeler, leonardit ve hümik asidin tarımda kullanılması ile ilgili son yıllarda bazı çalışmalar yapılmıştır. (Zengin ve Kaya, 2016; Dizman ve ark., 2012; Karaman ve ark., 2012) çalışmaları ile hümik maddeler hakkında genel kavramları anlatılmıştır. (Stevenson, 1982) çalışmasında hümik maddelerin kimyasal özellikleri verilmiştir. Zengin ve Kaya (2016)'nın gösterdiği, hümik maddelerin bazı kimyasal özellikleri Çizelge 2.1 ile verilmiştir. Çizelgede soldan sağa gidildikçe değişen kimyasal özellikler gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Hümik maddelerin bazı kimyasal özellikleri

<table>
<tr><td colspan="2">Fulvik Asit</td><td>Hemotomelanik Asit (Ulmik Asit)</td><td colspan="2">Hümik asit</td><td>Humin</td></tr>
<tr><td>Açık Sarı</td><td>Sarı-Kahverengi</td><td>Sarı-Yeşil</td><td>Koyu Kahverengi</td><td>Gri-Siyah</td><td>Siyah</td></tr>
<tr><td colspan="6">Renk yoğunluğu artar</td></tr>
<tr><td colspan="6">Polimerizasyon derecesi artar</td></tr>
<tr><td colspan="6">Moleküler ağırlığı artar</td></tr>
<tr><td colspan="6">Karbon içeriği artar</td></tr>
<tr><td colspan="6">Oksijen içeriği azalır</td></tr>
</table>

Zengin ve Kaya (2016) hümik maddeleri Şekil 2.1 ile gösterilen şekilde sınıflandırmıştır.




Şekil 2.1. Hümik maddelerin sınıflandırılması

Dizman ve ark. (2012) hümik maddelerle ilgili çeşitli tanımları Çizelge 2.2 ile verilen biçimde açıklamıştır.

Çizelge 2.2. Hümik maddeler ile ilgili bazı tanımlar

| Terim | Tanım |
|---|---|
| Organik kalıntılar | Çürümemiş bitki ve hayvan dokuları ile bunların kısmen bozunmuş ürünleri |
| Toprak biyokütlesi | Canlı mikrobiyal doku olarak bulunan organik madde |
| Humus | Organik kalıntılar ve toprak biyokütlesi hariç topraktaki organik bileşiklerin toplamı |
| Toprak organik maddesi | Humusla aynı |
| Hümik maddeler | İkincil sentez reaksiyonları ile oluşan göreceli olarak büyük moleküler ağırlıklı, kahve-siyah renkli maddeler serisidir. Bu terim, renkli materyali veya çözünürlük karakteristiği temelinde elde edilen fraksiyonlarını tanımlamak için jenerik isim olarak kullanılmaktadır. Bu materyaller toprağa ve tortu dünyasına göre daha kendine belirgin özelikleri vardır. Öyleki, mikroorganizmaların biyo-polimerlere ve lignin dahil büyük bitkilere benzememektedirler. |
| Non-hümik maddeler | Amino asitler, karbohidratlar, yağlar, mumlar, reçineler, organik asitler gibi biyo-kimyanın bilinen sınıflarına ait bileşiklerdir. Humus, tamamı ile olmasa da, canlı organizmalarla sentezlenmiş biyo-kimyasal bileşiklerin çoğunu içermektedir. |
| Humin | Humusun alkalide çözünmeyen fraksiyonudur. |
| Hümik asit | Değişik kimyasallarla topraktan ekstrakte edilebilen ve derişik asitlerde çözünmeyen koyu renkli organik materyaldir. |
| Fülvik asit | Asitleme sonucu hümik asitin uzaklaştırılmasından sonra çözeltide kalan renkli materyaldir. |
| Himatomelanik asit | Hümik asitin alkolde çözünen kısmıdır. |

## 2.2. Leonardit Hakkında Yapılan Çalışmalar

Şengüler (2015) ile leonarditin genel özellikleri, Engin (2013) ile Türkiye'deki birkaç bölgeden alınan leonarditlerin içeriğindeki hümik asit oranı verilmiştir. Engin (2013) tarafından verilen içerik analizi Çizelge 2.3 ile gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Türkiye'deki bazı leonarditlerin toplam hümik ve fulvik asit içeriği (%)

| | |
|---|---|
| Uşak/İlyaslı | 26.72 |
| Soma | 24.16 |
| Denizli/Kale | 38.42 |
| Muğla/Milas | 31.94 |
| Niğde/Ulukışla | 20.65 |
| Meriç | 48.39 |
| Çanakkale/Çan | 34.36 |
| Adıyaman | 59.55 |

Engin (2013) tarafından verilen, örnek bir yüksek kaliteli leonardite ilişkin içerik analizi sonuçları Çizelge 2.4 ile verilmiştir.

Çizelge 2.4. Yüksek kaliteli bir leonardit örneğinin kimyasal analiz sonucu

| | | | |
|---|---|---|---|
| Karbon (C) | % 30,7 | Hümik asitler | % 65-85 |
| Hidrojen (H) | % 2,4 | Nem | % 15-20 |
| Azot ( N ) | % 1,7 | Toplam Organik Madde | % 86 |
| Kükürt ( S ) | % 1,5 | Kalsiyum ( Ca ) | % 1,2 |
| Oksijen ( O ) | % 34 | Magnezyum ( Mg ) | % 0,12 |
| C/N | 18,3 | Fosfat ( P ) | % 0,05 |
| Demir ( Fe ) | % 1,85 | Potasyum ( K ) | % 0,76 |

Pekcan ve ark. (2018) tarafından analiz edilen yerli ve yabancı kökenli 28 farklı ticari leonardit ürününün, 18 tanesinin toplam hümik ve fulvik asit içeriğinin, yönetmelik (2014) ile belirlenen asgari değer olan %40 (w/w)'ın altında olduğu gösterilmiştir. Aynı çalışmada 14 ürünün ise yüksek miktarda ağır metal içerdiği ve 1 ürünün nem içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen ağır metal içerikleri Çizelge 2.5 ile verilmiştir.

Erkoç (2009) leonarditin seralarda yetiştirilen domates kalitesi üzerine olumlu etkilerini göstermiştir.

Çizelge 2.5. Yerli ve yabancı bazı ticari leonardit ürünlerinin ağır metal içerikleri

| No | mg kg$^{-1}$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | As | Cd | Cr | Hg | Ni | Pb | Sn |
| 1 | 332,59 | 1,35 | 352,11 | 2,84 | 237,56 | 14,05 | 5,99 |
| 2 | 46,98 | be | be | 0,82 | be | 6,03 | be |
| 3 | be | 0,25 | 113,61 | 0,46 | 17,79 | 0,58 | 0,01 |
| 4 | 43,08 | 0,27 | be | 0,12 | 40,92 | 0,72 | 0,43 |
| 5 | be | 0,44 | 126,71 | be | 459,35 | 0,45 | be |
| 6 | 221,94 | 0,53 | be | 0,78 | 1,18 | be | be |
| 7 | 178,96 | 0,28 | be | 0,76 | 0,13 | be | 0,48 |
| 8 | 175,91 | 0,17 | be | 0,72 | be | be | 0,58 |
| 9 | 291,99 | 0,22 | be | 0,17 | be | be | 0,11 |
| 10 | 235,95 | 0,23 | be | be | be | 0,36 | 2,31 |
| 11 | 352,85 | 0,24 | be | be | be | 0,56 | 0,25 |
| 12 | 97,50 | 0,03 | be | be | be | be | 0,48 |
| 13 | 13,20 | 0,34 | 0,64 | 0,61 | 20,37 | 1,12 | 0,18 |
| 14 | be | 0,45 | be | 0,33 | be | 1,10 | be |
| 15 | 119,25 | 0,37 | be | 0,45 | 23,29 | be | be |
| 16 | 32,30 | be | be | 0,42 | be | 2,64 | 1,45 |
| 17 | 195,81 | 0,3 | be | 0,31 | 17,52 | be | 1,44 |
| 18 | 217,68 | 0,64 | be | be | 4,05 | 0,23 | 0,75 |
| 19 | 236,10 | 0,26 | 153,30 | 0,52 | 56,11 | be | 0,36 |
| 20 | be | 0,47 | be | 0,42 | 1,23 | 2,06 | be |
| 21 | 38,33 | be | be | 0,47 | 0,82 | be | be |
| 22 | be | 0,05 | be | 0,41 | be | 0,07 | be |
| 23 | be | 0,10 | 75,99 | 0,46 | 96,00 | 2,15 | 0,01 |
| 24 | be | 0,03 | 139,02 | 0,49 | 33,52 | be | 0,07 |
| 25 | be | 0,01 | 138,39 | 0,51 | 339,87 | be | be |
| 26 | 1,81 | 0,10 | 65,71 | 0,71 | 100,47 | 1,18 | be |
| 27 | be | 0,10 | 108,64 | 0,18 | 34,90 | be | be |
| 28 | be | 0,08 | 21,11 | 0,60 | 6,58 | 2,33 | be |

be: belirlenemedi

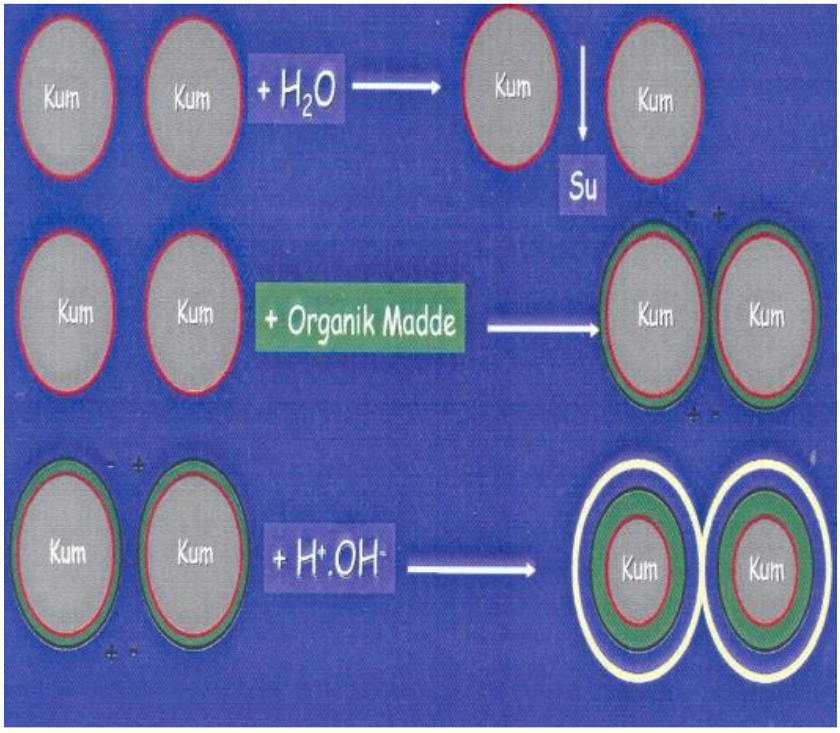
Leonarditin genellikle linyit maden sahalarında bulunduğu bilinmektedir. Zengin ve Kaya (2016) MTA verilerini kullanarak ülkemizdeki bazı görününür linyit rezervi miktarını Çizelge 2.6 ile gösterilen şekilde vermiştir.

Çizelge 2.6. Türkiye'deki bazı görünür linyit rezervleri (ton)

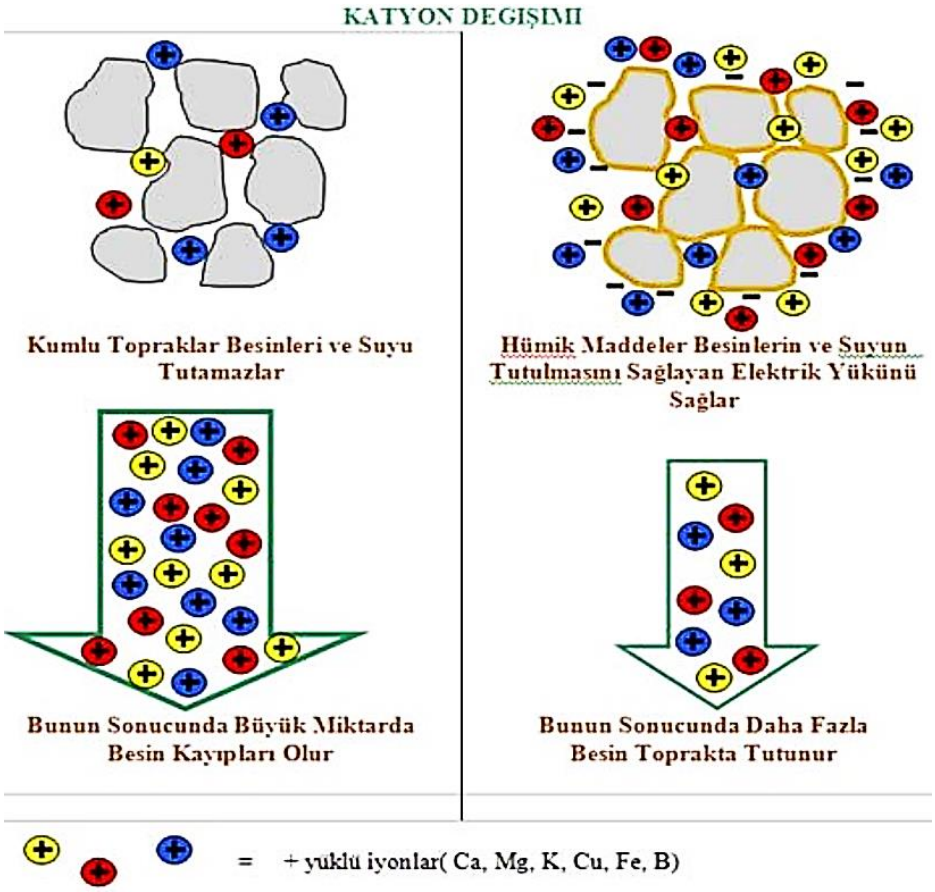
| | | | |
|---|---|---|---|
| Kahramanmaraş Elbistan | 3.257.340 | Bursa Orhaneli Devecisokağı Keles Davutlar | 99.585 |
| Konya Beyşehir Seydişehir Ilgın Karapınar | 771.639 | Balıkesir Dursunbey | 34.684 |
| Muğla Milas Yatağan | 706.155 | Çorum Alpagut Osmancık | 31.753 |
| Manisa Soma | 649.705 | Ankara Gölbaşı | 19.452 |
| Sivas Kangal | 202.607 | Denizli Çivril | 4.566 |
| Ankara Beypazarı | 186.000 | Ankara Şereflikoçhisar (muhtemel) | 4.300 |
| Çanakkale Çan | 128.920 | Afyon Sincanlı Dumlupınar Karacaviran | 3.870 |
| Çankırı | 123.165 | Van | 2.472 |
| İstanbul Şile Silivri | 115.123 | | |

## 2.3. Tarımda Hümik Asit Kullanımı Üzerine Yapılan Çalışmalar

Gezgin ve ark. (2012) hümik asit kullanımının toprak tuzluluğu üzerinde ciddi bir etkisi olmadığını göstermiştir. Gezgin ve ark. (2012)'nın çalışmasında, Şekil 2.2 ve Şekil 2.3 ile gösterilen şekilde, hümik maddelerin toprakta su ve besin maddelerinin tutulmasını nasıl sağladığı gösterilmiştir.

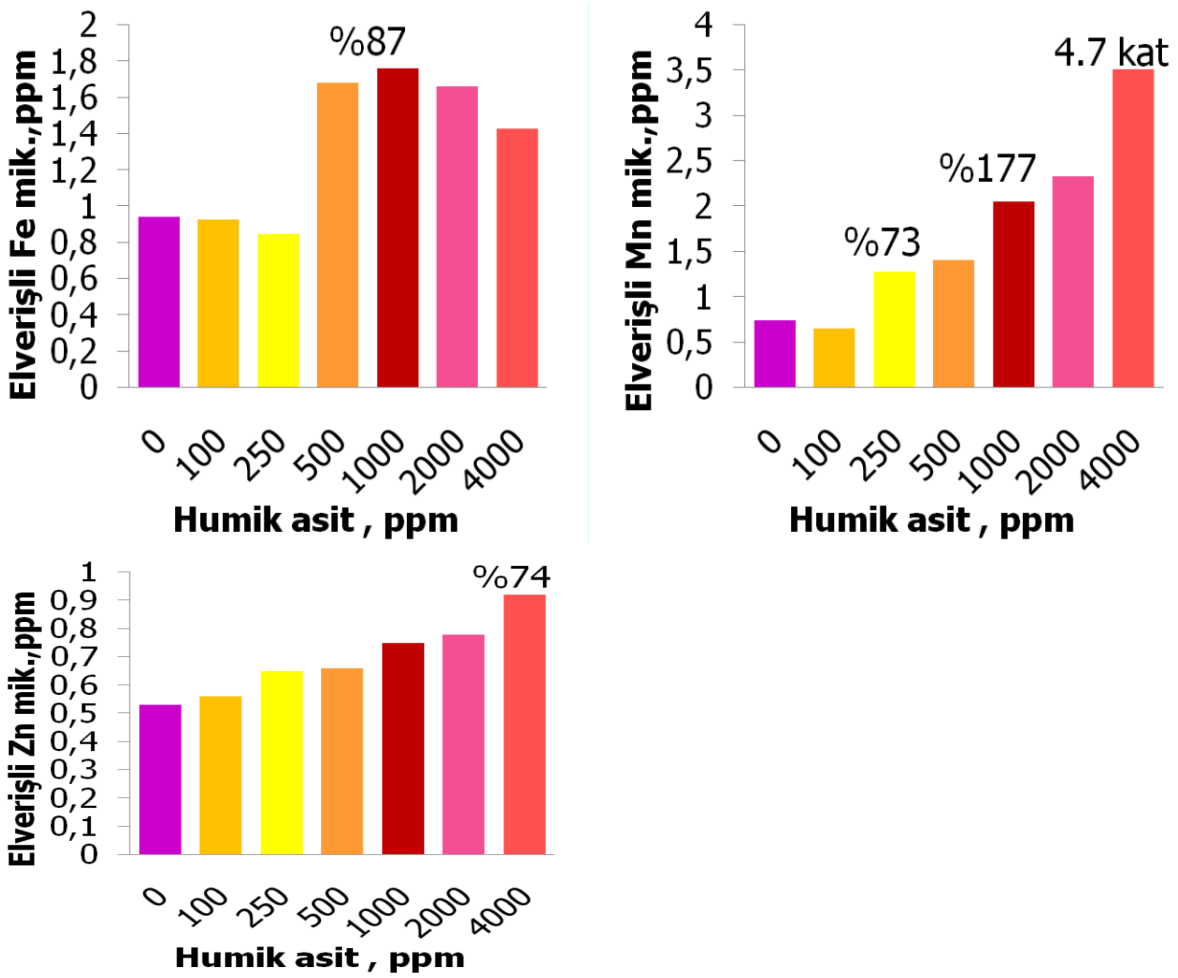



Şekil 2.2. Topraktaki parçalanmış organik maddelerin su geçirgenliğine etkisi




Şekil 2.3. Hümik maddelerin toprakta besin ve suyun tutulmasını sağlama mekanizması

Hümik asit kullanımının ayçiçeği, bakla, biber, buğday, ceviz, çilek, erik, fıstık çamı, ıspanak, mantar, marul, mera, mısır, safran, şeker pancarı ve zeytin üzerindeki olumlu etkileri gösterilmiştir (Geçer, 2020; Kayahan ve ark., 2020; Tunçtürk ve ark., 2020; İstanbullu ve ark., 2020; Arduç ve ark., 2020; Kahramanoğulları, 2020; Yıldırım ve ark., 2020; Namlı ve ark., 2019; Yılmaz ve ark., 2012; Ergönül, 2011). Bu etkiler üretim miktarının artması ve ürün içeriğinin zenginleşmesi olarak özetlenebilir. Şekil 2.4 ile hümik asit kullanımının topraktaki elverişli mikrobesin miktarlarına olan etkisi gösterilmiştir (Gezgin ve ark., 2012).




Şekil 2.4. Hümik asit uygulanmasının topraktaki elverişli Fe, Mn ve Zn miktarlarına etkisi

Çizelge 2.7 ile hümik asit (TKİ-Hümas) kullanımının çeltik bitkisi bayrak yaplarının makro ve mikro besin içeriğine olan etkileri gösterilmiştir (Gezgin ve ark., 2012).

Çizelge 2.7. TKİ-Hümas'ın çeltik bitkisi bayrak yapraklarının içeriğine etkisi

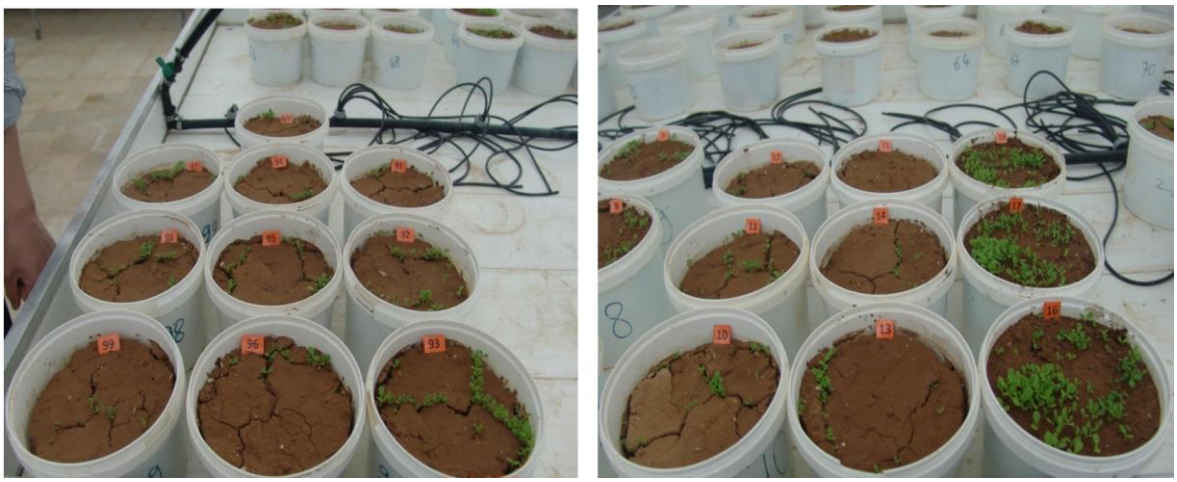
| Uygulama, L/da | P | K | Ca | Mg | S | Fe | Cu | Mn | Zn | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ----------%---------- | | | | | ----------mg/kg---------- | | | | |
| Kontrl | 0.23 | 1.33 | 0.51 | 0.22 | 0.21 | 184.1 | 6.8 | 71.8 | 28.2 | 7.3 |
| 4 | 0.24 | 1.37 | 0.53 | 0.22 | 0.25 | 199.7 | 8.3 | 77.4 | 31.1 | 8.7 |
| 8 | 0.26 | 1.38 | 0.54 | 0.23 | 0.24 | 207.7 | 8.3 | 80.2 | 31.7 | 9.0 |
| 12 | 0.25 | 1.42 | 0.56 | 0.23 | 0.25 | 218.5 | 8.5 | 78.9 | 32.2 | 9.6 |
| 16 | 0.24 | 1.50 | 0.57 | 0.24 | 0.26 | 222.3 | 8.7 | 78.0 | 32.8 | 10.7 |

Şekil 2.5 ve Resim 2.1 ile hümik asit kullanımının 5 yaşındaki kiraz ağaçlarının meyve verimi ve marul tohumlarının çimlenmesi üzerine olan etkileri gösterilmiştir (Gezgin ve ark., 2012).

| Uygulama ml/ağaç | Verim (kg/Ağaç) | Değişim |
|---|---|---|
| Kontrol | **3.47** | --- |
| 100 | **4.04** | **%16** |
| 200 | **5.45** | **%57** |
| 400 | **6.25** | **%80** |
| 800 | **8.12** | **2.3 k** |
| 1600 | **7.32** | **2.1 k** |



Şekil 2.5. 5 yaşındaki kiraz ağaçlarına TKİ-Hümas uygulanmasının sonuçları



Resim 2.1. Hümik asit uygulamasının marul tohumunun çimlenmesine etkisi

### 2.4. Hümik Asit Ölçüm Yöntemleri Hakkında Yapılan Çalışmalar

Kalınbacak ve Madenoğlu (2012) ve Özkan (2008) tarafından organik maddelerde hümik asit ölçümü için kullanılan 9 farklı yöntem karşılaştırılmıştır. Kullanılan bu farklı yöntemlerin çok farklı sonuçlar verdiği görülmektedir. Sıvı ve katı numuneler için farklı yöntemlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Ayrıca bazı yöntemler sadece hümik asit içeriğine karşı duyarlı iken bazıları ise hem hümik asit hem de fulvik asit içeriğine karşı

duyarlı olduğu için gerçekte toplam hümik ve fulvik asit içeriğini ölçmektedir. (Kalınbacak ve Madenoğlu, 2012) ile elde edilen veriler Çizelge 2.8 ile gösterilmiştir.

