

**T.C.**  
**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TERMİK SANTRAL TOZ ATIĞININ MISIR**  
**(*ZEA MAYS L.*) BÜYÜMESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN**  
**ANATOMİK OLARAK İNCELENMESİ**

**Mustafa Eray BOZYEL**

**Biyoloji Anabilim Dalı**

**Tezin Sunulduğu Tarih: 01/07/2011**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. İsmet UYSAL**

**ÇANAKKALE**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**MUSTAFA ERAY BOZYEL** tarafından **DOÇ. DR. İSMET UYSAL** yönetiminde hazırlanan “**TERMİK SANTRAL TOZ ATIĞININ MISIR (ZEA MAYS L.) BÜYÜMESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ANATOMİK OLARAK İNCELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İsmet UYSAL

Danışman

Prof. Dr. N. Mücella MÜFTÜOĞLU

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Ahmet GÖNÜZ

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 01/07/2011

Prof. Dr. İsmet KAYA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi BAP tarafından 2009/138 no’lu projeden desteklenmiştir.

## **İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI**

**Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.**

**Mustafa Eray BOZYEL**

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. İsmet UYSAL, alıŐma sÜresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. N. Mücella MÜFTÜOğLU, Sayın Yrd. Doç. Dr. Cafer TÜRKMEN, Sayın AraŐ. Gör. Dr. Ersin KARABACAK, Sayın AraŐ. Gör. Dr. Rıza AKGÜL hocalarıma, lisans ve yüksek lisans öğrenimimde emeği geçen bütün hocalarıma, her zaman bana yardımcı olan arkadaşlarıma, tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Mustafa Eray BOZYEL



## SİMGELER VE KISALTMALAR

$Al_2O_3$	Aluminyum oksit
As	Arsenik
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
CaO	Kalsiyum oksit
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
$CO_x$	Karbon oksit bileşikleri
Cr	Krom
ÇTS	Çan Termik Santrali
$Fe_2O_3$	Demir III oksit
g	Gram
H	Hidrojen
Ha	Hektar
HAPs	Tehlikeli hava kirleticileri
Hg/Ha	Hektogram/Hektar
K	Potasyum
$K_2O$	Potasyum oksit
Li	Lityum
mg	Miligram

Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
N	Azot
NO <sub>x</sub>	Azot oksit bileşikleri
Na	Sodyum
Ni	Nikel
O	Oksijen
Pb	Kurşun
Rb	Rubidyum
S	Kükürt
SO <sub>x</sub>	Kükürt oksit bileşikleri
SO <sub>2</sub>	Kükürt dioksit
SO <sub>3</sub>	Kükürt trioksit
SiO <sub>2</sub>	Silisyum dioksit
Sr	Stronsiyum
T	Ton
Th	Toryum
U	Uranyum
V	Vanadyum
YA	Yaş ağırlık

## ÖZET

### TERMİK SANTRAL TOZ ATIĞININ MISIR (*ZEА MAYS L.*) BÜYÜMESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ANATOMİK OLARAK İNCELENMESİ

Mustafa Eray BOZYEL

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. İsmet UYSAL

01/07/2011, 124

Bu çalışma, Çanakkale ili Çan Termik Santralinden kaynaklanan toz atığın (taban külü) mısır (*Zea mays L.*) bitkisinde büyüme üzerindeki etkilerini anatomik olarak incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Asıl kaynağı kömür olan toz atık (taban külü), zengin bir mineral içeriğe sahip olup, bitki beslenmesine ve gelişmesine katkıda bulunabilir. Denemede bitki yetiştirme ortamı olarak toprak kullanılmıştır ve ortama 40, 80, 160, 320 ve 640 g ağırlığında toz atık (taban külü) karıştırılmıştır. Toz atık uygulamalarının, çimlenme oranının, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid miktarlarının, yaprak üst ve alt yüzey stoma indeksinin, yaprak iletim demetleri ve bulliform hücreleride enine ve boyuna gelişiminin artmasına olumlu etkisi olmasına rağmen bitkinin genel gelişimini inhibe edici etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Termik santral, toz atık, taban külü, mısır, anatomi

## ABSTRACT

### AN ANATOMICAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DUST WASTE OF THERMAL POWER PLANT ON MAIZE (