Çizelge 2.8. Katı örneklerde farklı hümik asit ölçüm yöntemlerinin sonuçları (%)

| No | BaCl2 | Hmvita | TSE | HCl | ACC | CDFA | Polvrm | Mesa | Krulen | Etiket |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 65,9 | 0,9 | 16,2 | 78,5 | 48,8 | 13,7 | 18 | 3,51 | 8,61 | 88,5 |
| 2 | 73,9 | 0,6 | 11,5 | 82,1 | 37,2 | 3,23 | 14,6 | 3,25 | 7,09 | 86,7 |
| 3 | 67,3 | 1,65 | 13,7 | 77,1 | 43,9 | 3,16 | 13,9 | 3,39 | 7,67 | 46,4 |
| 4 | 60,3 | 11,1 | 14,9 | 70,2 | 54,6 | 18,8 | 23,5 | 6,08 | 12,7 | 53,2 |
| 5 | 67,4 | 1,65 | 15,6 | 76,1 | 37,1 | 5,07 | 13,8 | 3,52 | 14,4 | 26 |
| 6 | 2,27 | 47,9 | 56,7 | 94 | 85,2 | 89,4 | 37,3 | 19,7 | 47,9 | 65,5 |
| 7 | 56,6 | 55,6 | 59,8 | 86 | 85,1 | 97,7 | 25,6 | 20,4 | 51,2 | 65,5 |
| 8 | 78,1 | 61,7 | 65,7 | 92,1 | 84,6 | 1074 | 25,3 | 25,4 | 36,7 | 68 |
| 9 | 21,8 | 51,6 | 48,8 | 84,9 | 94,9 | 93,3 | 67,8 | 47,1 | 47,4 | 72 |
| 10 | 31,3 | 75,8 | 62,1 | 69,7 | 84,4 | 73,2 | 42 | 28,3 | 36,1 | 87,3 |
| 11 | 40,5 | 53 | 66,3 | 93,2 | 98,9 | 98,8 | 54,4 | 59,4 | 68,1 | 80 |
| 12 | 46,6 | 45,2 | 51 | 74,9 | 94,2 | 98,1 | 86,9 | 53,5 | 50,4 | 74 |
| 13 | 84,7 | 3,65 | 50,3 | 93,3 | 93,6 | 96,8 | 83 | 46,1 | 50,2 | 67,7 |
| 14 | 83,3 | 3,1 | 43,1 | 93 | 25,5 | 27,7 | 59,5 | 8,05 | 48,5 | 66,1 |
| 15 | 82,9 | 2,2 | 43,8 | 97,1 | 25,7 | 27,6 | 38,9 | 8,37 | 50,4 | 65,8 |
| 16 | 87,1 | 2,9 | 49,8 | 93 | 31,2 | 24,3 | 43,2 | 9,6 | 47,2 | 65,5 |
| 17 | 84,2 | 3,7 | 45,7 | 97,3 | 24,9 | 28,4 | 50,4 | 9,24 | 49,3 | 75 |
| 18 | 77,4 | 1,8 | 47 | 89,8 | 27,1 | 23,1 | 35 | 9,11 | 47,8 | 61,4 |
| 19 | 91,8 | 18 | 56,9 | 105,4 | 36,8 | 20 | 26,4 | 7,8 | 45,3 | 75 |
| 20 | 92,3 | 51,5 | 20,9 | 93,4 | 80,7 | 64,1 | 61 | 39,8 | 54,6 | 70 |
| 21 | 88,1 | 24,2 | 47,6 | 89,5 | 82,2 | 31,3 | 35,6 | 11,8 | 36,8 | 65 |
| 22 | 44,4 | 43,9 | 48,8 | 102,4 | 21,7 | 53,3 | 59,6 | 24,4 | 32,9 | 85 |
| 23 | 70,4 | 6,9 | 29,7 | 99,6 | 73,9 | 12,2 | 18,6 | 3,99 | 17,9 | 85 |
| 24 | 56,3 | 61,7 | 69,3 | 102,6 | 96 | 70,1 | 73,9 | 63,7 | 64,4 | 80 |

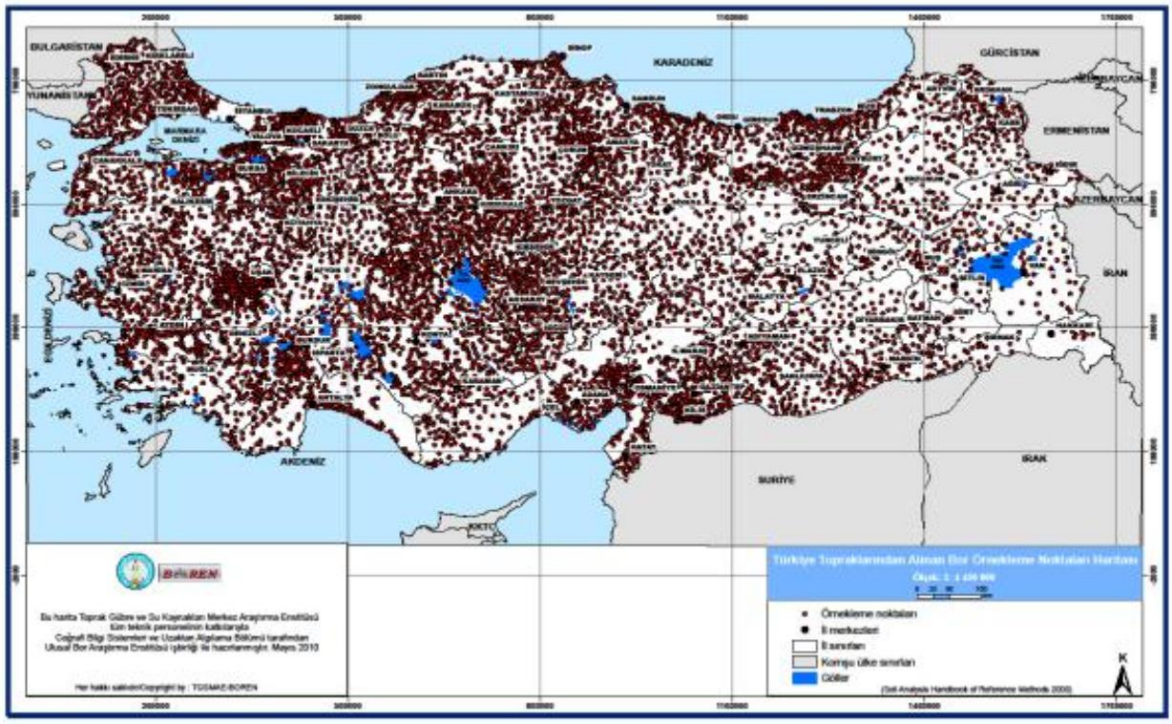
## 2.5. Toprakta Görülen Besin Eksiklikleri Hakkında Yapılan Çalışmalar

Beeson (1945) ABD'de Mn eksikliğinin daha çok yağışlı veya su altında kalıp drene edilerek tarıma açılan bölgelerde görüldüğünü tespit etmiştir. Thome (1951) çinkonun asidik topraklarda bazik topraklara göre daha yarayışlı olduğunu bildirmiştir. Van Moren (1964) çinko eksikliğinin soğuk ve yağışlı iklim bölgelerinde, sıcak ve kurak iklim bölgelerine oranla daha çok görüldüğünü belirtmiştir. Ryan (1967), demir eksikliğinin daha çok kalkerli (kireç taşından oluşan) ana materyalden oluşan topraklarda görüldüğünü tespit etmiştir. Jarvis (1976), canlılar için gereksiz olan Cd'un (kadmiyum), toprakta fosforlu gübre ve

arıtma çamuru kullanımı ile biriktiğini göstermiştir. Kender (1983) yüksek miktarda azotlu gübre uygulamasının bitkilerde flor zararını artırdığını tespit etmiştir. Küçük (1986) Ordu'daki fındıklıklarda görülen sararmanın Mn, Fe, P ve N eksikliği nedeniyle kaynaklandığını belirtmiştir. Sungur (1986) 300 numune inceleyerek yaptığı çalışmada Türkiye genelinde Zn, Fe ve Mn eksikliği olduğunu tespit etmiştir. Kabata-Pendias (1992) motorlu taşıt lastiklerinden ve dizel yağlarından kaynaklı, karayollarına yakın topraklarda Cd kirliliği olduğunu göstermiştir.

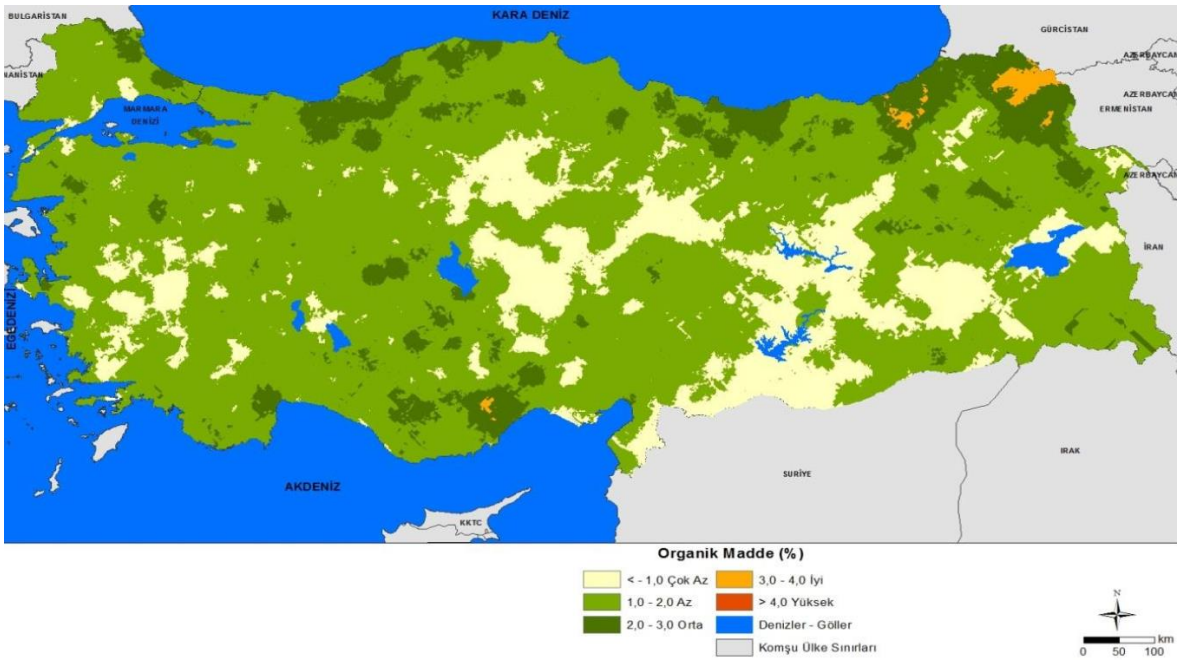
## 2.6. Türkiye Toprakları Hakkında Yapılan Çalışmalar

2018 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından yapılan araştırmada Türkiye'nin 7758 noktasından alınan toprak örneklerinin içeriği analiz edilmiş ve araştırma sonuçlarına göre Türkiye topraklarının %99'unun organik içerik olarak fakir veya sınırda (%10 orta, %89 az ve çok az) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca toprakların %99'unda organik karbon miktarı yetersiz veya sınırda, %99'u kireçli, %49'u ağır veya hafif bünyeli (%41,44'ü killi tınlı, %4,24'ü killi, %3,27'si kumlu) ve %35'i bazik veya asidiktir (% 27 bazik, %8 asidik). Tüm bunlar dışında, Türkiye topraklarının %63'ünde alınabilir çinko, %54'ünde ise alınabilir mangan, %22'sinde alınabilir demir, %19'unda alınabilir fosfor içeriği yetersiz veya sınır değerlerdedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018). İlgili çalışmada numune alınan bölgelerin haritası Harita 2.1 ile gösterilmiştir.



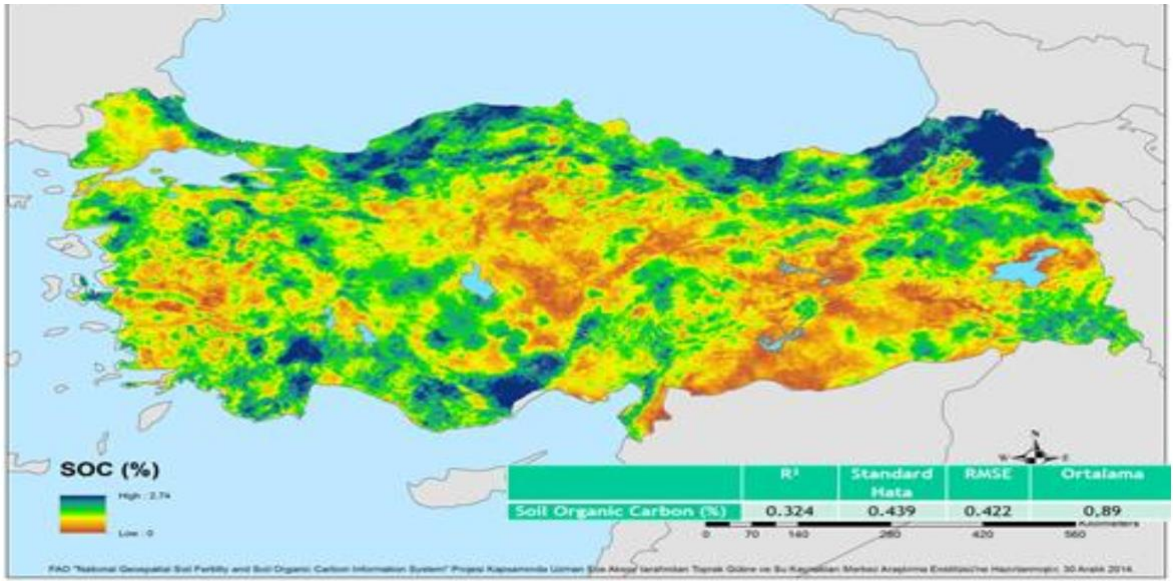

Harita 2.1. Tarım ve Orman Bakanlığı toprak örnekleme noktaları

Tarım ve Orman Bakanlığı'nın çalışmaları sonucunda oluşan Türkiye topraklarının organik madde, organik karbon, tuzluluk, pH ve kireçlilik haritaları sırasıyla, Harita 2.2, Harita 2.3, Harita 2.4, Harita 2.5 ve Harita 2.6 ile verilmiştir.




Harita 2.2. Türkiye topraklarının organik madde içeriği haritası

Harita 2.2 incelendiğinde, organik madde miktarının, krem renk ve açık yeşil ile gösterilen bölglerde çok az (< %1) ve az (%1-2) olduğu görülmektedir. Koyu yeşil, turuncu ve kırmızı renkler ise sırasıyla, organik maddenin orta (%2-3), iyi (%3-4) ve yüksek (> %4) olduğu bölgeleri göstermektedir.

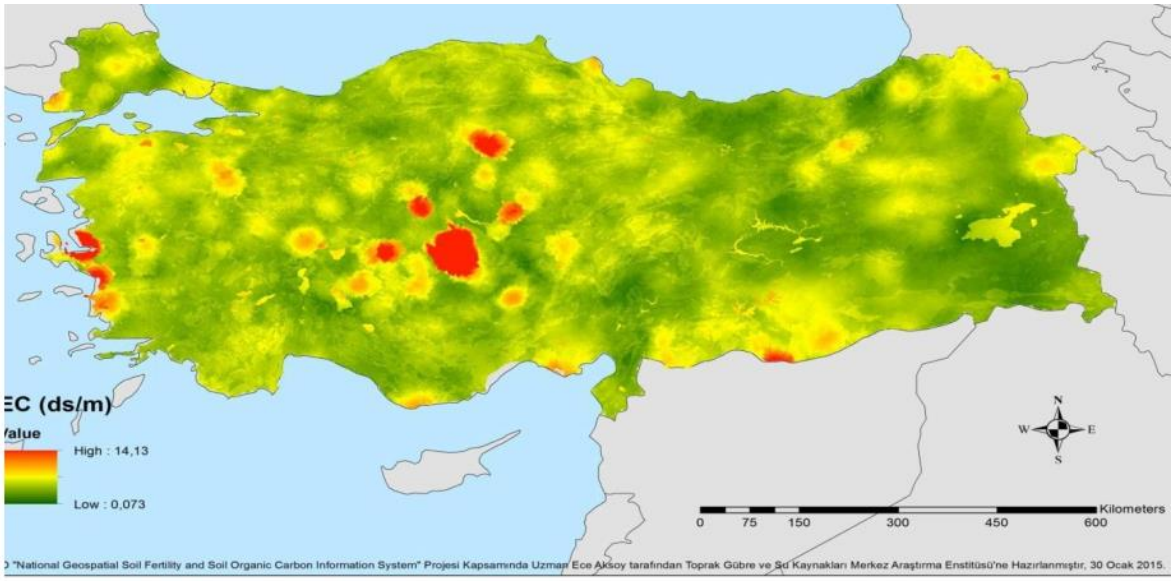



Harita 2.3. Türkiye topraklarının organik karbon içeriği haritası

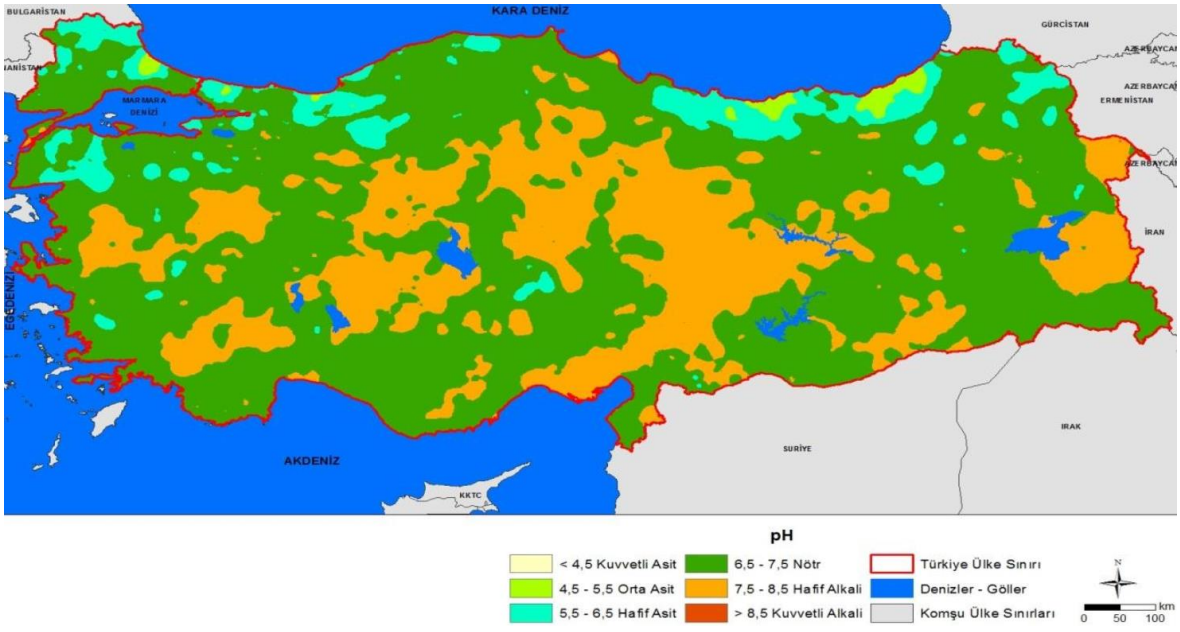
Harita 2.3 incelendiğinde ise, organik karbon dağılımının organik madde dağılımı ile neredeyse aynı şekilde olduğu görülmektedir. Organik karbonun kaynağının organik maddeler olduğu düşünüldüğünde bu aslında beklenen bir durumdur. Haritada kırmızı ve sarı bölgeler organik karbonun çok az, yeşil bölgeler az, lacivert bölgeler ise orta miktarda olduğu bölgeler bölgelerdir.

Organik madde ve aynı şekilde organik karbon içeriği açısından Türkiye topraklarının neredeyse tamamının fakir veya sınır değerlerde olduğu görülmektedir.

Harita 2.4 incelendiğinde, koyu yeşil bölgeler tuzluluk sorunun olmadığı bölgeleri temsil etmektedir. Açık yeşil ve sarı bölgeler az ve orta tuzlu bölgeler iken kırmızı bölgeler ise yüksek tuzlu bölgelerdir. Yüksek tuzlu bölgelerin Ege, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde olduğu görülmektedir.



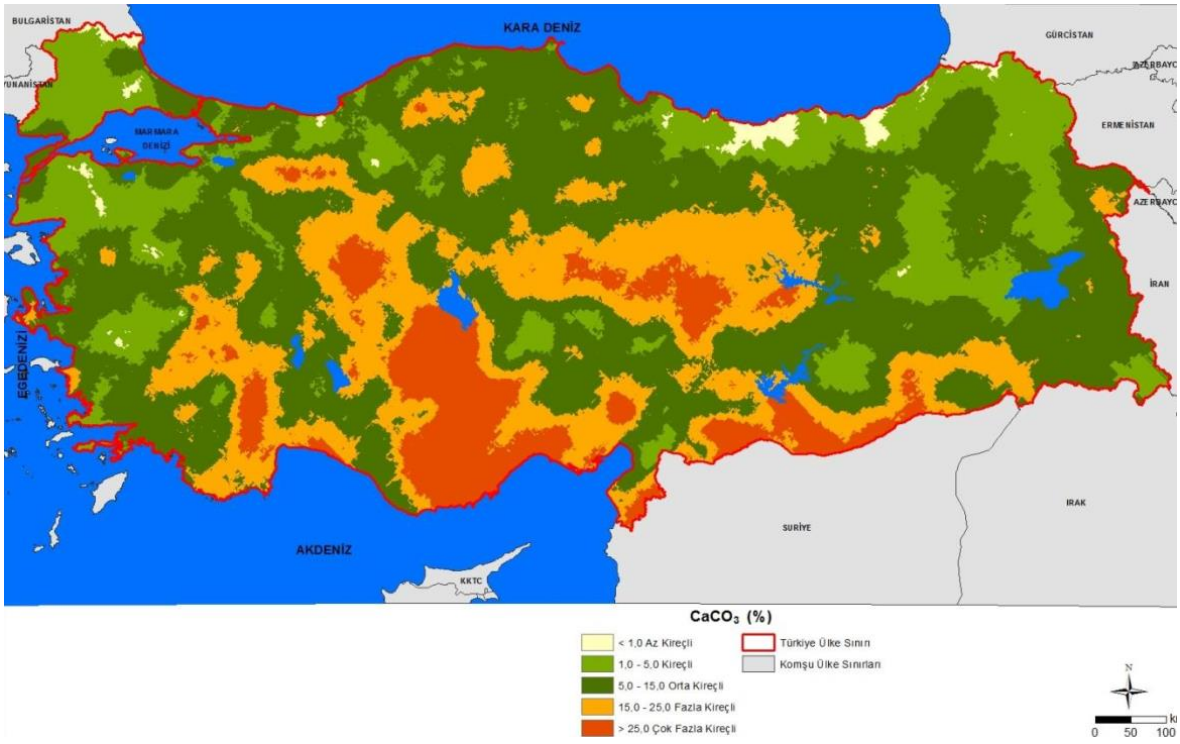

Harita 2.4. Türkiye topraklarının tuzluluk haritası




Harita 2.5. Türkiye topraklarının pH haritası

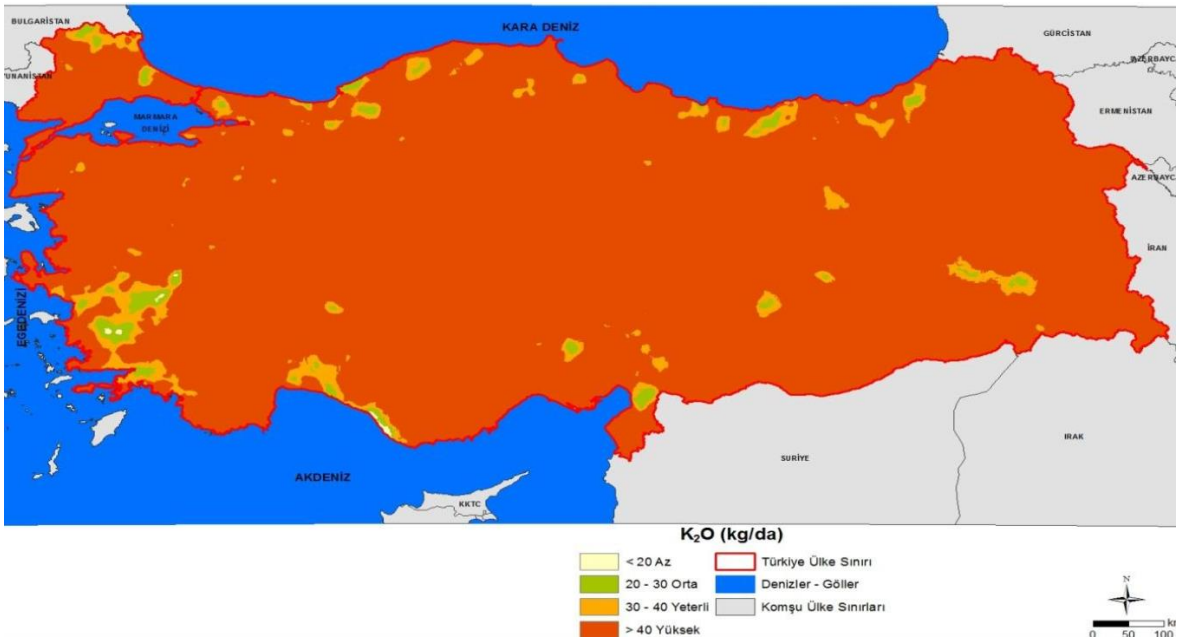
Harita 2.5 incelendiğinde koyu yeşil bölgelerin nötr (7.5>pH>6.5) karakterli olduğu görülmektedir. Turuncu (8.5>pH>7.5) ve kırmızı (pH>8.5) renkler alkali bölgeleri, krem (pH<4.5), açık yeşil (5.5>pH>4.5) ve açık mavi (6.5>pH>5.5) renkler ise asidik bölgeleri temsil etmektedir.

Harita 2.6 ile Türkiye topraklarının kireçlilik durumu gösterilmiştir. Haritada krem renkli bölgeler az kireçli bölgeler iken açık ve koyu yeşil bölgeler ise kireçli bölgelerdir. Turuncu ve kırmızı renk ise çok kireçli bölgeleri göstermektedir.



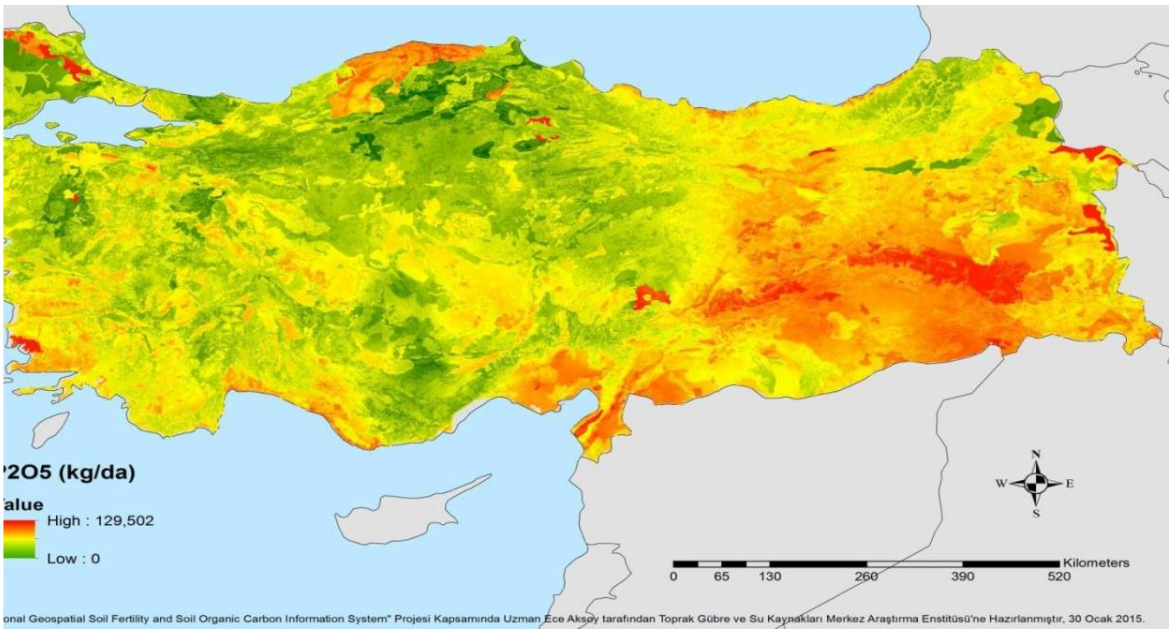

Harita 2.6. Türkiye topraklarının kireçlilik haritası

Tarım ve Orman Bakanlığı'nın çalışmaları sonucunda oluşan Türkiye topraklarının alınabilir potasyum, alınabilir fosfor, alınabilir demir, alınabilir mangan, alınabilir çinko ve alınabilir bakır haritaları ise sırasıyla, Harita 2.7, Harita 2.8, Harita 2.9, Harita 2.10, Harita 2.11 ve Harita 2.12 ile verilmiştir.




Harita 2.7. Türkiye topraklarının alınabilir potasyum içeriği haritası

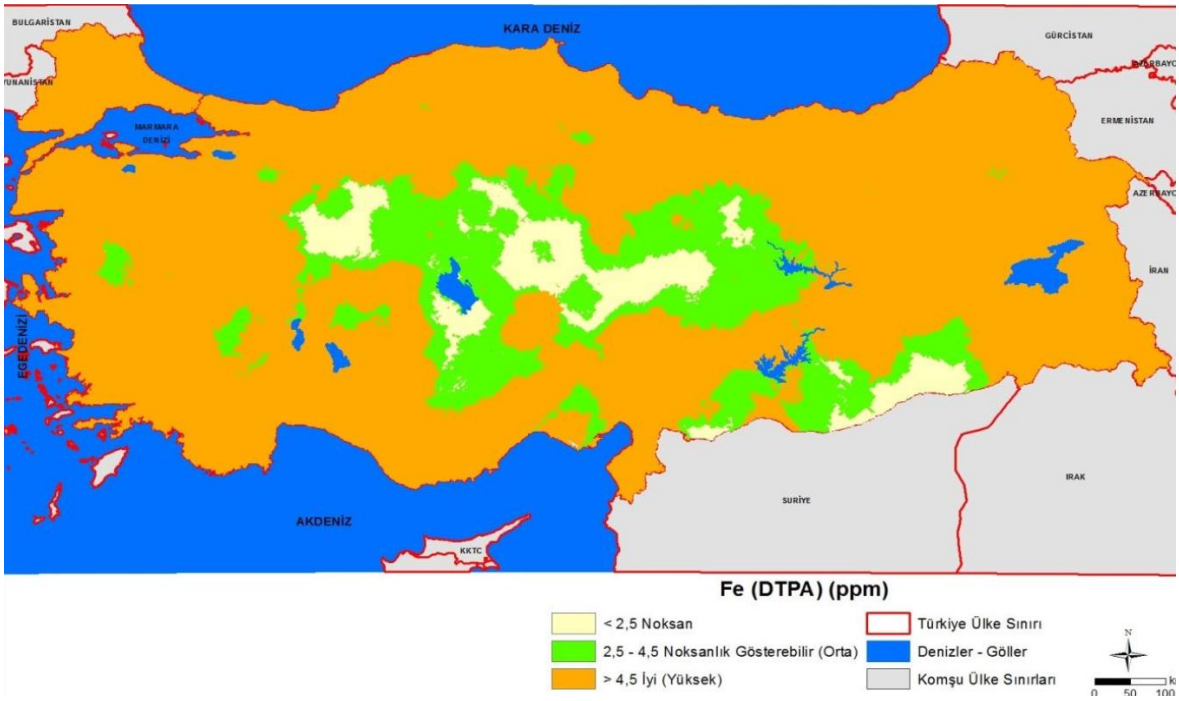
Harita 2.7’de kırmızı renk ile gösterilen bölgeler yüksek miktarda alınabilir potasyum ihtiva eden topraklara sahiptir ve neredeyse Türkiye topraklarının tamamının bu gruba girdiği görülmektedir.




Harita 2.8. Türkiye topraklarının alınabilir fosfor içeriği haritası

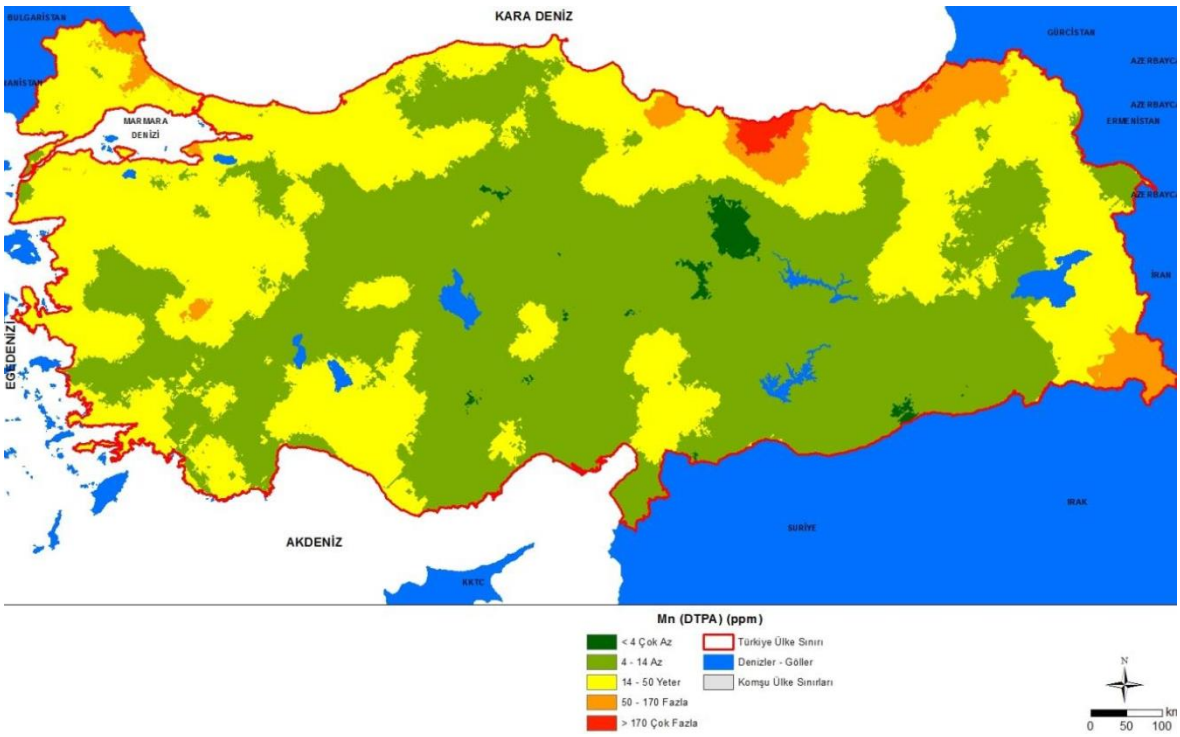
Harita 2.8 incelendiğinde kırmızı renk yüksek miktarda alınabilir fosfor içeriğine sahip bölgeleri göstermekte iken sarı ve yeşil renkler ise orta ve düşük miktarda alınabilir fosfor içeriğine sahip bölgeleri göstermektedir. Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinin bazı bölümleri dışında Türkiye topraklarının fosfor açısından fakir veya sınır değerlerde olduğu görülmektedir. Bitkiler için makro besin olması nedeniyle bu durum tarımsal üretim açısından büyük bir problem olup, sorunun düzenli gübreleme ile çözülmesi gerekmektedir.

Harita 2.9 incelendiğinde, krem ve yeşil renkler demir eksikliği görülen ve görülme ihtimali yüksek olan bölgeleri göstermektedir. Sarı renk ise demir içeriği yeterli olan bölgeleri göstermektedir. Demir eksikliğinin daha çok İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri ile Doğu Anadolu bölgesinin batı taraflarında mevcut olduğu görülmektedir.



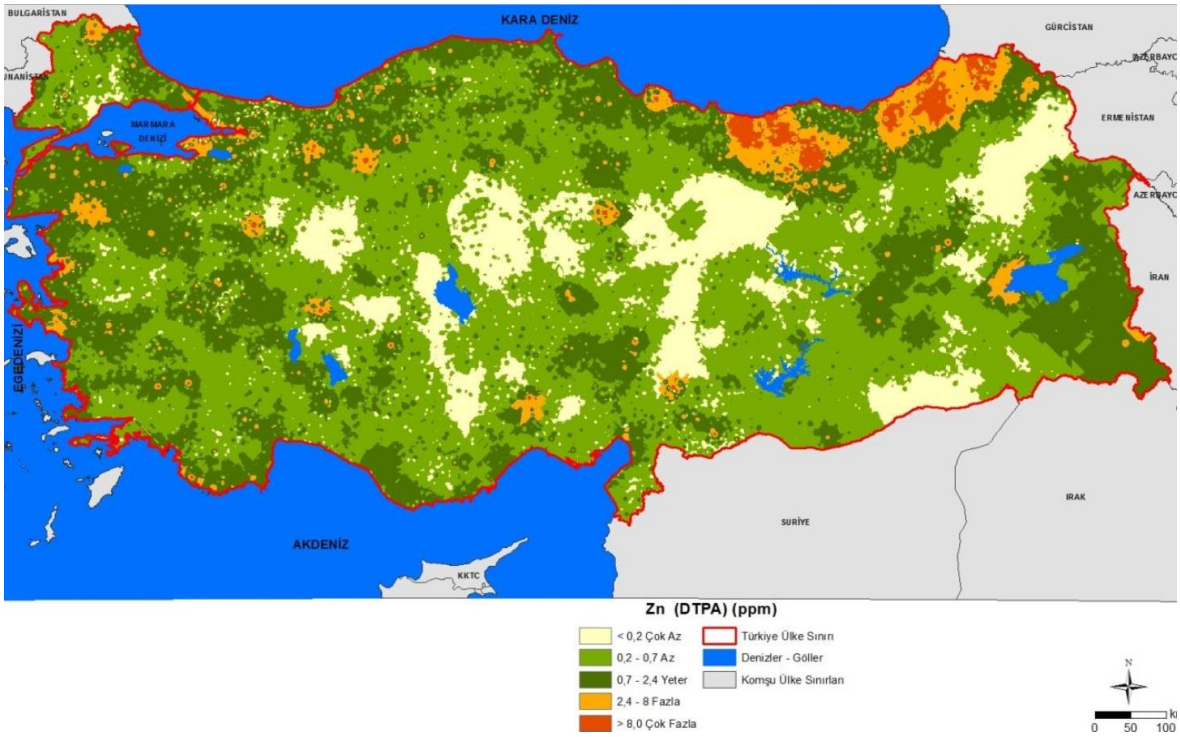

Harita 2.9. Türkiye topraklarının alınabilir demir içeriği haritası

Harita 2.10 ile, alınabilir mangan içeriği açısından yetersiz olan bölgeler yeşil tonlarda gösterilmiştir. Sarı renk ile gösterilen bölgeler orta miktarda mangan içerirken, turuncu ve kırmızı bölgeler yüksek miktarda mangan içermektedir.



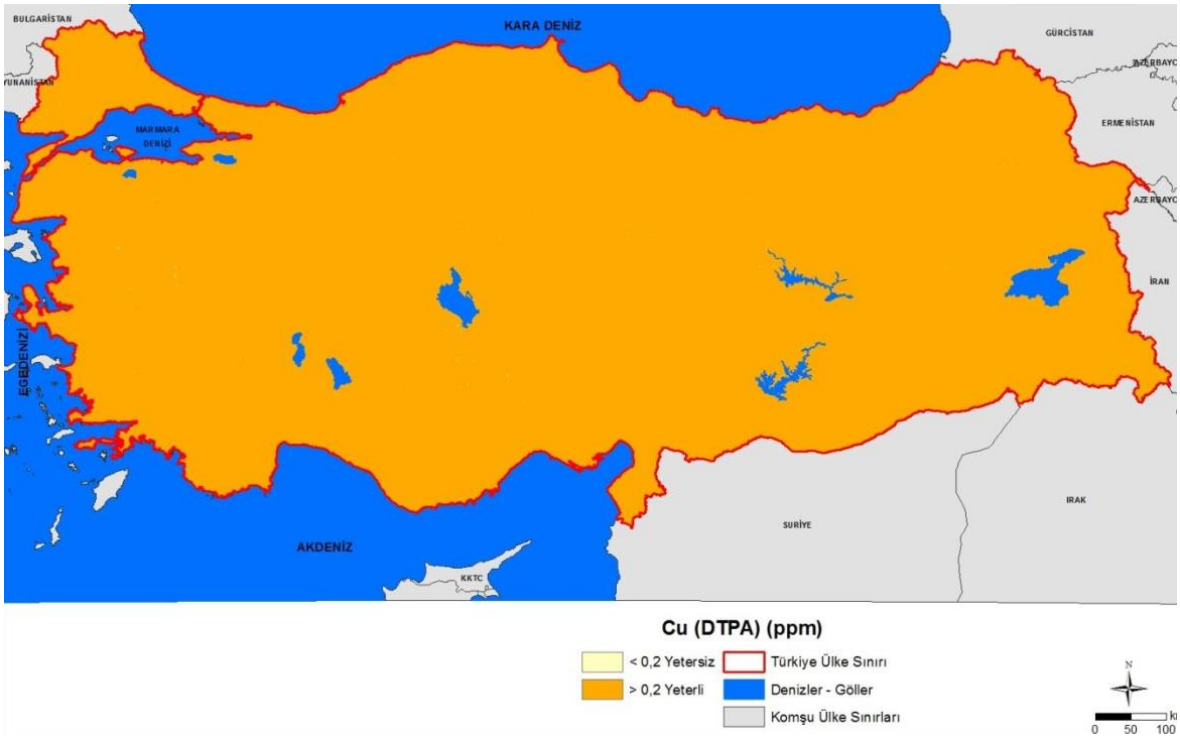

Harita 2.10. Türkiye topraklarının alınabilir mangan içeriği haritası

Harita 2.11 ile Türkiye topraklarının alınabilir çinko açısından durumu gösterilmiştir. Haritada krem ve yeşil renkler yetersiz ve sınırda olan bölgeleri göstermektedir. Turuncu ve kırmızı bölgeler ise yüksek çinko içeren bölgeleri göstermektedir. Buna göre Türkiye topraklarının büyük çoğunluğunda alınabilir çinko eksikliği görüldüğü söylenebilir.




Harita 2.11. Türkiye topraklarının alınabilir çinko içeriği haritası

Harita 2.12 incelendiğinde alınabilir bakır içeriği açısından turuncu bölgeler yeterli iken krem rengi olan bölgeler yetersizdir. Bu haritaya göre Türkiye topraklarında bakır eksikliği görülmemektedir. Bitkiler için en önemli mikro besinlerden biri olmasa da bakırın da bitkiler için gerekli elementlerden biri olduğu bilinmektedir. Ancak topraklarımızda yeterli miktarda bulunduğu için bakır gübrelemesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Meyve bahçelerinde ve bağlarda çokça kullanılan fungusitler nedeniyle bazen bakır toksisitesi oluşmaktadır. Bu durumda bitkilerin yapraklarında yanma görülmektedir ve bitki gelişmesi zayıflamaktadır.




Harita 2.12. Türkiye topraklarının alınabilir bakır içeriği haritası

# 3. TEORİ

Bu bölümde, tezde kullanılan terimler açıklanmıştır ve konu ile ilgili teorik bilgi verilmiştir. Böylece tez kapsamında anlatılan çalışma için gerekli altyapı oluşturulmuştur.

## 3.1. Toprak ve Toprağı Oluşturan Bileşenler

İnsanoğlunun tarımsal amaçlı olarak, toprağa ilk uyguladığı işlem sulamadır. Sonrasında insanlar toprağa sırasıyla, teraslama (toprak eğiminin azaltılması), gübreleme ve münavebeli ekim (toprağa her yıl farklı bitkilerin ekilmesi) işlemlerini uygulamıştır.

Toprak tanım olarak, yeryüzünü ince bir örtü şeklinde kaplayan, organik maddelerin ve kayaların fiziksel, kimyasal ve biyolojik aktiviteler sonucu parçalanıp ayrışması sonucunda oluşan maddelerin su, hava, mikroorganizmalar (bakteriler, aktinomisetler, mantarlar, algler ve protozoalar) ve diğer çeşitli canlılar ile oluşturduğu karışımına verilen isimdir. Toprak mikro florası (biota) bakteriler, mantarlar ve alglerden oluşmaktadır. Toprak faunası ise makro fauna (kırkayaklar, karıncalar, solucanlar), mezo fauna (nematodlar, collemboller, rotatorlar) ve mikro faunadan (amipler, kamçılılar) oluşmaktadır.

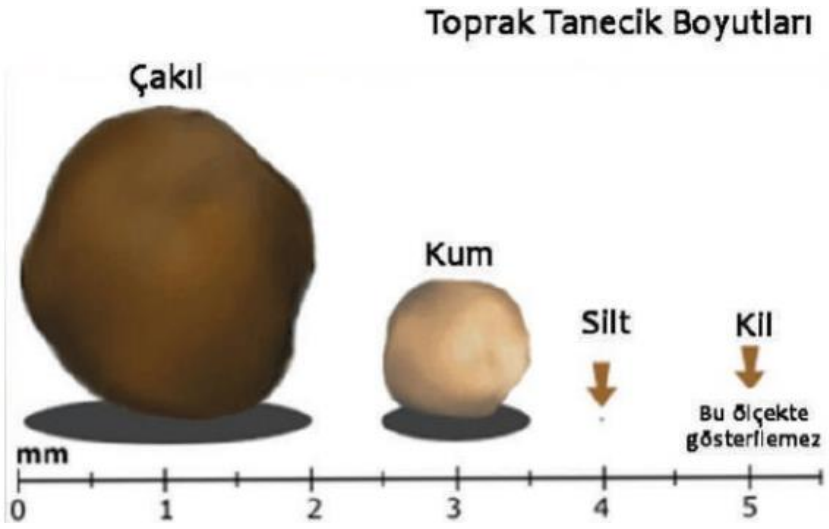
İdeal bir çayır toprağı, hacim olarak, %45 mineral maddeler, %25 hava, %23 su ve %7 organik maddelerden oluşur. (Cangir, 1991 )

Mineral maddeler toprakta içindeki kaya, çakıl, taş, kum, silt (mil) ve kil taneleri gibi inorganik parçacıklardır. Uluslararası sistemde, toprak içerisindeki, 200 µm ile 2 mm arasındaki tanecikler kaba kum, 20 µm (ABD sisteminde 50 µm) ile 200 µm arasındaki tanecikler ise ince kum olarak adlandırılmaktadır. Kumun esas yapısı kuvars ($SiO_2$) olup, toprağın iskeletini oluşturur. Kum taneciklerinin yüzeyinde elektriksel yük bulunmamaktadır. Bu nedenle, kumun toprak içindeki etkisi fiziksel olup, faydası havalandırma ve drenajı sağlaması nedeniyle olmaktadır.

Silt, diğer adıyla mil, 2 ile 20 µm (ABD sisteminde 50 µm) arası büyüklükteki alüminyum silikatlardan oluşur ve su tutma özelliğine sahiptir. Akarsuların taşıdığı alüvyonların bir

kısmının silt olduğu bilinmektedir. Siltin toprak oluşumundaki görevi fiziksel bağlamayı sağlamasıdır.

Kil ise alüminyum silikatların yanında çoğunlukla kalker, silis, mika ve demir oksit, magnezyum, potas, sodyum ve kuvars gibi minerallerden oluşan, 2 μm'den daha küçük taneli parçacıklardır. Kilin su tutma özelliği olduğu için daima nemlidir. Bu nedenle killer suda çözünebilen tuzları ve organik maddeleri de içerebilir. Killerin toplam yüzey alanı, silt ve kuma göre çok yüksektir ve bu yüzey elektriksel olarak negatif yüklüdür. Kil taneleri yüklü olduğu için kum, silt ve su tanecikleri ile bağlanarak toprağı oluşturur. Be nedenle kil içeriği yüksek olan topraklarda, Ca, Mg, Na, K, Fe, Al ve amonyum gibi bileşenler ve su tutma potansiyeli yüksektir. Bu bağlama yeteneği kolloidal yapı olarak adlandırılmaktadır. Şekil 3.1 ile çeşitli parçacıkların büyüklükleri gösterilmiştir. (Akalan, 1987)




Şekil 3.1. Toprak içerisindeki temel parçacıklar ve büyüklükleri

Üst toprak (0-30 cm) içerisindeki kum, silt ve kilin birbirine oranına toprak tekstürü denilmektedir. Kaba yapıda olup, %85'den fazla kum içeren topraklar kumlu topraklar olarak adlandırılır. Kumlu topraklar besin maddesi açısından fakir oldukları için, verimli hale getirmek için bol miktarda kil ve çiftlik gübresi ile karıştırılmalıdır. %80'in üzerinde silt ve %12'den az kil içeren topraklar siltli topraklar olarak adlandırılır. Bu tip topraklar da verimsizdir ve su tutma kabiliyetleri orta seviyededir. %40'ın üzerinde kil, %45'den az kum ve %40'dan az silt içeren topraklara ise killi toprak denir ve bu toprakların su ve besin tutma yeteneği çok yüksektir. Buna rağmen fazla sulandığında ve yağmurda balçıklaştığı ve işlenmesi zor olduğu için arzulanan toprak tipi değildir. Balçıklaşan toprakta hava yerini su

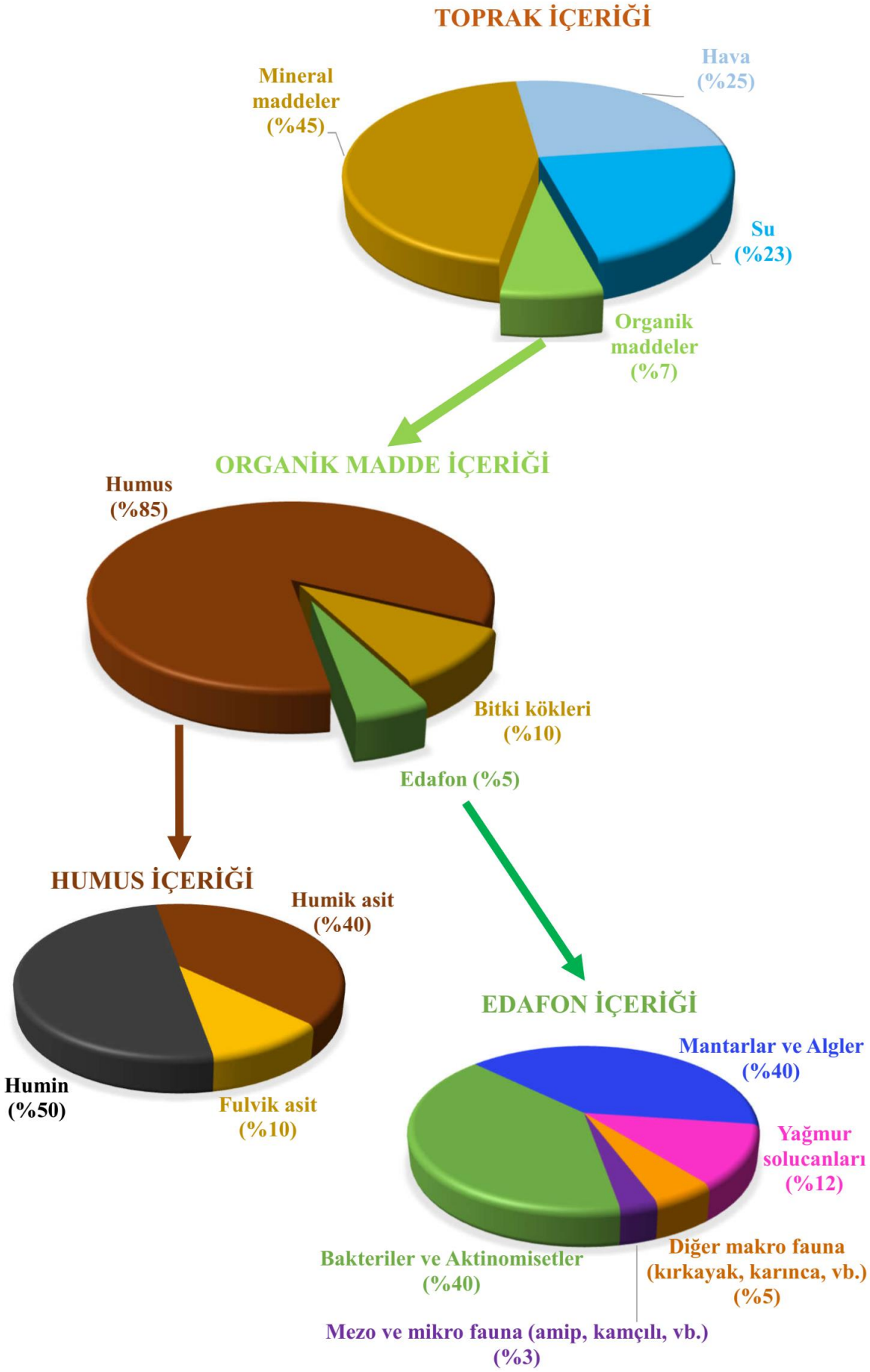
aldığı için bitki kökleri ölüp çürür. Bu toprak türleri dışında kil oranı çok yüksek olan topraklar ağır toprak, kum oranı çok yüksek topraklar ise hafif toprak olarak adlandırılmaktadır. (Ergene, 1987)

Yaklaşık olarak eşit oranda kum ve silt ile bir miktar kil içeren topraklar ise tınlı topraklar olarak bilinir ve bitki gelişimi için en uygun toprak tipi olarak kabul edilir. Su tutma kapasitesi, havalanma, drenaj ve işleme kolaylığı açısından en uygun düzeydedir. Ağırlık olarak orta seviyede olup, yeterli miktarda besin maddesi eklendiğinde son derece verimli olur. Tınlı topraklarda kum, silt ve kil oranları sırasıyla %23-52, %28-50 ve %7-27 aralığında olmaktadır. Bu tip topraklar genel olarak, sırasıyla, %45, %40 ve %15 oranlarında kum, silt ve kil içermektedir ve tarımsal faaliyet açısından öneme sahiptir.

Toprak havası atmosferden farklı olarak 10-20 kat fazla karbondioksit içerir. Bu karbondioksit su ile birleşerek karbonik asidi oluşturur. Bu karbonik asit mineralleri ve organik maddeleri çözerek bitkilere yarayışlı hale getirir ve çözünen bu mineraller bitki kökleri tarafından emilir.

İdeal olarak %7 olarak kabul edilse de, genel olarak iyi bir toprağın hacim olarak %5'i organik maddelerden oluşmaktadır. Bu organik içeriğin %85'i humus, %10'u bitki kökleri ve %5'i (bazen %10'u) ise edafon olarak adlandırılan toprak canlılarından oluşmaktadır. Humusun %50 humin, %40 hümik asit ve %10 fulvik asitten oluşmaktadır. Şekil 3.2 ile toprak içindeki organik maddelerin içeriği verilmiştir.

Torf veya diğer adıyla turba (ingilizce peat), göllerdeki suyun yazın azalması ile kıyıda bitkilerin oluşması ve bu bitkilerin kışın yükselen sular altında kalarak ölüp çürümesi ile oluşur. Bu tabiat olayı binlerce yıl boyunca tekrarlanarak organik toprak türü olan torfu oluşturur. Torf, köklerin etrafındaki toprağın nem ve hava dengesini sağladığı için, sıklıkla toprak düzenleyicisi olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu tezde anlatılan hümik asidin en önemli kaynaklarından birisidir. (Ergene, 1987)




Şekil 3.2. İdeal çayır toprağının içeriği

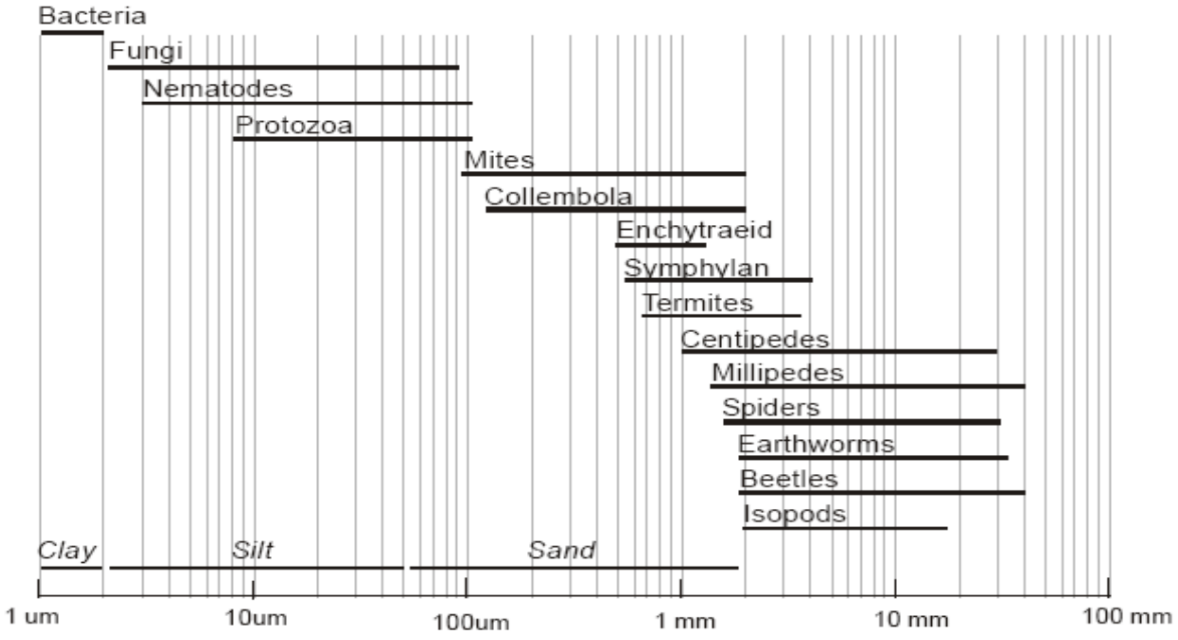
### 3.1.1. Edafon

Toprak canlıları iki farklı grupta incelenmektedir: toprak mikro florası (biota) ve toprak faunası. Toprak canlılarının toplam %80'i mikro floradan oluşurken kalan %20'si ise toprak faunasından oluşmaktadır.

Mikro flora grubundaki canlılardan bakteri ve aktinomisetler, edafonun %40'ını oluştururken, mantar ve algler ise bir diğer %40'ını oluşturur.

Fauna grubu ise makro, mezo ve mikro fauna olmak üzere 3 ana grupta incelenmektedir. Toprak faunası, %12 yağmur solucanı makro faunasından, %5 diğer makro faunadan (kırkayak, karınca, toprak kurtları, vb.) ve %3 mezo (nematodlar, rotatorlar, collemboller) ve mikro (amip, kamçılı, vb.) faunalardan oluşmaktadır.

Toprak canlılarının en değerli faydası, hayvansal ve bitkisel artıkları ayrıştırarak bitki besin maddelerin bitkilere geçmelerini sağlamalarıdır. Toprak canlıların büyüklüğü 1 µm ile 4 cm arasında değişmektedir. Çeşitli toprak canlıların büyüklükleri Şekil 3.3 ile gösterilmiştir.




Şekil 3.3. Çeşitli toprak canlılarının büyüklüğü (Akalan, 1987)

Toprağın içeriğindeki organik madde, kireç, mikro besinler ile toprak pH'ı ve tuzluluğu da önemlidir. Tarımsal verimlilik açısından, toprak organik maddesi içeriğinin idealde %7

civarında, en kötü durumda ise %3'ün üzerinde olması gerekir. Türkiye topraklarının organik madde oranı %0,02 ile %6,38 arasında olup ortalama olarak %1,41'dir.

Toprak bakterileri

Toprak bakterileri, toprak içindeki sayı, aktivite ve çevresel etkileri nedeniyle toprak canlıları içindeki en önemli gruptur. 1 gram toprağın içinde 1 milyon ile 4 milyar arasında bakteri yaşadığı bilinmektedir. Toprak bakterilerinin sayısı birçok ekten tarafından belirlenmektedir. Bunlardan bazıları çevre ve toprak sıcaklığı, organik madde, inorganik besin elementleri, pH, derinlik, mevsimler, toprağın işlenmesi ve kültürel işlemlerdir.

Nitrifikasyon bakterileri, kükürt bakterileri, demir bakterileri ve hidrojen bakterileri gibi bazı ototrof bakteriler, enerjilerini inorganik maddelerin yükseltgenmesinden elde eder. Bu gruptaki bakteriler, karbon ihtiyacını da karbondioksit ve metan gibi inorganik maddelerden sağlamaktadır.

Toprak mikroorganizmalarının %80-90'ı heterotroftur ve bu nedenle enerji ve karbon kaynağı olarak toprak içindeki organik maddeleri kullanırlar. Sonuç olarak heterotrof bakteriler toprak içindeki organik maddeleri mineralleştirir ve bu nedenle toprak verimliliği ve bitkisel üretim açısından çok önemlidirler. Toprak içinde bakteriler bitki köklerinde ve kök yakınlarında en fazla çeşit ve sayıdadır. (Akalan, 1987)

Aktinomisetler

Aktinomisetler, prokaryotik bakterilerdir ve bakteriler ile mantarlar arasında bir geçiş formudur. Toplam toprak mikroorganizması (bakteriler, mantarlar ve küfler, mayalar, algler, protozoa, vb.) sayısının %10 ile %50'si arasında bir kısmını aktinomisetlerden oluşur. Aktinomisetler, toprakta biyokimyasal aktivite açısından, bakteri ve mantarlardan daha düşük öneme sahip olsalar da çeşitli mekanizmalar için gereklidir. Örnek olarak bazı dirençli hayvansal ve bitkisel dokuların parçalanması için, humus oluşumu için, gübrelerin ve kompostların olgunlaşması için gereklidirler. Bunun dışında bazı toprak kaynaklı bitki

hastalıkları, hatta bazı hayvan ve insan enfeksiyonlarından da sorumlu oldukları bilinmektedir. Bazı aktinomiset türlerinin ise antibiyotik ürettiği bilinmektedir.

Mantarlar

Mantarlarının 100 000'den fazla türü olduğu bilinmektedir. Su, hava, toprak, bitki, hayvan ve insan gibi neredeyse tüm çevresel ortamlarda yaşasalar da, en çok toprakta yaşarlar. 1 gram toprak içinde 100 000 ile 1 000 000 arasında mantar var olabilir. Toprağın üst katmanları dekar başına 100-200 kg kadar mantar içerir. Heterotrofik organizmalar oldukları için, hayvansal ve bitkisel atıkların parçalanmasında çok önemli bir görev üstlenmektedirler. Orman ve çalılıklardaki toprak içerisinde baskın mikroorganizmalar mantarlardır. Mantarlar 3 ile 9 arasında değişen tüm pH değerlerinde yaşayabilirken, bakteriler ve aktinomisetler asidik ortamlarda yaşayamaz. Bu nedenle, asidik topraklardaki organik maddelerin ayrıştırılması büyük çoğunlukla mantarlar tarafından sağlanır. Küflenmeden de mantarlar sorumludur. Mantar gelişimi topraktaki organik maddeler, organik ve inorganik gübreler, su, hava, sıcaklık, mevsim ve vejetasyon gibi etkenlerden etkilenir. (Akalan, 1987)

Algler

Toprakta yaşayan algler, klorofil içeren mikroskobik canlılardır. En fazla oranda mavi yeşil algler, sarı yeşil algler ve yeşil alglerden oluşurlar. Verimsiz topraklarda toprak yüzeyine etki ederek toprak oluşumuna katkı sağlarlar. Bazı mavi yeşil algler, atmosfer azotunun yakalanmasını sağladığı için tarımsal üretime katkı sağlar.

Algler, mantarlarla birlikte simbiyotik bir ilişki kurarak likenleri oluştururlar. Toprak oluşumunda likenlerin rolü büyüktür. Kayaların üzerindeki toprak parçasını, kayaları salgıları ile parçalayan likenler oluşturur. Likenler bulunduğu bölgedeki organik madde miktarının artmasını sağlamaktadır. Likenler ayrıca biyolojik göstergelerdir.

Mikro fauna

Amip ve kamçılı gibi, 200 μm'den küçük tüm hayvanlar mikro faunayı oluşturur. Bu büyüklükteki tüm hayvanlar çıplak göz ile görülemeyip, ancak mikroskop altında

görülebilir.

Mezo fauna

200 µm ile 10 mm arasındaki büyüklükte olan hayvanlar mezo faunayı oluşturur. Nematodlar (yuvarlak solucanlar), rotatorlar, collemboller örnekleridir.

Makro fauna

Büyüklüğü cm ile ölçülen hayvanlar ise makro faunayı oluşturur. Örnekleri yağmur solucanı, kırkayak, karınca, salyangoz gibi hayvanlardır.

Tüm makro fauna içerisinde solucanların ayrı bir önemi bulunmaktadır. Sadece nemli koşularda aktif olabilen solucanlar, aktif olarak toprağı işleyerek toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirir. Temel gıdaları bitkisel kalıntılar ve protein içeren dokular ve özellikle de yaprak dokusudur. Besin ile birlikte yuttukları minik taşlar ile öğüttükleri bitki artıklarını ve mineralleri dışkı halinde toprağa geri bırakırlar. Agregat özellikli bu yarayışlı besin içeriği yüksek ve suya dayanıklı dışkı nedeniyle tarımsal topraklarda yer solucanları çok önemlidir. Solucanlar toprağı işlerken açtıkları kanalların yüzeyini salgıları ile kapladıkları için çok dayanıklı olan ve toprak altında havalandırmayı sağlayan bir tünel sistemi oluştururlar. Kuzey yarım kürede solucanlar nötral ve alkali topraklarda daha iyi çoğalırlar. Çayır ve orman arazilerindeki mull katmanında bir metrekare alanda yüzlerce solucan bulunabilir. Asidik podzol topraklarda ise metrekarede ancak onlarca olabilir.

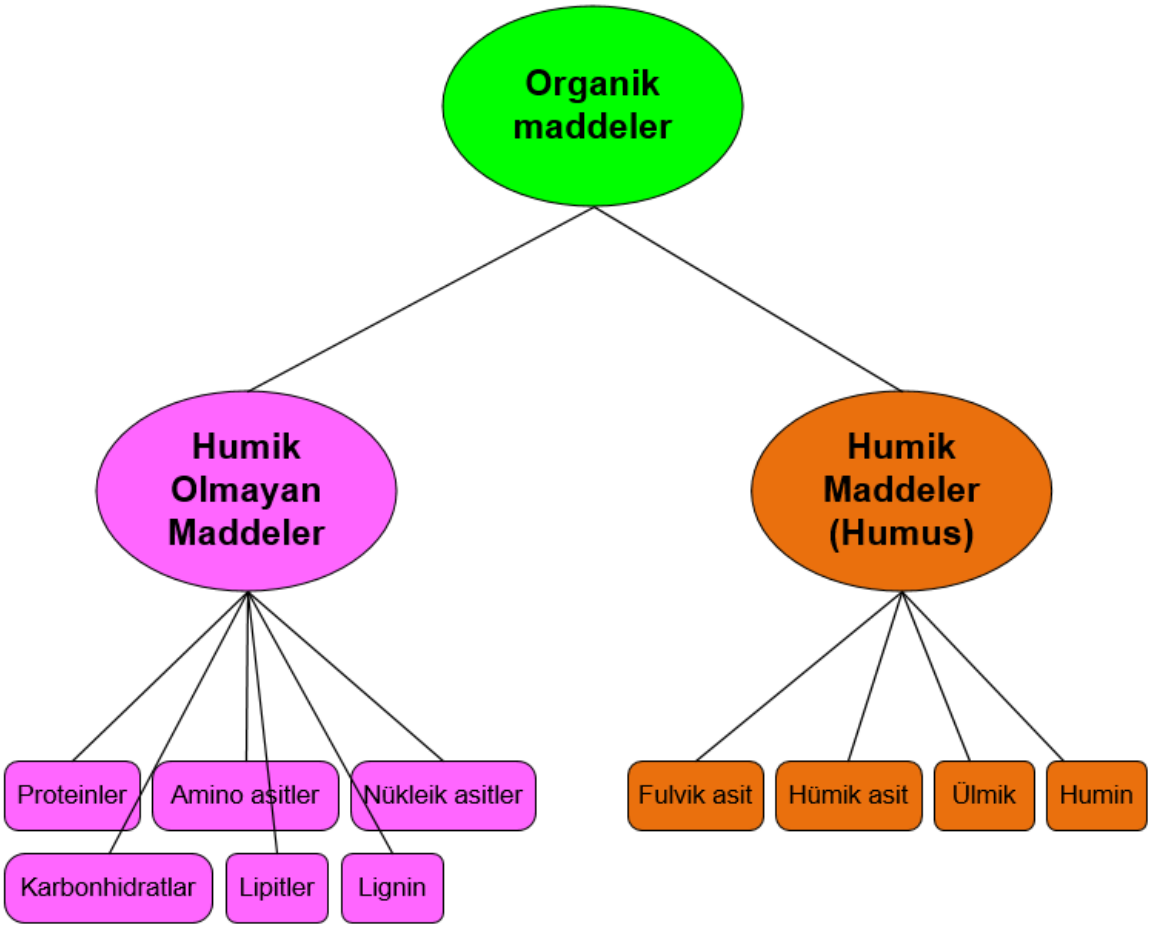
Mega fauna

Toprak içinde yaşayan bazı memeli hayvanlar mega faunayı oluşturur. (Akalan, 1987)

### 3.1.2. Humus

Toprakta ayrışmış ve parçalanmış, temel olarak karbon, hidrojen ve oksijen elementlerinden oluşan, her türlü hayvansal ve bitkisel madde organik madde olarak adlandırılır. Toprak organik maddesi terimi, canlı, cansız ve çürümüş tüm organik maddeleri kapsamaktadır.

Organik maddeler, hümik olmayan maddeler ve humustan oluşur. Şekil 3.4 ile organik maddelerin içeriği detaylı olarak gösterilmiştir.




Şekil 3.4. Organik maddelerin sınıflandırılması

Hümik olmayan maddeler karbonhidratlar, protein ve amino asitler, lipitler, nükleik asitler, lignin, reçine, balmumu ve organik asitler gibi maddelerdir. Bu maddeler çözünmez.

Hümik maddeler, diğer adıyla humus ise hayvansal ve bitkisel kalıntıların mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması sonucunda oluşur. Humus, topraktaki ölü organik maddeler olarak da tanımlanmaktadır. Rengi koyu kahverengi ile siyah tonları arasında olabilen humusun, kararlı, amorf ve karmaşık bir yapıda olduğu bilinmektedir. Humus; hümik, fulvik, ülmik (himatomelanik) asitler ve huminden oluşur. Toprak içerisindeki organik maddelerin temel maddesi humustur. Topraktaki bu hümik maddelerin ise humin (%50, w/w), hümik asit (%40, w/w) ve fulvik asitten (%10, w/w) oluştuğu düşünülmektedir (Özkan, 2008). Modern tarımda kullanılan suni gübrelerin humusun

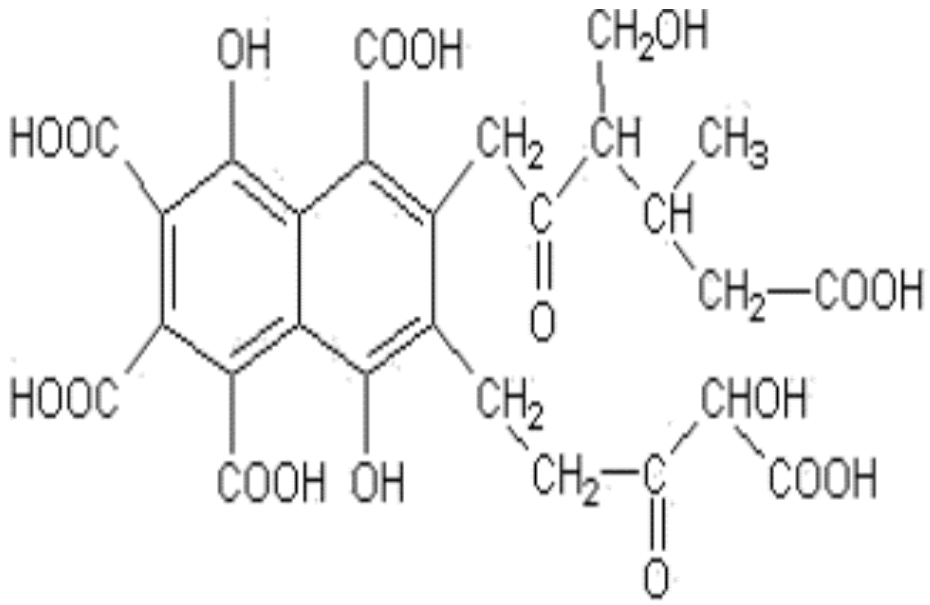
tükenmesine neden olduğu bilinmektedir. Ancak humus, gübrenin alımını kolaylaştırdığı için eksikliğinde gübrenin bitkiye iletimi de zorlaşmaktadır. Humatlar olarak bilinen hümik asit tuzları da yüksek hümik asit içerikleri nedeniyle kuvvetli bir humus kaynağıdır. Killerin sahip olduğu, yüzeylerindeki negatif yükler nedeniyle kolloidal özellikte olma avantajına humus da sahiptir. Humus, bu şekilde Ca, Mg, Na, K, Fe, Al ve amonyum gibi besin maddelerini ve suyu tutar.

Humin

Humin, humusun asidik veya bazik herhangi bir pH değerinde suda çözünmeyen kısmıdır. Molekül yapıları çok büyüktür ve hümik maddeler içerisinde parçalanmaya en dayanıklı olanıdır.

Fulvik asit

Tüm pH koşullarında suda çözünen hümik maddelerin bir bölümüdür. Renkleri açık sarı ile sarı-kahve arasındadır. Tüm hümik maddeler toprakta kalıcıdır ve fulvik asidin yarı ömrü, çevre koşullarına bağlı olarak, 10-50 yıl arasında değişmektedir. Fulvik asidin moleküler yapısı Şekil 3.5 ile verilmiştir.




Şekil 3.5. Fulvik asidin moleküler yapısı (Dizman ve ark., 2012)

Ülmik asit

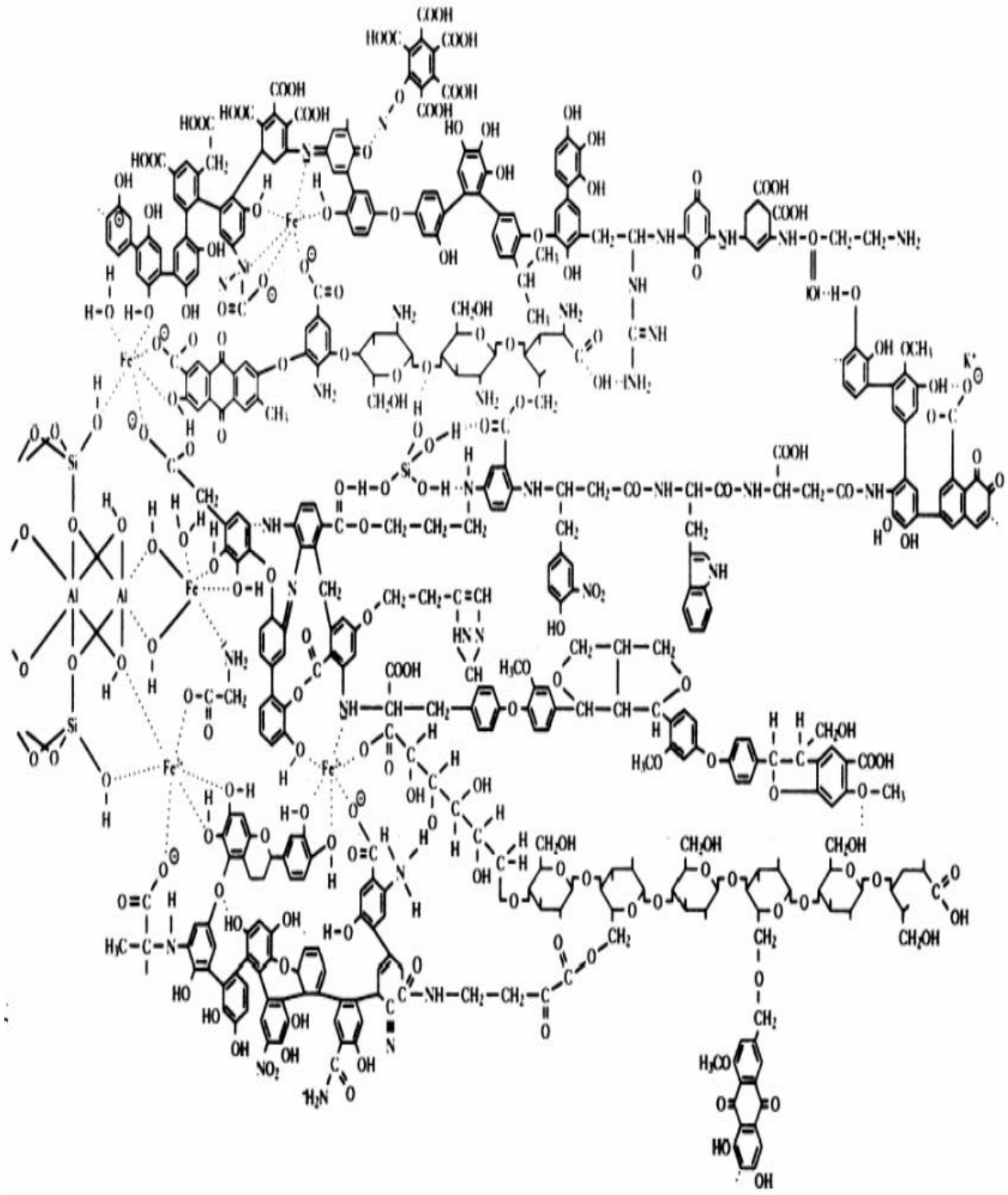
Hümik asidin alkolde çözünebilen, ancak suda çözünemeyen kısmı olup, rengi sarımtırak yeşilden griye doğru değişim gösterir (Stevenson, 1982).

Hümik asit

Humusun içerisindeki en aktif madde hümik asittir. Koyu kahve-siyah renktedir. Doğal olarak oluşan hümik asit moleküllerine bağlı olan 60'tan fazla iz element çeşitli organizmaların kullanımına hazır bulunmaktadır. Tüm hümik maddeler toprakta kalıcıdır ve hümik asidin yarı ömrü 100 yıldır. Hümik asidin moleküler yapısı Şekil 3.6 ile verilmiştir.

Hümik maddelerin fiziksel etkileri

- Toprağın parçalanmasına katkı sağlar.
- Toprağın verimini yükseltir.
- Toprağın havalanmasını artırır.
- Tohum yatağını güçlendirir.
- Toprak erozyonunu önler.
- Toprağın kolay ısınmasını sağlar.
- Kumlu toprakların su tutma kapasitesini artırır.
- Killi topraklarda kil parçalarının arasına girerek toprak yapısını iyileştirir. Bu nedenle su ve besin maddelerinin toprak içinde iletilmesini sağlar. (Ay, 2015)



Şekil 3.6. Hümik asidin moleküler yapısı (Ay, 2015)

Hümik maddelerin kimyasal etkileri (Ay, 2015)

• Toprağın özelliklerini, koruma gücünü arttırır.
• Alkali şartlarda demirin bitki tarafından alınabilirliğini sağlar.
• Bitki gelişimi için gerekli olan organik ve mineral maddelerin topraktan kaybını önleyerek toprak içindeki organik ve mineral maddelerin oranını artırır.

- Bitkilerin ihtiyacı olan kimyasal gübrelerin, kök bölgesinde toprak suyunda tutulmasını sağlar.
- Toprağın iyon değişim kapasitesini en uç noktalara çıkarır.
- Topraktaki elementlerin bitki tarafından alınabilir forma sokulmasını sağlar.
- Toprakta tamponlama yaparak toksisiteyi önler.
- Toprak tuzluluğunun azalmasına yardımcı olarak bitkilerde tuz zararını azaltır.

Hümik maddelerin biyolojik etkileri (Ay, 2015)

- Bitki enzimlerini uyarır.
- Bitkide ve toprakta organik katalizör olarak rol oynar.
- Su yosunları ve mayalarda olduğu gibi toprak mikroorganizmaları tarafından istenirler ve mikroorganizmaların hızla çoğalmalarını sağlar.
- Bitki köklerinin solunum ve oluşumunu hızlandırır.
- Bitkilerin vejetatif organlarının ve köklerinin büyümelerini uyarır.
- Bitki hücre zarlarının geçirgenliğini arttırarak, bitki beslenmesini yükseltir.
- Bitkinin yaşama isteği ve tohumun çimlenme gücünü arttırır.
- Bitki kök sistemi ve hücre çoğalmasını uyararak bitkinin dengeli büyümesini sağlar.

### 3.2. Türkiye Topraklarının Genel Durumu

Çizelge 3.1 ile Türkiye genelindeki toprakların, organik madde, organik karbon, EC, pH, kireç, suya doygunluk, alınabilir $K_2O$, alınabilir $P_2O_5$, alınabilir Fe, alınabilir Mn, alınabilir Zn, alınabilir Cu, kum, silt (mil) ve kil içeriğinin istatistiki analiz sonuçları verilmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).

Çizelge 3.1. Türkiye genelindeki toprakların içerik analizi ve ideal değerler

| | İdeal Değerler | | | Türkiye Toprakları (7758 örnek ort.) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Ort. | Mak. | Min. | Ort. | Mak. |
| Organik madde (%) | 4 | 7 | - | 0,02 | 1,41 | 6,38 |
| Organik karbon (%) | 1,8 | 2,3 | - | 0,01 | 0,83 | 3,70 |
| EC (dS/m) | 0 | - | 4 | 0,09 | 0,92 | 45,10 |
| pH | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 3,80 | 7,20 | 9,88 |
| Kireç (%) | 0 | - | 1,0 | ~0 | 12,97 | 95,24 |
| Suya doygunluk (%) | 30 | 40 | 50 | 4,55 | 60,52 | 263,09 |
| Alınabilir $K_2O$ (kg/da) | 30 | 40 | - | 10,98 | 98,97 | 2 663,93 |
| Alınabilir $P_2O_5$ (kg/da) | 6 | 9 | 12 | 0,16 | 10,98 | 151,00 |
| Alınabilir Fe (ppm) | 4,5 | - | - | 0,02 | 14,41 | 273,18 |
| Alınabilir Mn (ppm) | 14 | 50 | 170 | 0,02 | 18,29 | 239,14 |
| Alınabilir Zn (ppm) | 0,7 | 2,4 | 8,0 | 0,01 | 0,97 | 212,57 |
| Alınabilir Cu (ppm) | 0,2 | - | - | 0,01 | 2,14 | 86,53 |
| Kum | 23 | 45 | 52 | 0,90 | 43,00 | 99,00 |
| Silt (mil) | 28 | 40 | 50 | 0,36 | 26,26 | 80,93 |
| Kil | 7 | 15 | 27 | 0,28 | 30,49 | 83,30 |

Çizelge 3.2 ile Türkiye genelindeki topraklarda gözlenen, organik madde, organik karbon, kireç ($CaCO_3$), alınabilir çinko, alınabilir mangan, alınabilir demir, alınabilir fosfor, bünye, pH, tuzluluk problemleri ile ilgili istatistiki bilgi verilmiştir.

Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2 incelendiğinde, Türkiye topraklarının tarımsal açıdan oldukça düşük potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Öyle ki, tüm toprakların %99'unda organik madde ve organik karbon içeriği yetersiz olup ayrıca kireçlilik sorunu bulunmaktadır. Sırasıyla %63 %54, %22 ve %19'unda alınabilir çinko, mangan, demir ve fosfor oranı yetersizdir. Tüm Türkiye topraklarının %46'sı ağır, %3'ü hafif bünyeli olduğu için yeterli verime sahip değildir. Toprakların %27'si bazik ve %8'i asidik olduğu için çeşitli besin

elementlerinin emilimi sorunludur. Tüm bunlar dışında, oransal olarak yüksek olmasa da, bazı bölgelerde tuzluluk problemi vardır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).

Çizelge 3.2. Türkiye genelindeki toprakların durumu

| İçerik/nitelik | Türkiye geneli durum |
|---|---|
| Organik madde | %99'unda yetersiz |
| Organik karbon | %99'unda yetersiz |
| Kireç ($CaCO_3$) | %99'u kireçli |
| Alınabilir çinko | %63'ünde yetersiz |
| Alınabilir mangan | %54'ünde yetersiz |
| Alınabilir demir | %22'sinde yetersiz |
| Alınabilir fosfor | %19'unda yetersiz |
| Bünye | %46'sı ağır, %3'ü hafif |
| pH | %27'si bazik, %8'i asidik |
| Tuzluluk | Bazı bölgeler tuzlu |

### 3.3. Makro Besin ve Mikro Besin Kavramları

Bitki kuru ağırlığının %90'ından fazlası organik maddedir. Bitkilerin toprak altından ve üzerinden en az 90 element aldığı bilinmektedir (Bolat ve Kara, 2017). Bu 90 elementten en az 17 tanesi bitkiler için mutlak gereklidir. Bitkiler, organik maddelerin temel elementleri olan karbon, oksijen ve hidrojeni çoğunlukla hava ve su ile sağladıkları için, bu 3 element mineral olmayan, temel bitki besin elementleridir. Bitki kütlesinin %96'sını oluştursa da bu elementler bitki beslenmesi açısından önemsenmez. Diğer 14 element ise topraktan doğrudan alınır ve mineral elementler olarak adlandırılır. Bu mutlak gerekli besin maddeleri makro ve mikro besinler olarak iki sınıfa ayrılır. Çizelge 3.3 ile bitkilerin içeriğindeki temel elementler gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Tüm bitkiler için gerekli olan besin elementleri

| | Kuru maddedeki oranı (w/w) | | Bitkiye faydalı form |
|---|---|---|---|
| | % | ppm | |
| C | 45 | | $CO_2$ |
| O | 45 | | $O_2$, $H_2O$ |
| H | 6 | | $H_2O$ |
| N | 1,5 (1-5) | | $NO_3^-$, $NH_4^+$ |
| K | 1,0 | | $K^+$ |
| Ca | 0,5 (0.2-1) | | $Ca^{2+}$ |
| P | 0,2 (0.1-0.5) | | $H_2PO_4^-$, $HPO_4^{2-}$ |
| Mg | 0,2 (0.1-0.4) | | $Mg^{2+}$ |
| S | 0,1 (0.1-0.4) | | $SO_4^{2-}$ |
| Cl | 0,01 | 100 (100-1000) | $Cl^-$ |
| Fe | | 100 (50-250) | $Fe^{2+}$, $Fe^{3+}$ |
| Mn | | 50 (20-200) | $Mn^{2+}$ |
| B | | 20 (6-60) | $BO_3^{3-}$, $B_4O_7^{2-}$ |
| Zn | | 20 | $Zn^{2+}$ |
| Cu | | 6 | $Cu^+$, $Cu^{2+}$ |
| Ni | | 0,05 | $Ni^{2+}$ |
| Mo | | 0,01 | $MoO_4^{2-}$ |

Makro besinler azot, potasyum, kalsiyum, fosfor, magnezyum ve kükürttür (Bolat ve Kara, 2017). Bu elementler bitkilerin temel besinleri olduğu için, dekar başına 1 kg'dan 44 kg'a kadar ihtiyaç olabilmektedir (Kacar ve Katkat, 2014).

Mikro besinler (minör, iz elementler) genel olarak klor, demir, mangan, bor, çinko ve bakırdır. Bazı kaynaklarda ise nikel ve molibden de mikro besin olarak tanımlanmaktadır. Bunlar dışında en azından bazı bitkiler açısından sodyum, kobalt, silisyum, alüminyum ve vanadyum elementlerinin de kesinlikle gerekli olduğu tartışılmaktadır (Fageria, 2009; Gardiner ve Miller, 2008; Arnon ve Stout, 1939). Bunlardan demir ve mangana dekar başına 70 g kadar, molibdene ise 1,5 g kadar ihtiyaç olabilir (Bolat ve Kara, 2017). Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5 ile bitkiler için gerekli olan bu makro ve mikro besin elementlerinin eksikliğinde gözlenen belirtiler verilmiştir (Kacar ve Katkat, 2014).

Çizelge 3.4. Bitkilerde C, O, H ve makro besin eksikliğinde görülen sorunlar

| | İlgili besin eksikliğinde bitkilerde görülen sorunlar |
|---|---|
| C | Büyüme olmaz. Organik maddelerin temel bileşenlerindendir. |
| O | Büyüme olmaz. Organik maddelerin temel bileşenlerindendir. |
| H | Büyüme olmaz. Organik maddelerin temel bileşenlerindendir. |
| N | Büyüme oranı ve özellikle vejetatif gelişme olumsuz etkilenir. Yaprak ve gövde sistemi oldukça zayıflar. Kök gelişmesi ve özellikle köklerde dallanma zayıflar. Çiçeklenme ve meyve tutma oranı azalır ve meyveler küçük kalır. Bitkiler koyu ve canlı yeşil yerine, açık yeşil bir hal alır. Yaprak alanı ve fotosentez azalır. Ciddi eksiklikte, yapraklarda kloroz (sarılık) görülür. Kloroz, yaprağın homojen olarak sararması şeklinde ortaya çıkar. Yapraklar kahverengine dönüşür ve ölür. |
| K | Eksikliği, kumlu, hafif tekstürlü topraklarda daha çok görülür. Hemen görülebilir sorunlar oluşmaz. Önce büyüme oranı geriler, daha sonra kloroz ve nekrozlar görülür. Yaprak kenarları önce sararır, sonra koyu kahverengine döner. Ciddi eksiklikte ise bu kısımlar siyaha döner. K noksanlığı çeken bitkilerde turgor basıncı düşer ve su stresi olunca bitkiler gevrek bir hal alır. Kuraklığa ve dona karşı dayanıklılık azalır. Ksilem ve floem dokularının oluşumu geriler. |
| Ca | Eksikliğinde az ürün elde edilir ve üründeki protein oranı çok azalır. Meristem dokuların büyümesi yavaşlar. Sürgün ucu tomurcuklarında ve köklerin büyüme uçlarında gelişme durur ve dolayısıyla bitkinin gelişmesi de durur. Genç yapraklar deforme olur. Yaprak kenarlarında siyah ve kahverengi nekrozlar meydana gelir. Yaprak uçları daha çok kuru ya da gevrek bir hal alır. Yaprak eninde sonunda solup ölür. |
| P | Noksanlığı, P ihtiyacı daha fazla olan genç bitkilerde, yaşlı bitkilere göre daha erken fark edilir. Ayrıca vejetasyon mevsiminin başlarında soğuk (ıslak) topraklarda da eksikliği oluşabilmektedir. Noksanlığında en çok çiçek, meyve, tohum gibi generatif organlar zarar görür ve büyüme geriler. Meyve ve ağaçlarda sürgün ve tomurcuk oluşumu azalır. Yapraklar normalden daha koyu yeşil renkli olur. Kök gelişimi zayıflar. Don ve hastalıklara karşı bitkinin dayanıklılığı azalır. |
| Mg | Klorofil miktarı düşer, fotosentez ve gelişme geriler. Ürün kaybı gerçekleşir. Noksanlığın tipik belirtisi yaşlı yapraklarda damarlar arasında görülen sararmadır. Yapraklar bu haliyle benekli bir görüntüye sahip olurlar. Protein sentezi geriler. Bazı hallerde toprakta yeterli miktarda Mg bulunsa bile Mg noksanlığı görülebilmektedir. Toprak çözeltisinde yüksek miktarda bulunan $H^+$, $K^+$, $NH_4^+$, $Ca^{++}$ gibi iyonlar Mg alımını azaltarak noksanlığa neden olabilmektedir. Ayrıca pH değeri 5 ve daha düşük olan topraklarda bulunan yüksek miktardaki Al iyonları da Mg alımını azaltır. |
| S | Eksikliği N ve Mo eksikliği benzeri etki yapar. Yapraklarda, N noksanlığına benzer, homojen bir sararma vardır. Fakat yapraklarda görülen sararma, N noksanlığında önce yaşlı yapraklarda, S noksanlığında ise genç yapraklarda ortaya çıkmaktadır. Sistein ve metionin gibi S içeren aminoasitlerin eksik olması nedeniyle protein sentezi engellenir. Bitkinin büyümesi yavaştır, yaprak yüzeyleri daralır; dokunulduğu zaman odunumsu bir his verir. Bitki zayıf ve küçük kalırken, gövde ince bir hal alır. Özellikle tepe gelişmesi kök gelişmesine göre daha fazla etkilenir |

Çizelge 3.5. Bitkilerde mikro besin eksikliğinde görülen sorunlar

| | İlgili besin eksikliğinde bitkilerde görülen sorunlar |
|---|---|
| Cl | Noksanlığında transpirasyon etkilenir, kloroz görülür, yaprak kenarları solar, bazı bitkilerde hücre çoğalması geriler ve yaprakların büyümesi belirgin şekilde yavaşlar. Cl içeriğinin fazla olduğu tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde ise Cl toksisitesi görülür, bitkinin yaprak uçları ve kenarlarında yanma, bronzlaşma ve yapraklarda erken dökülme gerçekleşir. Toprak çözeltisinde yüksek Cl konsantrasyonu toprak suyunda osmotik potansiyelin artmasına neden olur. Bitkiler, gereksinim duyduğu suyu alamaz ve Cl etkili kuraklık sorunu oluşur. |
| Fe | Bitkilerin genç ve özellikle son çıkan yapraklarında, damarların arası sararır. Bazı bitki yapraklarında kahverengi nekrozlar oluşabilir. Ciddi eksiklikte damarlar da sararır. Bu belirtiler demirin etkilediği metabolik reaksiyonların bozulmasından, büyüme ve klorofil sentezi için gerekli enerji transferinin kısıtlanmasından kaynaklanır. Fazlalığında Cu, Zn, Mg ve Mn emilimi azalabilir. Mg noksanlığı belirtileri ise öncelikle yaşlı yapraklarda görülür. |
| Mn | Eksikliği daha çok kireçli ve bazik topraklarda görülür. Fotosentezin gerçekleştiği yer olan kloroplastlar, Mn noksanlığına karşı en hassas hücre organelidir. Kloroplast oluşumu bozulur, hücreler küçülür, hücre duvarı hakim duruma geçer. En belirgin belirti, demirde olduğu gibi genç yapraklarda ortaya çıkan damarlar arası klorozdur. Ayrıca bu belirti Mg noksanlığındaki belirtiye benzemekle birlikte; Mg noksanlığında yapraklardaki sararma önce yaşlı yapraklarda başlar. Dikotiledon bitkilerde Mn eksikliğinde damarlar arası kloroza ilave olarak, yapraklarda sarı noktalar halinde lekeler oluşur. |
| B | Bitkilerin B noksanlığından zarar görmesi genç yapraklarda kloroz şeklinde ortaya çıkarken, bitkilerin asıl büyüme organları olan terminal tomurcukların ölümü ile de kendisini göstermektedir. Buna bağlı olarak büyüme yavaşlar. Hücre duvarı büyümesinin zarar görmesinden dolayı, bitkilerde B noksanlığında yapraklar ve gövde gevrek, kolay kırılır ve biçimsiz bir hal alır. Yapraklar kıvrılır ve koyu mavi-yeşil bir renk alır. Yaprak uçları kalınlaşır. |
| Zn | Noksanlığı daha çok bazik ve kireçli topraklar ile Zn ihtiyacı yüksek olan bitkiler yetişen topraklarda görülür. Enzim aktivitesinin azalmasına bağlı olarak karbonhidrat, protein ve büyüme hormonları (oksin) da zarar görür. Klorofil içerikleri çok azalır. Yaprak damarları arasında kloroz görülür. Yapraklarda damarlar yeşil kalırken, damar arasındaki kısımların rengi açık yeşil, sarı, beyaz olabilir. Yaprak oluşumu geriler, yapraklar seyrekleşir ve erken dökülür. Sürgünler ölür. Tomurcuk sayısı azalır ve tomurcukların açılma oranı düşer. |
| Cu | Organik maddeler bakırı çok kuvvetlice bağladığı için, organik olarak zengin veya peat (%50-80 organik madde ihtiva eden) topraklarda, ayrıca yıkanmış kumlu topraklarda eksikliği olabilir. Genç yapraklarda kloroz, bodur gelişme, geç olgunlaşma ve bazen dokularda renk maddesi fazlalığı (kahverengi leke) görülebilir. Bitkiler özellikle mantar hastalıklarına karşı zayıflar, karbonhidrat içeriği çok azalır. Baklagillerde yumru oluşumu geriler ve daha az N fikse edilir. |
| Ni | Eksikliğinde, azalan üreaz aktivitesi nedeniyle, yaprak uçlarında toksik düzeyde üre birikir. Toprak üstü ve toprak altı organlarda gelişme azalırken, bitkide yeşil renk giderek kaybolmakta, yaprak damarları arasında kloroz ve nekrozlar oluşmaktadır. Eksikliği genelde görülmez. Kanalizasyon artıklarının kullanıldığı alanlarda yaygın olarak Ni toksisitesi sonucu bitkiler zehirlenir. K ve Ca ile gübreleme nikelin zehir etkisini önlerken, fosfatlı gübreler zehir etkisini artırır. |
| Mo | Baklagillerde bodur büyüme ve yapraklarda kloroz görülür. Ayrıca azot bakterilerinin faaliyeti ve baklagillerde nodül oluşumu çok azalır. $NO_3^-$ asimilasyonu engellenir. Yaşlı yapraklar sararır. $NO_3^-$ birikimi nedeniyle, yaprak kenarlarında hızla nekrozlar oluşur. Simbiyotik ve asimbiyotik N fiksasyonu azalır. |

## 3.4. Gübre ve Çeşitleri

Gübre, tanım olarak, bitkinin beslenmesi için gerekli olan elementleri sağlamak için toprağa eklenen her türlü maddedir. Gübreler doğal ve suni (kimyasal) olarak iki farklı sınıfta incelenmektedir.

### 3.4.1. Doğal gübreler

Doğal gübreler bitkisel ve hayvansal kaynaklıdır. Bitkisel gübreler kompostlar ve yeşil gübreler gibi bitki kökenli gübrelerdir. Kompostlar ağaç, dal, yaprak gibi bitkisel atıkların öğütülüp çürütülerek ayrışması yani mineralize olması sonucunda elde edilir. Yeşil gübreleme, yonca, üçgül, soya fasulyesi gibi yeşil bitkilerin toprağın altına karıştırılması şeklinde uygulanır. Hayvansal gübreler ise sığır, at, koyun, kaz, ördek, güvercin ve tavuk gübresi gösterilebilir. Ayrıca sığır, at ve koyun idrarı da gübre olarak kullanılmaktadır ve ahır gübresinin kalitesi içeriğindeki idrar oranı yükseldikçe artmaktadır. Çizelge 3.6 ile çeşitli hayvanların, idrar ve gübrelerinin kimyasal içerikleri verilmiştir (Sezen, 1984).

Çizelge 3.6. Çeşitli hayvan atıklarının kimyasal içeriği

| Ürün | % N | % $P_2O_5$ | % $K_2O$ | % CaO | % Ca |
|---|---|---|---|---|---|
| Sığır idrarı | 0,58 | 0,00 | 0,49 | | 0,01 |
| At idrarı | 1,55 | 0,00 | 1,50 | | 0,45 |
| Koyun idrarı | 1,95 | 0,01 | 2,26 | | 0,16 |
| Sığır gübresi | 0,29 | 0,17 | 0,10 | 0,34 | |
| At gübresi | 0,44 | 0,35 | 0,35 | 0,15 | |
| Koyun gübresi | 0,55 | 0,31 | 0,15 | 0,46 | |
| Kaz/Ördek gübresi | 0,80 | 1,00 | 0,80 | 1,30 | |
| Güvercin/Tavuk gübresi | 1,70 | 1,60 | 0,90 | 2,00 | |

### 3.4.2. Suni (kimyevi) gübreler

Kimyasal (suni) gübreler çoğunlukla azot (amonyum, nitrat), fosfor (fosfat) ve potasyum tuzlarıdır. İki ya da daha fazla sayıda besin maddesini içeren gübreler kompoze gübre olarak

bilinmektedir. Kompoze gübreler piyasada çoğunlukla NPK, PK, NP ve NK tipi gübreler olarak karşımıza çıkmaktadır. Örnek olarak 18-18-18 NPK gübreden 100 gram kullanıldığında, toprağa sırasıyla 18 g azot, 18 g fosfor ve 18 g potasyum eklenmiş olur. Bu gübrenin kalan 46 gramlık bölümü ise öğütülmüş kireç taşı gibi bir dolgu malzemesidir. Süper kompoze olarak pazarlanan gübreler ise NPK gübreye ek olarak daha fazla sayıda besin maddesi (örnek olarak sülfat, demir, çinko, mangan, bakır, bor, molibden vb.) eklenerek elde edilen gübrelerdir. Türkiye topraklarında genel olarak (% 75 üzerinde) azot ve fosfor eksikliği olsa da potasyum eksikliği nadiren (%1 civarında) görülmektedir.

### 3.5. Leonardit

Doğadaki tüm organik maddeler, hümik asit ve fulvik asit içermektedir. Ancak şu ana dek elde edilen verilere göre, %40-85 (w/w) aralığında değişebilen oranla en yüksek hümik ve fulvik asit kaynağı olan organik madde leonarditttir. Leonardit bazen genç linyit veya linyitleşememiş kahverengi kömür olarak da tanımlanmaktadır. Çizelge 3.7 ile farklı maddelerin hümik ve fulvik asit içeriği verilmiştir (Ay, 2015).

Çizelge 3.7. Farklı maddelerin hümik ve fulvik asit içerikleri

| Kaynak | Hümik ve fulvik asit oranı (% w/w) |
|---|---|
| Leonardit | 40-85 |
| Linyit, kahverengi kömür | 10-40 |
| Torf, turba (peat) | 10-30 |
| Saprofel torf | 10-20 |
| Hayvan gübresi | 5-15 |
| Kompost | 2-5 |
| Arıtma çamuru | 1-5 |
| Toprak | 1-5 |
| Sert kömür | 1-5 |
| Taş kömürü | 0-1 |

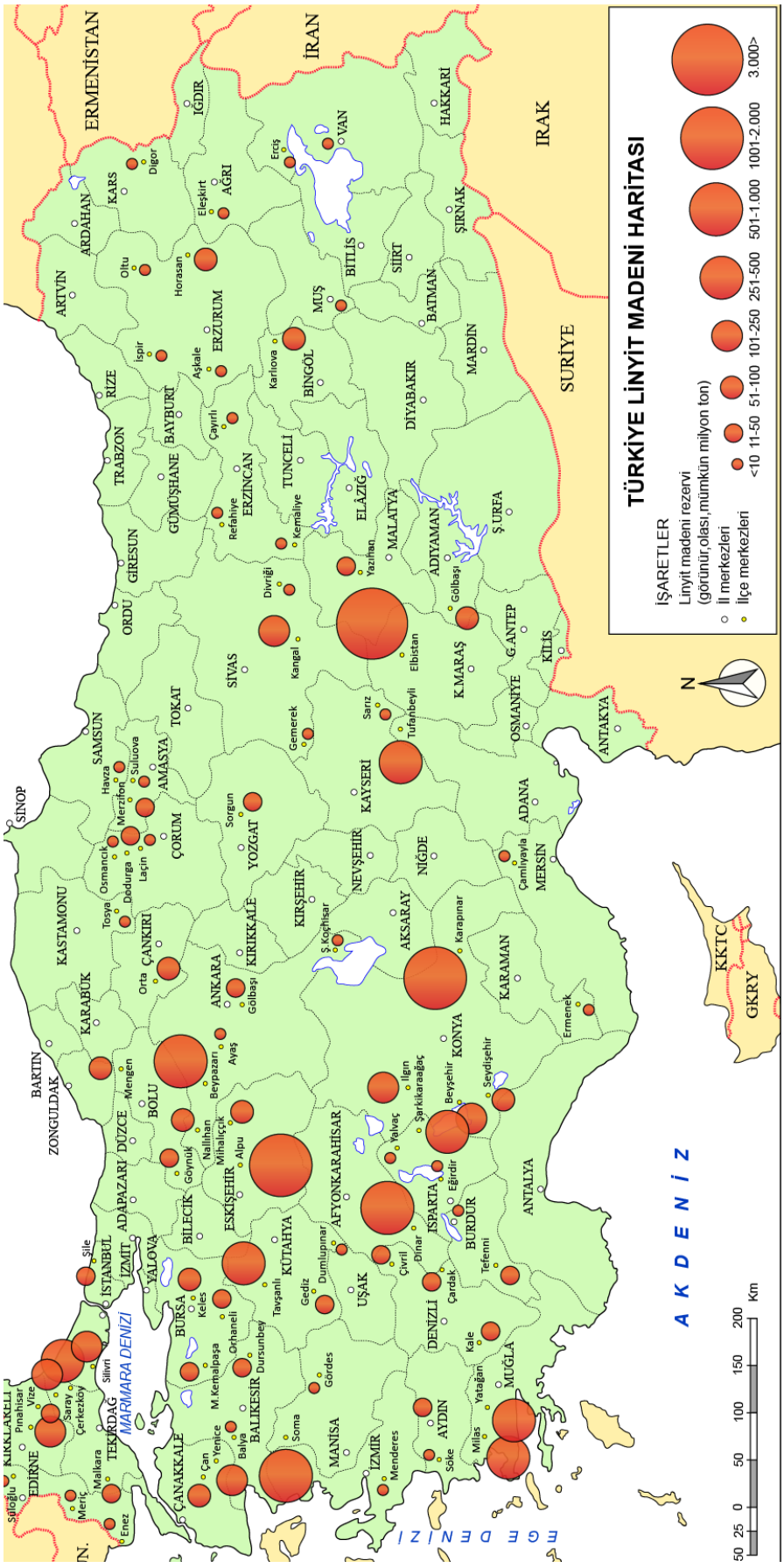
Leonardit, ismini, onu ABD/Kuzey Dakota eyaletinde keşfeden Dr. Leonard'tan almaktadır. Oluşum süreci hayvansal ve bitkisel artıkların çok uzun yıllar öncesinde bataklık ve göl gibi ortamlarda çökmesi ile başlar. Havasız ortamda, basınç, volkanizma ve sıcaklık etkenleri ile milyonlarca yıl süren değişim sonucunda, organik, killi ve tortul bir kayaç olan leonardit oluşur. Bir diğer tanıma göre leonardit, 70 milyon yıl süren bir hümifikasyon süreci sonucu oluşan linyit kömürünün okside olmuş biçimidir. Leonardit, kalitesine göre 3 farklı sınıfta incelenmektedir. Kaliteyi belirleyen temel faktör hümik asit içeriği olup, sınıflara ait özellikler Çizelge 3.8 ile verilmiştir (Şengüler, 2015).

Çizelge 3.8. Leonardit kalite sınıflandırması

| Nitelik | Düşük kalite | Orta kalite | Yüksek kalite |
|---|---|---|---|
| Hümik asit (%, w/w) | 35-50 | 50-65 | 65-85 |
| Organik madde (%, w/w) | ≥35 | ≥50 | ≥65 |
| pH | 6,5±1 | 5,5±1 | 4,0±1 |
| C/N | 21±1 | 19±1 | 17±1 |
| Yoğunluk (g $cm^{-3}$) | 1,4±0.1 | 1,2±0.1 | 0,8±0,1 |
| Bazda çözünürlük | Düşük | Orta | Yüksek |

Ülkemiz çok sayıda linyit rezervine sahiptir. Bazı rezerv sahaları Kütahya, Soma, Uşak, Konya, Edirne, Muğla, Bolu, Çanakkale ve Yozgat bölgelerindedir. Bu sahalar aynı zamanda potansiyel leonardit sahaları olarak da düşünülebilir. Harita 3.1 ile Türkiye linyit haritası verilmiştir. (Şengüler, 2015)

Türkiye'de, ilk tespitlere göre 5 milyon tonun üzerinde leonardit rezervi bulunmaktadır. Ayrıca 7-8 milyon tonun üzerinde de katı/sıvı K-Humat üretilebilecek nitelikte düşük kaliteli linyit rezervi olduğu bilinmektedir. Gezgin ve ark. (2012), bu leonarditlerin %40 (w/w) üzeri, genç linyitlerin ise %20-40 (w/w) arasında hümik ve fulvik asit içerdiğini bildirmiştir. Hümik asit üretiminde kullanılabilecek bu leonardit ve genç linyitlerin kalori değeri 800-1 000 kcal $kg^{-1}$ aralığında olduğundan kömür olarak değerlendirilmesi uygun değildir. 2007 yılına kadar bu hammaddeler atılmakta idi ve ekonomiye bir katkısı bulunmamaktaydı. 2007 yılından beri, ekonomik değeri olmayan leonardit ve genç linyitler değerlendirilerek, TKİ'nin Konya Ilgın tesislerinde TKİ-Hümas toprak düzenleyicisi ürünü üretilmektedir. Bu ürün hümik ve fulvik asit kaynağı olarak tarımda kullanılmaktadır.




Harita 3.1 Türkiye linyit madeni haritası (Şengüler, 2015)

### 3.6. Tarımda Hümik Asit ve Leonardit Kullanımı

Hümik ve fulvik asitler ve dolayısı ile humus, kolloidal nitelikte olduğundan, toprak içinde kil, silt ve kum parçalarını birbirine bağlar. Bu mekanizma ile agregat oluşumu ve toprak kalitesi artar (Zengin ve Kaya, 2016; Dizman ve ark., 2012; Stevenson, 1982). Bunlar dışında, hümik ve fulvik asitler yüksek iyon değiştirme kabiliyetinde olması ve bunlar hidroliz olduğunda bol miktarda oluşan organik asit ve amino asitler sayesinde toprağın sahip olduğu KDK (katyon değiştirme kapasitesi) değerini ve tamponlama yeteneğini yükselterek, bitkiler için besin olan elementlerin topraktan süzülmesini yavaşlatır. Azot gibi besin maddeleri ile rekabete girmez.

Hümik ve fulvik asitler gübre değil, toprak düzenleyicisidir. Mikro besinlerin topraktan bitkiye iletimini kolaylaştırdığı için tek başına değil, gübre ile birlikte kullanılması daha uygundur (Özkan, 2008). Bu nedenle hümik asit kullanımının gübre ihtiyacını azaltacağı söylenebilir. Gezgin (2012), hümik asidin molekül ağırlığı 600-10.000 g $mol^{-1}$ arasında olduğu için, yapraktan uygulanmasının herhangi bir fayda sağlamadığını bildirmiştir. Bu denli ağır bir molekülün çapı, yapraktan içeriye giremeyecek kadar büyüktür ve bu nedenle sadece topraktan uygulanması uygundur.

Tarımda leonardit kullanımı ile ilgili temel sorun leonardit içeriğinin doğru ve güvenilir şekilde analiz edilebilmesidir. Ülkemizdeki yönetmelik (2010) gereği, leonarditin tarımda kullanılabilmesi için minimum %40 (w/w) oranında hümik ve fulvik asit içermesi gerekmektedir. Ayrıca tarımda kullanılacak olan leonarditin ağır metal içeriklerinin yeterince düşük olmasına dikkat edilmelidir. Mevzuata göre gerekli olan asgari gerekler Çizelge 3.9 ile verilmiştir.

Çizelge 3.9. Yönetmelik gereği leonardit için asgari gereksinimler

| İçerik | Değer |
|---|---|
| Toplam hümik ve fulvik asit | ≥ %40 (w/w) |
| $CaCO_3$ (kireç) | ≤ %8 (w/w) |
| Nem | ≤ %35 (w/w) |

Ankara'daki bazı seralar ile yapılan görüşmeler sonucunda, bu seraların kimyasal maddeler kullanmayı bırakıp, artık sadece sulama suyu ile sıvı hümik asit ve fulvik asit kullandığı görülmüştür. GAP-Harran ve Konya ovaları ile Akdeniz ve Ege bölgelerinde yapılan araştırma sonuçlarına göre, içeriğinde %12 (w/w) hümik ve fulvik asit barındıran TKİ-Hümas (sıvı) uygulandığında, birçok ürünün veriminde artış bildirilmiştir (Geçer, 2020; Tunçtürk ve ark., 2020; İstanbullu ve ark., 2020; Arduç ve ark., 2020; Kahramanoğulları, 2020; Yıldırım ve ark., 2020; Namlı ve ark., 2019; Gezgin ve ark., (2012); Yılmaz ve ark., 2012; Ergönül, 2011). Bu çalışmalarda elde edilen ortalama verim artış oranları Çizelge 3.10 ile verilmiştir.

Çizelge 3.10. Hümik ve fulvik asit kullanımı ile elde edilen verim ve içerik artışı

| Ürün | Artış (%) |
|---|---|
| Kiraz verimi | 134 |
| Domates verimi | 97 |
| Ceviz, antep fıstığı, erik ve zeytin gibi meyve ağaçları verimi | 80'e varan |
| Üzüm verimi | 67 |
| Pamuk verimi | 63 |
| Marul verimi | 60 |
| Kırmızı mercimek verimi | 47 |
| Ispanak verimi | 40 |
| Nohut verimi | 36 |
| Buğday tane verimi | 35 |
| Buğday protein içeriği | 10 |
| Çeltik verimi | 30 |
| Şeker pancarı yumru verimi | 17 |
| Şeker pancarı şeker içeriği | 15 |
| Silaj mısır verimi | 15 |

Çizelge 3.10 incelendiğinde, hümik ve fulvik asit uygulaması ile kiraz, ceviz, antep fıstığı, erik ve zeytin gibi meyve ağaçlarında %80 ve üzerinde verim artışı gözlenmiştir. Aynı şekilde domates meyvesinde %97 verim artışı gözlenmiştir. Marul ve ıspanak gibi yeşil yapraklılarda %40 ile %60 arasında, kırmızı mercimek, nohut, buğday, çeltik ve silaj mısır

gibi tahıllarda ise %47'ye varan verim artışları tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalar, hümik asit uygulamasının sadece ürün verimini arttırmadığını, aynı zamanda ürünlerin yaprak ve meyve içeriğindeki makro besin, mikro besin, şeker ve protein içeriklerini de arttırdığını göstermektedir. Bunun dışında ilgili çalışmalarda, uygulama ile ağaçların sürgün uzunluklarının da ciddi şekilde arttığı gösterilmiştir.

# 4. TÜRKİYE'DE LEONARDİT POTANSİYELİ VE TARIMDA UYGULANABİLİRLİĞİ

Çanakkale/Çan, Bitlis/Merkez, Kahramanmaraş/Elbistan, Bursa/Keles, Erzurum/Horasan ve Adıyaman/Gölbaşı leonardit sahalarından numuneler alınmıştır. Bir adedi yeni saha olan, toplam 6 sahadan alınan bu leonardit numunelerinin kimyasal içerikleri akredite bir laboratuvarda analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalar ile kıyaslanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, Türkiye'nin birbirine oldukça uzak olan 6 farklı bölgesinden alınan tüm leonardit numunelerinin, hümik ve fulvik asit içeriklerinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, kömür olarak değerlendirilemeyen tüm bu leonardit rezervlerinin, tarımda organik toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilme potansiyeli olduğu görülmüştür. Tarımsal faaliyetlerde toprak düzenleyicisi ve gübre olarak kullanılan birçok kimyasalın tabiata verdiği zararın önlenmesi ve ithalatın azaltılması için, bu kimyasallar yerine leonardit kullanılabileceği tespit edilmiştir. Analizlerden elde edilen veriler, Türkiye'nin çok miktarda ve geniş coğrafyalara yayılmış olan kaliteli leonardit rezervlerine sahip olduğunu göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre, Çanakkale/Çan, Bitlis/Merkez, Kahramanmaraş/Elbistan, Bursa/Keles, Erzurum/Horasan ve Adıyaman/Gölbaşı leonarditlerinin toplam hümik ve fulvik asit oranı, sırasıyla, %62.18, %59.58, %52.67, %52.34, %50.64 ve %44.35 olarak ölçülmüştür. Bu rezervlerin, ülkemizdeki bilinen diğer rezervler ile birlikte, çoğunluğu organik madde açısından fakir olan Türkiye tarım arazilerinin tamamını, 39 yıl boyunca her yıl tekrar rehabilite edebilecek kalite ve miktarda olduğu sonucuna varılmıştır.

Tarımsal kullanımda toplam hümik ve fulvik asit oranı önemli olduğu için ve ayrıca ülkemizdeki zorunlu test yöntemi olması nedeniyle, bu çalışmada yapılan tüm hümik ve fulvik asit analizlerinde TS 5869 ISO 5073 yöntemi tercih edilmiştir.

Makro besin analizlerinde, toplam azot içeriği tespiti için AOAC official method 993.13: "Nitrogen (Total) in Fertilizers", toplam $P_2O_5$ içeriği tespiti için TS EN 15959: "Fertilizers-Determination of extracted phosphorus", suda çözünür $P_2O_5$ içeriği tespiti için TS EN 15958: "Fertilizers-Extraction of water soluble phosphorus" yöntemi tercih edilmiştir. Ayrıca suda çözünür $K_2O$ içeriğinin tespiti için de TS EN 15477: "Fertilizers-Determination of the water-soluble potassium content" yöntemi kullanılmıştır.

Nem, pH, EC ve $CaCO_3$ içeriklerinin analizi ise sırasıyla TS 2832: "Gübreler-Kompoze gübre", TS ISO 10390 (1/10 Potansiyometrik): "Toprak kalitesi-pH tayini", TS ISO 11265 (1/10 Sulu Çözeltide): "Toprak kalitesi-Elektriksel öziletkenlik tayini" ve TS EN ISO 10693: "Soil quality-Determination of carbonate content-Volumetric method" yöntemleri kullanılarak ölçülmüştür.

Bu tez kapsamında kullanılan tüm yöntemler toprak ve gübre analizlerinde çok kullanılan standart analiz yöntemleri olduğu için tercih edilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan tüm analizler akredite laboratuvarda yapılmıştır.

## 4.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan ana materyal, Türkiye'nin 6 farklı noktasından alınan leonardit numuneleri ve bu numunelere yapılan çok sayıdaki analizin sonuçlarıdır. Çalışma kapsamında kullanılmak üzere toplanan 6 numuneye ilgili standartlara göre toplam hümik ve fulvik asit, makro besin (toplam azot, toplam ve suda çözünür $P_2O_5$, suda çözünür $K_2O$), nem, pH, EC (iletkenlik) ve $CaCO_3$ (kireç) analizleri yapılmıştır. Ayrıca literatürdeki başka bir çalışmadan alınan 8 hümik ve fulvik asit analiz sonucu da bu tez kapsamında tartışılmıştır.

Türkiye'deki toplam tarım arazisi verisi TÜİK istatistiklerinden temin edilmiştir. Türkiye topraklarının, suya doygunluk, EC, pH, kireç, organik madde, organik karbon, alınabilir $P_2O_5$, alınabilir $K_2O$, alınabilir demir, alınabilir mangan, alınabilir çinko, alınabilir bakır, kum, silt ve kil içerikleri istatistikleri Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsünün 2018 yılı proje sonuç raporundan alınarak incelenmiştir.

Numune alınan sahalarda çekilen fotoğraflar Resim 4.1-4.10 ile verilmiştir. Analize gönderilen numune fotoğrafları ise Resim 4.11 ile gösterilmiştir.



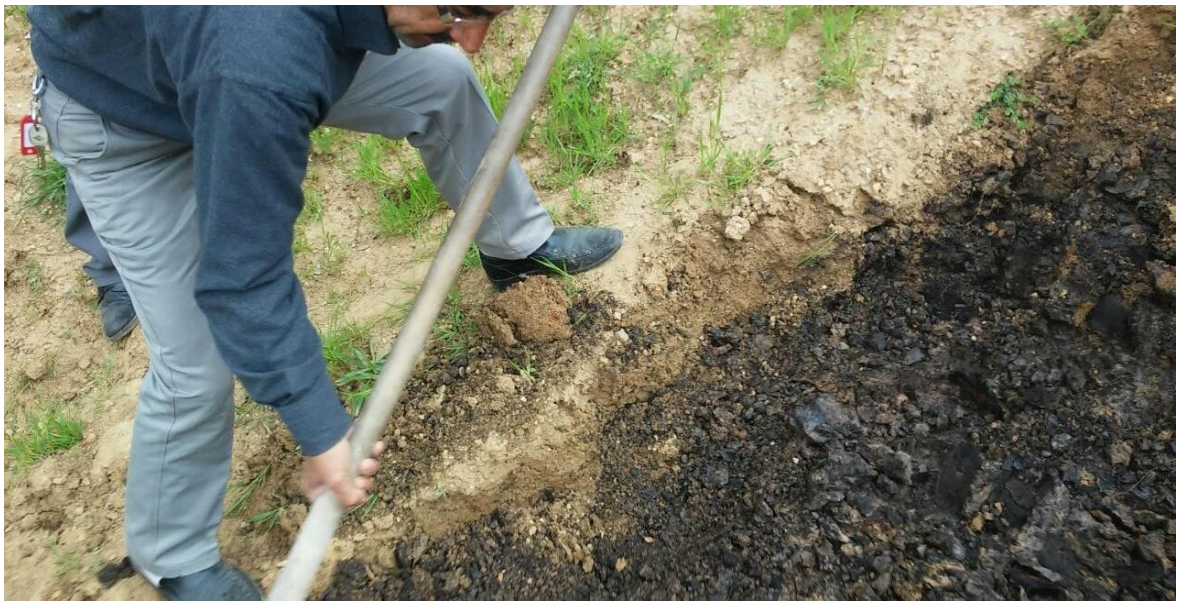
Resim 4.1. Çanakkale Çan leonardit yatakları



Resim 4.2. Bitlis Merkez leonardit yatakları, genel görünüm



Resim 4.3. Bitlis Merkez leonardit yatakları, yüzey görünümü



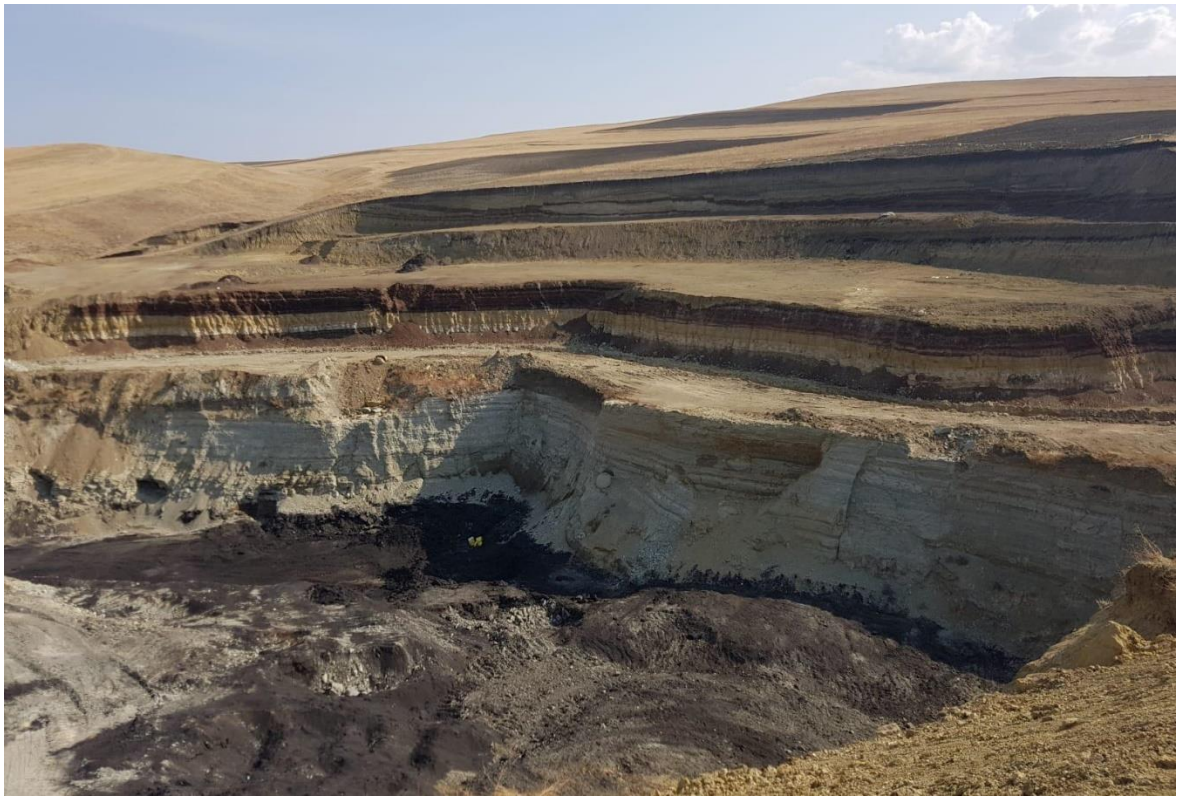
Resim 4.4. Bitlis Merkez leonardit yatakları, numune alma çalışmaları



Resim 4.5. Bursa Keles leonardit yatakları



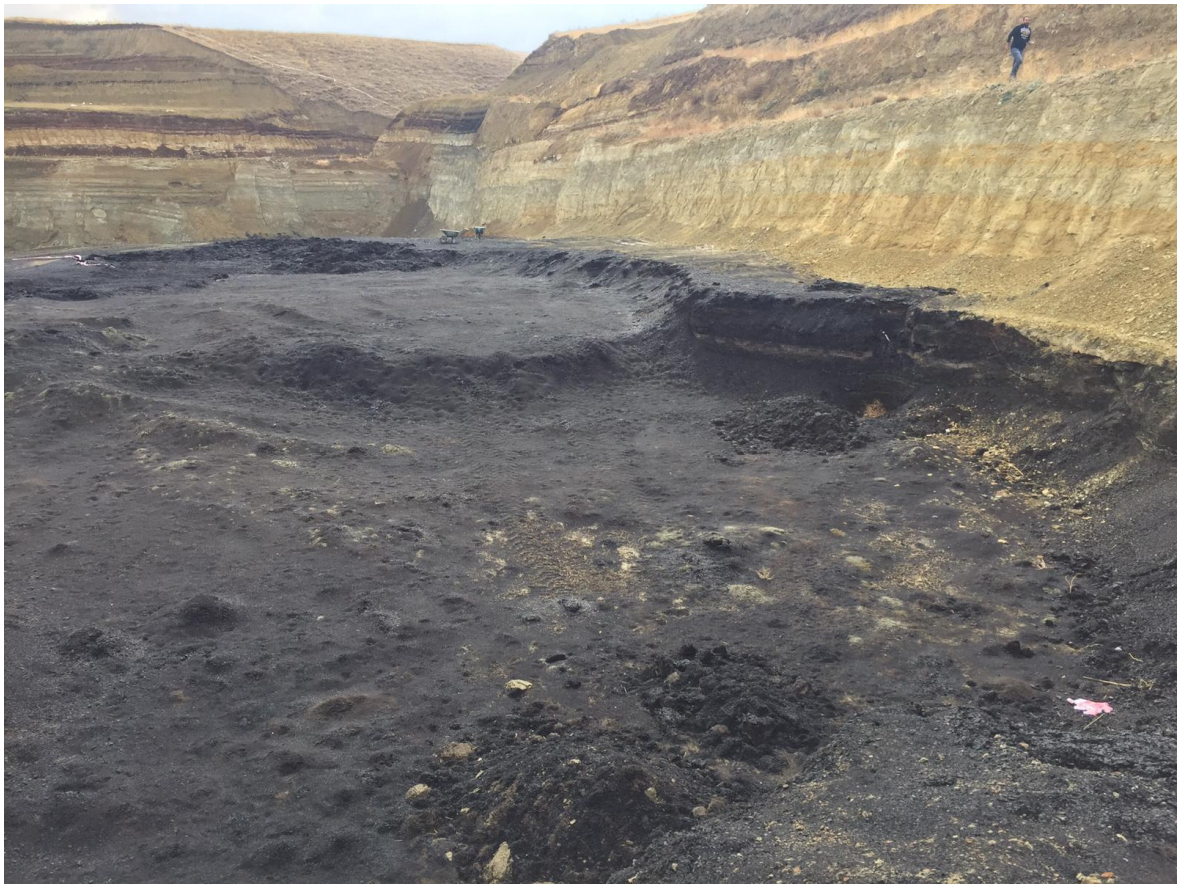
Resim 4.6. Kahramanmaraş Elbistan leonardit yatakları



Resim 4.7. Erzurum Horasan leonardit yatakları, uzaktan bakış



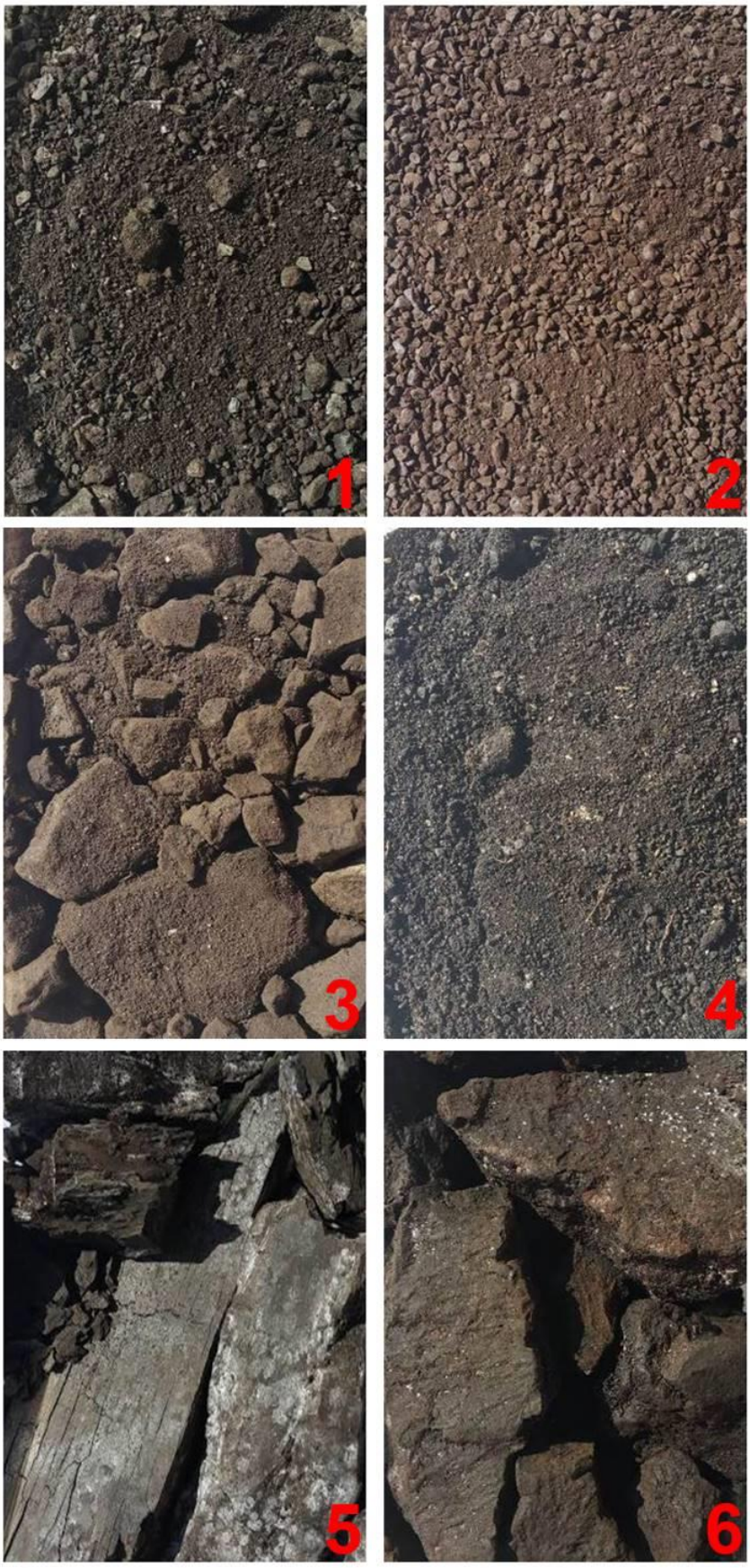
Resim 4.8. Erzurum Horasan leonardit yatakları, yakından bakış



Resim 4.9. Erzurum Horasan leonardit yatakları, numune alınan bölge



Resim 4.10. Adıyaman Gölbaşı leonardit yatakları




Resim 4.11. Numuneler: Çanakkale Çan (1), Bitlis Merkez (2), Kahramanmaraş Elbistan (3), Bursa Keles (4), Erzurum Horasan (5) ve Adıyaman Gölbaşı (6)

## 4.2. Yöntem

Organik maddelerde hümik asit analizinde dünya çapında genel kabul görmüş bir yöntem halen yoktur (Kalınbacak, 2012). Ülkemizde leonardit numunelerinin hümik asit içeriğinin belirlenmesinde TS 5869 ISO 5073: *"Kahverengi kömürler ve linyitler-Hümik asitlerin tayini"* standardının kullanımı, yönetmelik (2014) gereği zorunludur. Ancak bu yöntem kullanılarak hesaplanan değer, standardın adı hümik asitlerin tayini olmasına rağmen, yalnızca hümik asit içeriğini değil, hümik asit ve fulvik asit içeriğinin toplam değerini ölçmektedir.

Hümik asit analizinde kullanılan yöntemler kolorimetrik, titrimetrik ve gravimetrik yöntemler olmak üzere 3 ana grup altında incelenebilir. Kolorimetrik yönteme örnek olarak Mesa Verde yöntemi gösterilebilir. TS 5869 ISO 5073 titrimetrik yöntemdir. Diğer birçok yöntem ise gravimetrik yöntemlere örnektir: $BaCl_2$ ile çökelti oluşturma, HCl asit ile çöktürme, CDFA (California Department of Food and Agriculture), ACC (American Colloid Company), Poliverim Ekstra, Humivita yöntemleri. Tüm bu yöntemlerin birbirinden çok farklı sonuçlar verdiği Kalınbacak (2012) ve Özkan (2008) tarafından gösterilmiştir. Katı ve sıvı numunelerin analizinde farklı yöntemler tercih edilmektedir. Bazı yöntemler hümik ve fulvik asitlerin toplam içeriğini tespit ederken bazıları ise sadece hümik asit içeriğini tespit etmektedir. Tarımsal kullanımda toplam hümik ve fulvik asit oranı önemli olduğu için ve ayrıca ülkemizdeki zorunlu test yöntemi olması nedeniyle, bu çalışmada yapılan tüm hümik ve fulvik asit analizlerinde TS 5869 ISO 5073 yöntemi tercih edilmiştir.

Makro besin analizlerinde analiz standardı ve yöntemi sırasıyla, toplam azot içeriği tespiti için AOAC official method 993.13: "Nitrogen (Total) in Fertilizers", titrasyon yöntemi; toplam $P_2O_5$ içeriği tespiti için TS EN 15959: "Fertilizers-Determination of extracted phosphorus", mineral asitler ile özütleme ön işlemiyle, kinolin fosfomolibdat ile gravimetrik yöntem; suda çözünür $P_2O_5$ içeriği tespiti için TS EN 15958: "Fertilizers-Extraction of water soluble phosphorus", su ile özütleme ön işlemiyle, kinolin fosfomolibdat ile gravimetrik yöntemiyle tayin edilmiştir. Ayrıca suda çözünür $K_2O$ içeriğinin tespiti için de TS EN 15477: "Fertilizers-Determination of the water-soluble potassium content", flame fotometrik yöntemi kullanılmıştır.

Nem, pH, EC ve $CaCO_3$ içeriklerinin analiz standardı ve yöntemi ise sırasıyla TS 2832:

“Gübreler-Kompoze gübre”, gravimetrik metot; TS ISO 10390 (1/10 Potansiyometrik): “Toprak kalitesi-pH tayini”, fiziko kimyasal analizler için numunelere uygulanan ön işlemler, elektrometrik metot ;TS ISO 11265 (1/10 Sulu Çözeltide): “Toprak kalitesi-Elektriksel öziletkenlik tayini”, fizikokimyasal analizler için numunelere uygulanan ön işlemler, elektrometrik metot ve TS EN ISO 10693: “Soil quality-Determination of carbonate content-Volumetric method”, volumetrik metot kullanılarak ölçülmüştür.

Bu tez kapsamında kullanılan tüm yöntemler toprak ve gübre analizlerinde çok kullanılan standart analiz yöntemleri olduğu için tercih edilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan tüm analizler akredite laboratuvarda yapılmıştır.

Türkiye topraklarının tamamını rehabilite etmek için gerekli olacağı hesaplanan hümik ve fulvik asit miktarı ise, bu çalışma kapsamında toplanan leonardit numunelerin toplam hümik ve fulvik asit içeriklerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bahsedilen içerikler yukarıda anlatılan yöntem ile analiz edilmiş olup, tahmini bir veri içermemektedir. Türkiye’nin, birbirine çok uzak noktalarından toplanan numunelere ait hesaplanan ortalama hümik ve fulvik asit oranının, Türkiye’deki tüm leonarditlerin ortalama hümik ve fulvik asit oranına benzer olacağı öngörülmüştür. Ayrıca leonardit olarak sınıflandırılmayan kahverengi linyitlerin ortalama hümik ve fulvik asit oranı ise literatürdeki verilere göre hesaplanmıştır.

### 4.3. Bulgular ve Tartışma

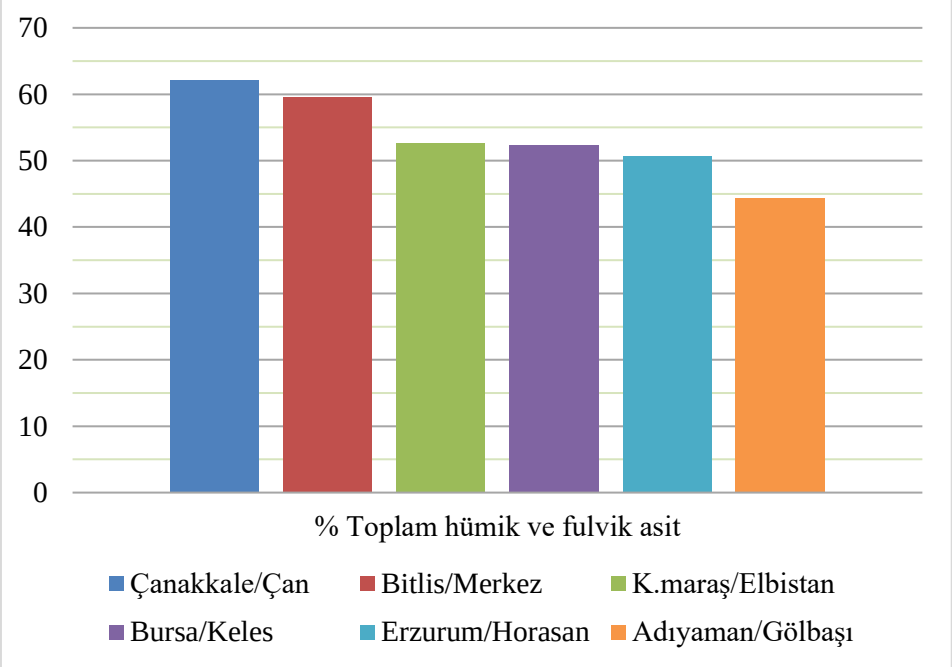
Bu çalışma kapsamında elde edilen analiz sonuçları Çizelge 4.1 ile verilmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde, analiz edilen 6 numunenin toplam hümik ve fulvik asit içeriğinin %44 (w/w) ile %62 (w/w) arasında değiştiği görülmektedir. Bu oranların tamamı %40 (w/w)’ın üzerinde olduğu için tüm numuneler leonardit olarak sınıflandırılabilir. Bu da ülkemizin dört bir yanında, birbirine çok uzak coğrafyalarda, kaliteli leonardit rezervleri olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.1. Türkiye'deki bazı leonardit sahalarından alınan numunelerin analiz sonuçları

| # | Kaynak | Konum | Toplam hümik fulvik asit[a] % w/w | Toplam azot[b] % w/w | Toplam $P_2O_5$[c] % w/w | Suda çözünür $P_2O_5$[d] % w/w | Suda çözünür $K_2O$[e] % w/w | Nem[f] % w/w | pH[g] | EC[h] dS $m^{-1}$ | $CaCO_3$[i] % w/w |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Bu çalışma | Çanakkale/ Çan | 62,18 | 1,12 | 1,14 | 0,85 | 0,23 | 16,83 | 2,30 | 5,06 | 1,71 |
| 2 | Bu çalışma | Bitlis/ Merkez | 59,58 | 1,29 | 0,95 | 0,27 | 0,55 | 26,09 | 5,80 | 1,68 | 1,48 |
| 3 | Bu çalışma | K.maraş/ Elbistan | 52,67 | 0,86 | 1,04 | 0,64 | 0,26 | 48,96 | 7,01 | 1,43 | 7,78 |
| 4 | Bu çalışma | Bursa/ Keles | 52,34 | 0,65 | 1,21 | 0,99 | 0,32 | 39,86 | 4,58 | 2,42 | 2,88 |
| 5 | Bu çalışma | Erzurum/ Horasan | 50,64 | 0,53 | 1,25 | 0,50 | 0,82 | 34,59 | 6,31 | 1,19 | 1,56 |
| 6 | Bu çalışma | Adıyaman/ Gölbaşı | 44,35 | 1,00 | 1,17 | 0,96 | 0,27 | 50,01 | 5,93 | 1,44 | 2,33 |
| | | Min. | 44,35 | 0,53 | 0,95 | 0,27 | 0,23 | 16,83 | 2,30 | 1,19 | 1,48 |
| | | Mak. | 62,18 | 1,29 | 1,25 | 0,99 | 0,82 | 50,01 | 7,01 | 5,06 | 7,78 |
| | | Ort. | 53,63 | 0,91 | 1,13 | 0,70 | 0,41 | 36,06 | 5,32 | 2,20 | 2,96 |
| | | Med. | 52,51 | 0,93 | 1,16 | 0,75 | 0,30 | 37,23 | 5,87 | 1,56 | 2,02 |
| | | σ | 5,86 | 0,26 | 0,10 | 0,26 | 0,21 | 11,88 | 1,53 | 1,33 | 2,21 |
| 7 | (Engin, 2013) | Adıyaman/ Gölbaşı | 59,55 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | (Engin, 2013) | Edirne/ Meriç | 48,39 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | (Engin, 2013) | Denizli/ Kale | 38,42 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | (Engin, 2013) | Çanakkale/ Çan | 34,36 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | (Engin, 2013) | Muğla/ Milas | 31,94 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | (Engin, 2013) | Uşak/ İlyaslı | 26,72 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 13 | (Engin, 2013) | Manisa/ Soma | 24,16 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 | (Engin, 2013) | Niğde/ Ulukışla | 20,65 | - | - | - | - | - | - | - | - |

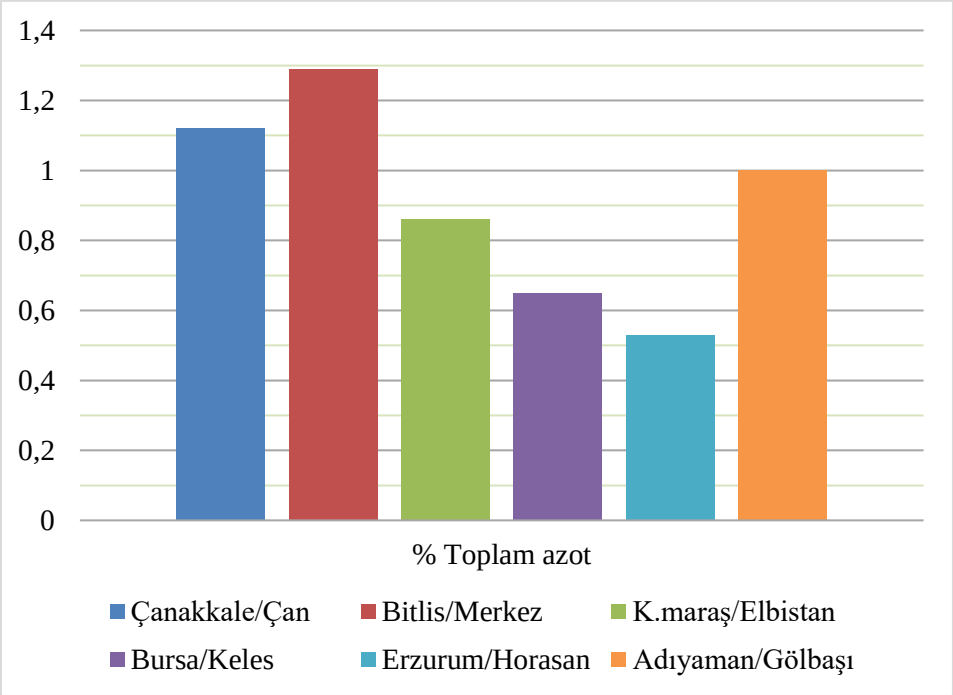
Analizde kullanılan test standardı/yöntemi:
[a] TS 5869 ISO 5073: "Kahverengi kömürler ve linyitler-Hümik asitlerin tayini"
[b] AOAC official method 993.13: "Nitrogen (Total) in Fertilizers"
[c] TS EN 15959: "Fertilizers-Determination of extracted phosphorus"
[d] TS EN 15958: "Fertilizers-Extraction of water soluble phosphorus"
[e] TS EN 15477: "Fertilizers-Determination of the water-soluble potassium content"
[f] TS 2832: "Gübreler-Kompoze gübre"
[g] TS ISO 10390 (1/10 Potansiyometrik): "Toprak kalitesi-pH tayini"
[h] TS ISO 11265 (1/10 Sulu Çözeltide): "Toprak kalitesi-Elektriksel öziletkenlik tayini"
[i] TS EN ISO 10693: "Soil quality-Determination of carbonate content-Volumetric method"

Elde edilen toplam hümik ve fulvik asit içeriği analiz sonuçları Şekil 4.1 ile verilmiştir.



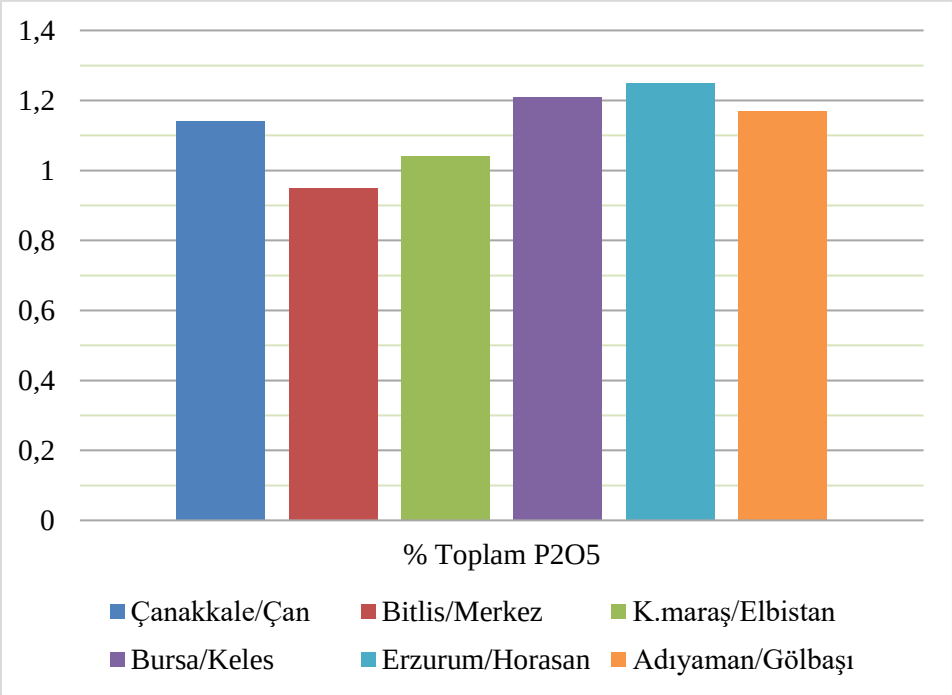

Şekil 4.1. Toplam hümik ve fulvik asit içeriği analiz sonuçları

Analiz sonuçlarına göre leonardit numunelerin toplam azot içeriği %0,53 ile %1,29 (w/w) arasında değişmektedir. Pekcan ve ark. (2018) tarafından analiz edilen 28 ticari ürünün ise toplam azot içeriği %0,04-%2,50 (w/w) arasında değişmektedir. Ölçülen değerler literatür ile uyumludur. Elde edilen %0,53-1,29 azot oranı, sığır gübresinde bulunan %0,29 azot oranına kıyasla 4,5 kata kadar daha yüksektir. Elde edilen toplam azot içeriği analiz sonuçları Şekil 4.2 ile verilmiştir.

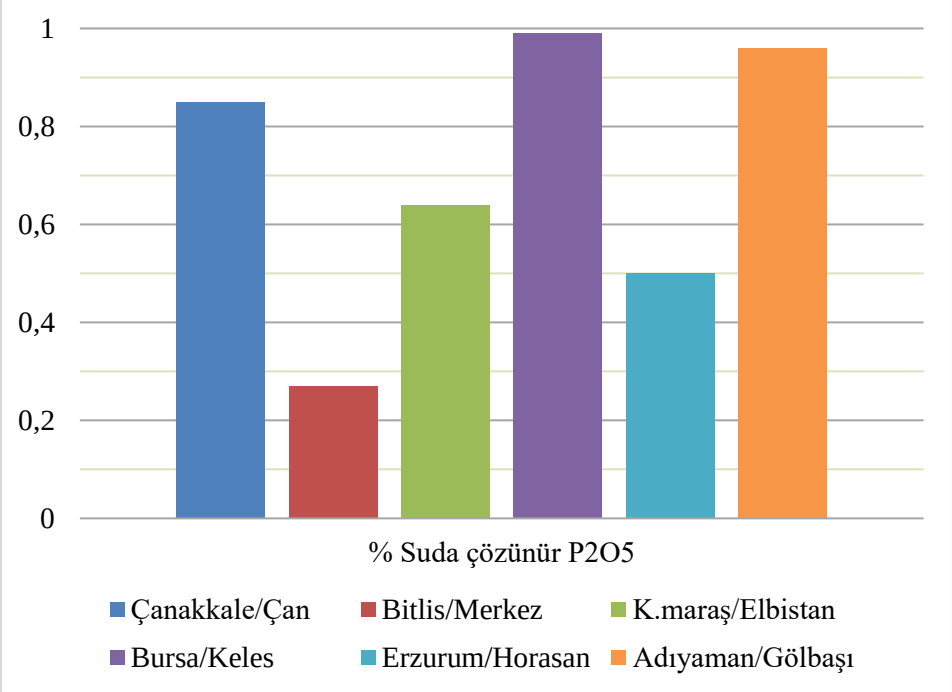



Şekil 4.2. Toplam azot içeriği analiz sonuçları

Numunelerin toplam fosfor ($P_2O_5$) içeriği %0,95 ile %1,25 (w/w) arasında iken, suda çözünür fosfor ($P_2O_5$) içeriği %0,27 ile %0,99 (w/w) arasındadır. Bu değerler, Pekcan ve ark. (2018) tarafından elde edilen ticari ürün sonuçları ile kıyaslandığında daha yüksek, sığır gübresinin %0,17 olan içeriği ile kıyaslandığında ise 7 kata kadar daha yüksektir. Bu oranın yüksek olması tarımsal kullanımda makro besin olması açısından faydalıdır. Ayrıca Türkiye topraklarının genel olarak fosfor açısından zengin olmadığı düşünüldüğünde, yüksek fosfor içeriğine sahip toprak düzenleyicilerinin tercih edilmesi son derece önemlidir. Elde edilen toplam fosfor içeriği analiz sonuçları Şekil 4.3, suda çözünür fosfor içeriği analiz sonuçları ise Şekil 4.4 ile verilmiştir.



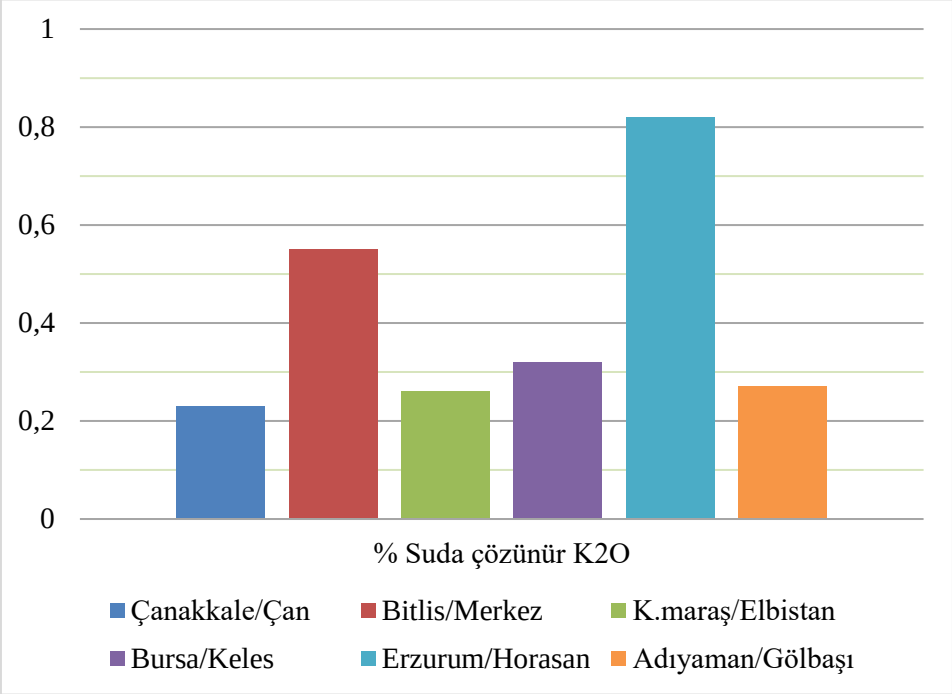

Şekil 4.3. Toplam fosfor içeriği analiz sonuçları




Şekil 4.4. Suda çözünür fosfor içeriği analiz sonuçları

Suda çözünür potasyum ($K_2O$) oranları %0,23 ile %0,82 (w/w) arasında ölçülmüştür. Bu değerler de Pekcan ve ark. (2018) tarafından elde edilen %0,01-%0,88 (w/w) aralığı ile uyumludur. Elde edilen potasyum analizi sonuçları sığır gübresi ile kıyaslandığında ise, sığır

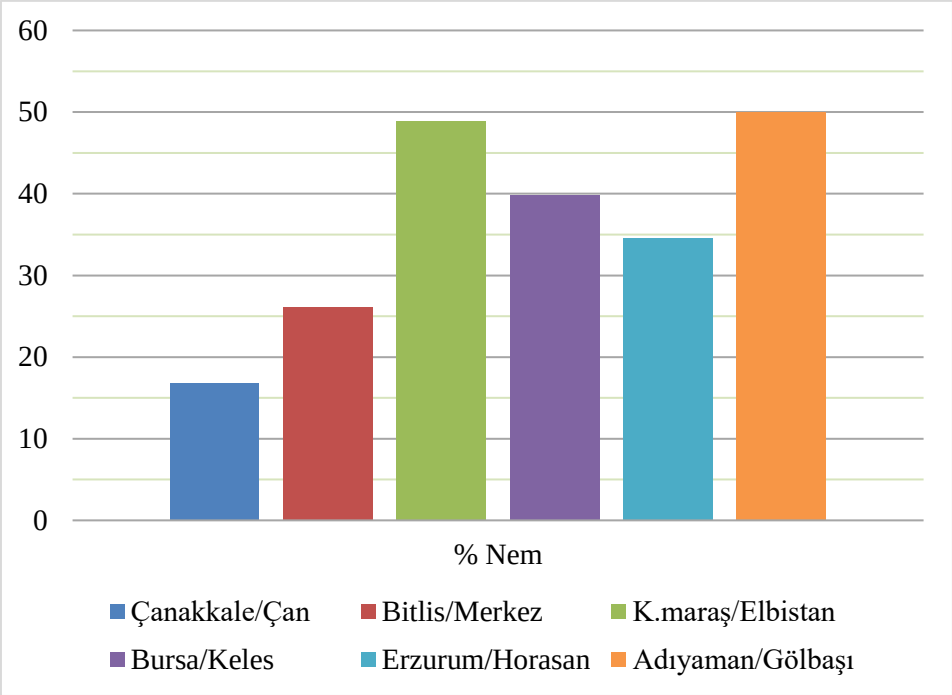
gübresinin %0,1 olan $K_2O$ içeriğine göre 8 kata kadar daha yüksektir. Elde edilen suda çözünür potasyum içeriği analiz sonuçları Şekil 4.5 ile verilmiştir.




Şekil 4.5.Suda çözünür potasyum içeriği analiz sonuçları

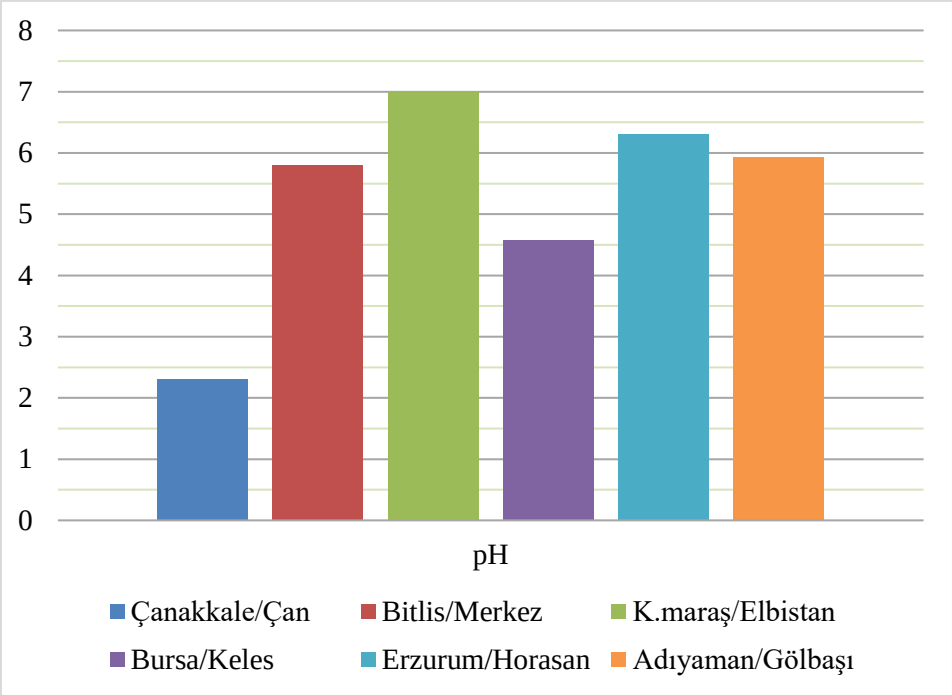
Elde edilen azot, fosfor ve potasyum içeriği değerleri, kimyasal (suni) gübrelere kıyasla oldukça düşük olsa da sığır gübresine kıyasla oldukça yüksektir. Suni gübreler toprakta çok kısa süre etkili olup sonraki yıllarda etkisiz olsa da, organik maddeler toprakta uzun yıllar boyu etkili olması nedeniyle önemlidir.

Numunelerin nem oranları %16,83 ile %50,01 (w/w) arasında ölçülmüş olup, Pekcan ve ark. (2018) ile ölçülen %3,25-%40,32 (w/w) aralığı ile kısmen uyumludur. Yönetmelik (2014) gereği satışı yapılan leonardit ürünlerinin nem oranının en fazla % 35 (w/w) olması gerekmektedir. 3 adet numunenin nem oranının % 35 (w/w) in üzerinde olduğu görülmektedir ve bu nedenle bu numunelerin bir miktar kurutulması gerekmektedir. Leonardite uygulanacak kurutma yöntemi kritik derecede önemli olup, Engin (2013), leonardit kurutmasında 60 °C üzerine çıkıldığında leonarditin kimyasının bozulduğunu bildirmiştir. Bu nedenle kurutma işleminde en uygun yöntem oda sıcaklığında havada kurutmadır (Engin, 2013). Elde edilen nem içeriği analiz sonuçları Şekil 4.6 ile verilmiştir.




Şekil 4.6. Nem içeriği analiz sonuçları

Numunelerin pH değerleri 2,30 ile 7,01 arasında değişmekte olup, Pekcan ve ark. (2018) tarafından ölçülen 2,35-7,76 aralığı ile son derece uyumludur. Görüldüğü gibi leonardit numunelerinin pH değerleri çok geniş bir aralıkta değişebilmektedir. 3 nolu numune dışında kalan 5 numunenin de asidik olduğu görülmektedir ve bu nedenle kalitelerinin iyi olduğu söylenebilir. Ölçülen bazik pH değeri aslında alınan numunenin leonardit değil, kömür olduğunu göstermektedir. 3 nolu numunenin pH değeri 7,01 olduğu için kömürleşmenin başladığı söylenebilir. Elde edilen pH analiz sonuçları Şekil 4.7 ile verilmiştir.



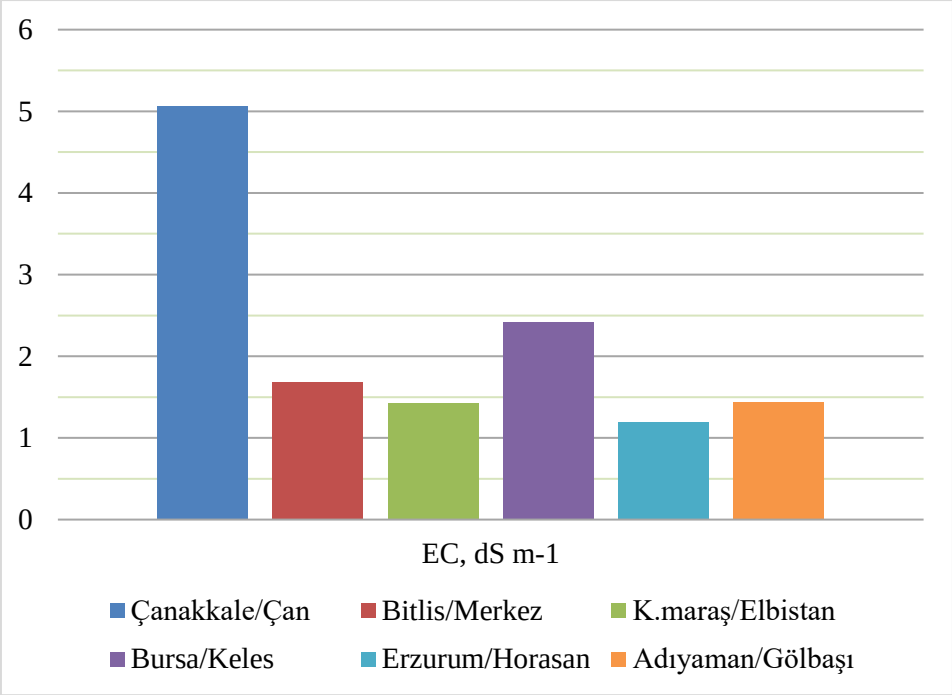

Şekil 4.7. pH analiz sonuçları

Numunelerin EC (elektriksel iletkenlik) değerleri 1,19 ile 5,06 dS $m^{-1}$ arasında ölçülmüş olup, Pekcan ve ark. (2018) tarafından ölçülen 0,14-4,51 aralığı ile genel olarak uyumludur. EC değeri numunenin tuzluluk değerini gösterdiği için önemli olup, toprağın tuzluluk değerinin artması tarımda ciddi verim düşüklüğüne neden olmaktadır. Bu çalışmada incelenen numunelerden 4 tanesi tuzsuz kategoride, 4 nolu numune hafif tuzlu, 1 nolu numune ise orta tuzlu kategoride değerlendirilmiştir. Tuzluluk ile kategoriler ve etkileri Çizelge 4.2 ile verilmiştir (Karaoğlu ve Yalçın, 2018; Aydemir, 1992).

Çizelge 4.2. Toprakta tuzluluk sınıfları ve bitki gelişimine etkisi

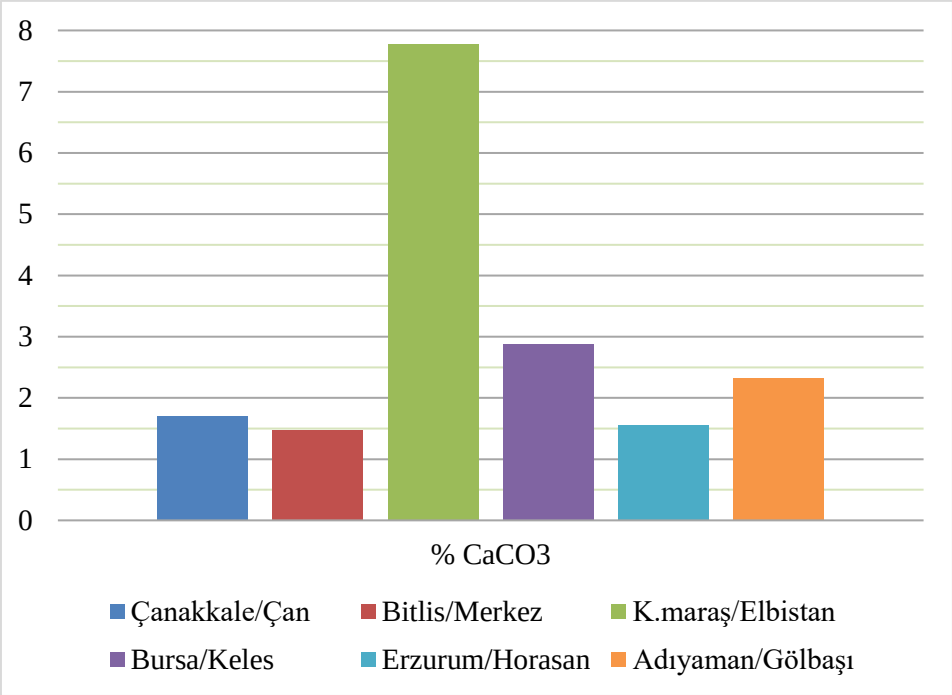
| Sınıf | EC dS $m^{-1}$ | Bitki üzerine etkisi |
|---|---|---|
| Tuzsuz | 0-2 | Etkiler yok sayılabilir. |
| Hafif tuzlu | 2-4 | Tuza hassas bitkilerin verimi düşebilir. |
| Orta tuzlu | 4-8 | Birçok bitki için verim düşebilir. |
| Kuvvetli tuzlu | 8-16 | Yalnızca tuza dayanıklı bitkilerden verim alınabilir. |
| Çok tuzlu | >16 | Yalnızca bazı özel bitkilerden verim alınabilir. |

Elde edilen elektriksel iletkenlik analiz sonuçları Şekil 4.8 ile verilmiştir.




Şekil 4.8. Elektriksel iletkenlik analiz sonuçları

Numunelerin $CaCO_3$ (kireç) oranları %1,48 ile %7,78 (w/w) arasında ölçülmüş olup, bu değerler Pekcan ve ark. (2018) tarafından ölçülen %0,39-%1,93 (w/w) aralığına göre yüksektir. Ancak yine de, ölçülen tüm değerler yönetmelik (2014) ile izin verilen %8 üst sınırının altında olduğu için analizi yapılan bu leonarditler tarımda kullanılmaya elverişlidir. Elde edilen kireç içeriği analiz sonuçları Şekil 4.9 ile verilmiştir.




Şekil 4.9. Kireç içeriği analiz sonuçları

Bu tez kapsamında incelenen numunelerin ağır metal içerikleri, yüksek maliyet nedeniyle analiz edilmemiştir. Leonarditlerin tarımda kullanılabilmesi için ağır metal içeriklerinin yeterince düşük olması gerekir, ancak birçok ticari leonardit ürününün yüksek ağır metal içerdiği raporlanmıştır. Pekcan ve ark. (2018) tarafından analiz edilen 28 ticari leonardit numunesinin 14 tanesinde yüksek ağır metal içeriği tespit edilmiştir. Bu nedenle sanayi atıkları ile kirletilmiş bölgelerden elde edilen leonarditlerin tarımda kullanılması uygun değildir.

# 5. SONUÇ

Tarımda organik toprak düzenleyicisi olarak kullanılacak leonarditlerde, toplam hümik ve fulvik asit içeriği en az % 40 (w/w), kireç içeriği en fazla % 8 (w/w), nem oranı en fazla % 35 (w/w), ağır metal içeriği ise mümkün olduğunca düşük olmalıdır. Bu kapsamda, analiz edilen 6 numunenin tamamını leonardit olarak sınıflandırmak mümkündür. Hümik ve fulvik asit içeriği açısından incelendiğinde 5 numune orta kalite, 1 numune ise düşük kalite leonardit olarak sınıflandırılabilir. Engin (2013) tarafından analiz edilen 8 numuneden ise analiz sonuçlarına göre 1 adedi orta kalite, 1 adedi düşük kalite leonardit olup, kalan 6 adedinin ise düşük hümik ve fulvik asit içeriği nedeniyle leonardit olarak isimlendirilmesi doğru değildir.

Nem oranı yüksek olan 3 adet numunenin kurutularak nem oranının %35 (w/w) veya altına düşürülmesi gerekmektedir. Kurutma işlemi tesiste doğal ortamda oda sıcaklığında havada kurutulma şeklinde yapılmalıdır. 60°C üzerindeki sıcaklıklarda mekanik kurutma işlemi tavsiye edilmemektedir, çünkü sıcakta hümik asitlerin zincir ve halka yapıları bozulmaktadır. Leonardit havada kurutulduktan sonra paketlenene kadar eleme/ayırma, kırarak küçültme, okside etme, gravite ile ayırarak temizleme, aşındırma amaçlı öğütme ve homojenize etme işlemlerine maruz kalmaktadır ve tüm bu aşamalarda sıcaklık kontrol altında tutulmalıdır.

6 numunenin makro besin içeriği incelendiğinde, azot, fosfor ($P_2O_5$) ve potasyum ($K_2O$) içerikleri sırasıyla %0,53-1,29, %0,95-1,25 ve %0,23-0,82 (w/w) aralığındadır. Leonarditin sığır gübresi içindeki azot, fosfor ve potasyum içeriğine oranla, bu makro besin maddelerini 8 kata kadar daha fazla içerdiği görülmektedir. Bu nedenle leonarditin makro besin açısından fakir olduğu, gübre olarak adlandırılmasının ve kullanılmasının yanlış olduğu savının geçersiz olduğu ortadadır. Leonardit bir toprak düzenleyicisidir ve bitkilere en büyük faydası mikro besin elementlerinin alımını kolaylaştırmak vasıtasıyla olmaktadır. Ancak bu çalışma kapsamında, leonarditin makro besin de içerdiği tespit edilmiştir ve bitkilere bu özelliği nedeniyle de faydalı olacağı ortadadır.

Türkiye'nin sahip olduğu 5 milyon ton leonardit ve 8 milyon ton düşük kalorili, yakıt olarak kullanılamayacak, genç linyit rezervi kullanılarak tarımda verim artırılabilir. Bu çalışmada analiz edilen 6 numunenin ortalama hümik ve fulvik asit oranı %53,63 (w/w) tür.

Bahsedilen genç linyitlerin ise, Bölüm 3.5'de anlatıldığı şekilde, %20-40 (w/w) arasında hümik ve fulvik asit içerdiği bilinmektedir ve bu nedenle bu genç linyitlerin ortalama olarak %30 oranında hümik ve fulvik asit içerdiği kabul edilmiştir. Bu kabuller ile Türkiye'de, toplam 5 milyon ton civarında hümik ve fulvik asit rezervi olduğunu tahmin edebiliriz. Literatür incelendiğinde, içeriğinde %12 (w/w) hümik ve fulvik asit ihtiva eden TKİ-Hümas toprak düzenleyicisi, tarım arazilerine 1 ile 8 l $da^{-1}$ arasında değişen oranlarda uygulanmış ve belli değerlerde verimin oldukça arttığı görülmüştür. Birçok bitkide, 2 veya 4 l $da^{-1}$ (yani dekar başına 276-552 gram hümik ve fulvik asit) miktarında bir uygulamanın önemli bir verim artışı sağladığı gösterilmiştir. Türkiye'deki toplam tarım arazisi, çayır ve mera arazileri hariç, 23 milyon hektardır (TÜİK, 2021). 23 milyon hektar tarım arazisini, 4 l $da^{-1}$ TKİ Hümas eşdeğeri hümik ve fulvik asitle rehabilite etmek için yaklaşık 128 bin ton hümik ve fulvik asit gereklidir ve bu 5 milyon ton rezerv büyüklüğünün çok altındadır. Bu nedenle mevcut rezervler kullanılarak, her yıl bir kez olacak şekilde 39 yıl boyunca, Türkiye'deki tüm tarım arazilerine hümik ve fulvik asit uygulanabilir. Uygulama ile Türkiye'deki tüm tarım arazilerinde, tarımsal üretimde Çizelge 3.10 ile gösterildiği gibi, %134'e kadar verim artışı sağlanabilir ve toprağın su tutma kapasitesi artırılarak israf olan sulama suyu miktarı azaltılabilir.

Toprağın hümik ve fulvik asit içeriğinin artırılması için, toprağa katı olarak leonardit madeni karıştırılabilir veya sıvı olarak hümik ve fulvik asit çözeltisi sulama suyu vasıtasıyla uygulanabilir. Ekonomik olarak incelendiğinde, leonardit ucuz bir maden olduğu için, gübre uygulmasına benzer şekilde, toprağa doğrudan karıştırılarak uygulanması mümkündür. Burada oluşabilecek temel maliyet nakliye bedeli olacaktır. Ülkemizin dört bir yanında bulunan birçok linyit madeni sahasında leonardit rezervleri de bulunduğu göz önüne alındığında, tarım arazilerine yakın sahalardan leonardit taşınmasının ciddi bir maliyeti olmayacaktır. Hümik asit olarak %12 (w/w) hümik ve fulvik asit barındıran TKİ-Hümas (sıvı) ve benzerlerinin uygulanması da düşük maliyetli bir seçim olacaktır. Türkiye Kömür İşletmeleri tarafından, düşük kalorili kahverengi linyitler kullanılarak Konya Ilgın tesislerinde üretilen TKİ-Hümas, ülkemizin tamamında uygun fiyat ile bulunabilmektedir.

Literatürde ilk kez, 6 farklı bölgeye ait leonarditlerin makro besin (azot, fosfor, potasyum), pH, elektriksel iletkenlik (EC), kireç ($CaCO_3$) ve nem içeriği oranları verilmiştir. Ayrıca yine literatürde ilk kez, 3 farklı bölgedeki leonarditlerin toplam hümik ve fulvik asit içeriği verilmiş olup, diğer 3 bölgedeki leonarditlerin toplam hümik ve fulvik asit içeriği ise başka

bir çalışma ile belirlenen değerlerden bir miktar farklı olarak ölçülerek tartışılmıştır. Literatüre katılan bu yeni verilerin gelecekteki olası yeni çalışmalara girdi sağlaması hedeflenmiştir.

# KAYNAKLAR


Akalan, İ. (1987). *Toprak Bilgisi* (Birinci Baskı). Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Yayınları, 35-46.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2019). Official method 993.13: Nitrogen (Total) in Fertilizers, USA.

Arduç, S., Mut, Z., ve Köse, Ö. D. E. (2020). İki ekmeklik buğday (Triticum aestivum L.) çeşidinde hümik/fulvik asit uygulamasının tane verimi ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 217-228.

Arnon, D. I. and Stout, P. R. (1939). The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology*, 14(1), 371-385.

Ay, F. (2015). Hümik Asit ve hümik asit kaynaklarının jeolojik ve ekonomik önemi. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 36(1), 28-51.

Aydemir, O. (1992). *Bitki besleme ve toprak verimliliği* (Birinci Baskı). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları, 48-55.

Beeson, K. C. (1945). The occurence of mineral nutritional diseasses of plants and animals in the United States. *Soil Sci*, 60(1), 9-13.

Bolat, İ. ve Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218-228.

Cangir, C. (1991). *Toprak Bilgisi* (Birinci Baskı). Tekirdağ: Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Yayınları, 22-29.

Dizman, M., Tutar, A., Karaman, M. R., Turan, M., ve Horuz, A. (2012). Hümik madde kavramı ve kısa bir tarihi bakış. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, 2012(1), 11-24.

Engin, V. T. (2013). *Türkiye leonarditlerinin değerlendirilmesi*, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Ergene, A. (1987). *Toprak Biliminin Esasları* (Birinci Baskı). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 15-19.

Ergönül, U. (2011). *Ayçiçeği (helianthus annuus l.) çeşitlerine uygulanan hümik asit ve leonardit'in verim, verim öğeleri üzerine etkileri*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Erkoç, İ. (2009). *Sera domates yetiştiriciliğinde kükürt ve leonardit uygulamalarının fosfor yarayışlılığına etkileri*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Fageria, N. K. (2009). *The use of nutrients in crop plants* (First Edition). New York: CRC Press, 30-41.

Gardiner, D. T. and Miller, R. W. (2008). *Soils in our environment* (Eleventh Edition). New Jersey: Pearson/Prentice Hall, 19-21.

Geçer, M. K. (2020). Hümik asit uygulamalarının bazı çilek çeşitlerinin meyve verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(1), 21-27.

Gezgin, S. *Hümik ve fulvik asit kaynağı olarak TKİ-Hümas'ın bitki yetiştiriciliğinde kullanımı*. Türkiye Kömür İşletmeleri Yayınları, 2, 1-86.

Gezgin, S. ve Dursun, N. *Toprağa farklı şekil ve miktarlarda uygulanan TKİ-hümas'ın toprak reaksiyonu ve tuzluluğuna etkisi, bu etkisinin diğer bazı hümik asit kaynakları ile karşılaştırılması*. Türkiye Kömür İşletmeleri Yayınları, 3, 1-6.

Gezgin, S., Dursun, N., ve Yılmaz, F.G. (2012). Bitki yetiştiriciliğinde hümik ve fulvik asit kaynağı olan TKİ-Hümas'ın kullanımı. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, 2012(1), 159-163.

Tarımda kullanılan organik, organomineral gübreler ve toprak düzenleyiciler ile mikrobiyal, enzim içerikli ve organik kaynaklı diğer ürünlerin üretimi, ithalatı, ihracatı ve piyasaya arzına dair yönetmelik. (2010, Haziran 4). *Resmi gazete*, sayı: 27601.

Güçdemir, İ. H. (2006). *Türkiye gübre ve gübreleme rehberi* (Birinci Baskı). Ankara: Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 6-11.

İstanbullu, M., Aydemir, Ö. E., Akgün, M., ve Özkutlu, F. (2020). Biberde (Capsicum annuum L.) hümik asit ve çinko uygulamasının yeşil aksamda kuru madde ve çinko miktarına etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(3), 612-617.

Jarvis, S. C., Jones, L. H. P., and Hopper, M. J. (1976). Cadmium uptake from solution by plants and its transport from roots to shoots. *Plant and Soil*, 44(1), 179-171.

Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (1992). *Trace Elements in Soils and Plants* (Second Edition). Florida: Lewis Publications, 22-28.

Kacar, B. ve Katkat, A. V. (2014). *Gübreler ve Gübreleme Tekniği* (Birinci Baskı). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 35-36.

Kahramanoğulları, C. T. (2019). *Hümik asit ve azotlu gübre uygulamalarının doğal meranın yem verimi ve kalitesine etkisi*, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kalınbacak, K. ve Madenoğlu, S. (2012). Organik materyallerde bazı hümik asit analiz yöntemlerinin karşılaştırılması ve uygun yöntemlerin seçimi. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, 2012(1), 499-508.

Karaman, M. R., Turan, M., Tutar, A., ve Dizman, M. (2012). Bitkisel üretimde hümik madde ve mikrobesin elementi yarayışlılığı ilişkileri. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, 2012(1), 165-175.

Karaoğlu, M. ve Yalçın, A. M. (2018). Toprak tuzluluğu ve Iğdır ovası örneği. *Journal of Agriculture*, 1(1), 27-41.

Kayahan, F., Kaşık, G., ve Kayahan, N. (2020). Lentinula edodes (Berk.) pegler 1976'in misel gelişmesine hümik maddeler ve giberellik asidin etkisinin araştırılması. *Mantar Dergisi*, 11(1), 40-49.

Kender, J. W. and Forsline, P. (1983). Residual measures to reduce air pollution losses in horticulture. *Hırtulculture Soi,* 18(5), 680-684.

Küçük, V. ve Kaya, A., T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Ziraat İşleri Genel Müd.. Fındık Araştırma ve Eğitim Müd. (1986). *Fındıkta Yaprak Sararmalarının Oluşum Nedenleri ve Giderilmesi Üzerine Araştırmalar*, Proje No: 3-478-1-280/1103, Giresun.

Namlı, A., Akça, M. O., ve Akça, H. (2019). Afşin-Elbistan havzası linyit işletmesi organik materyallerinden geliştirilen organik ve organomineral gübrelerin buğday verimi ve verim bileşenleri ile bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Toprak bilimi ve bitki besleme dergisi*, 7(1), 10-20.

Özkan, A. (2008). *Hümik asit içeren toprak düzenleyicilerinin hümik asit, kapsamlarının uygun yöntemlerle belirlenmesi*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Pekcan, T., Esetlili, B. Ç., Turan, H. S., ve Aydoğdu, E. (2018). Leonardit kökenli organik materyallerin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 31-41.

Ryan, P., Lee, J., and Peebles, T. F. *Trace Elements in Releation to Soil Units in Europe*. F. A. O. Rome World Soil Resources Report, 31.

Sezen, Y. (1984). *Gübreler ve Gübreleme* (Birinci Baskı). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 39-83.

Stevenson, F. J. (1982). *Humus Chemistry* (First Edition). New York: Wiley, 62-65.

Sungur, M. ve Özuygur, M. (1986). Türkiye topraklarının mikro element durumu hakkında bir araştırma. *Toprak İlmi Derneği 9. Bilimsel Toplantı Tebliğleri*, 4(1), 1-29.

Şengüler, İ. (2015). Leonardit: özellikleri, önemi ve ekonomik değeri. *MTA (Maden Tetkik ve Arama) Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 2015(1), 101-106.

Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü (2018). *Türkiye topraklarının bazı verimlilik ve organik karbon (tok) içeriğinin coğrafi veritabanının oluşturulması proje sonuç raporu*, Proje No: TAGEM/TSKAD/11/A13/P03, Ankara, 1-86.

Thome, D. W., Wann, F. B., and Robinson, W. (1951). Hypolesis Conceming Lime Induceed Chlorosis. *Soil Science Society Amer. Pro.*, 15(1), 254-258.

TSE. (2020). TS 5869 ISO 5073: Kahverengi kömürler ve linyitler-Hümik asitlerin tayini, Ankara.

TSE. (2016). TS EN 15959: Fertilizers-Determination of extracted phosphorus, Ankara.

TSE. (2015). TS EN ISO 10693: Soil quality-Determination of carbonate content-Volumetric method, Ankara.

TSE. (2015). TS ISO 11265 (1/10 Sulu Çözeltide): Toprak kalitesi-Elektriksel öziletkenlik tayini, Ankara.

TSE. (2013). TS ISO 10390 (1/10 Potansiyometrik): Toprak kalitesi-pH tayini. Ankara.

TSE. (2009). TS EN 15477: Fertilizers-Determination of the water-soluble potassium content, Ankara.

TSE. (2009). TS EN 15958: Fertilizers-Extraction of water soluble phosphorus, Ankara.

TSE. (2003). TS 2832: Gübreler-Kompoze gübre, Ankara.

Tunçtürk, M., Tunçtürk, R., Oral, E., ve Baran, İ. (2020). Hümik asidin baklada (Vicia faba L.) tuz (NaCl) stresinin azaltılması üzerine etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 2168-2179.

TÜİK. (2021). *Tarım alanları istatistikleri*, Ankara.

Yıldırım, M. U., Uğur, M., ve Hatipoğlu, H. (2020). Farklı büyüme ortamı ve hümik asit uygulamalarının safran (crocus sativus l.) kormlarının gelişimine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, Türkiye 13. Ulusal, I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı, 143-151.

Yılmaz, F. G., Harmankaya, M., ve Gezgin, S. (2012). Farklı demir bileşikleri ve TKİ-hümas uygulamalarının ıspanak bitkisinin demir alımı ve gelişimine etkileri. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, 2012(1), 217-231.

Zengin, M. ve Kaya, Y. (2016). *Hümik madde, Türkiye'nin hümik madde potansiyeli ve kullanım alanları* (Birinci Baskı). İstanbul: İstanbul Gübre Sanayii A.Ş. yayınları, 1-17.



*GAZİ GELECEKTİR...*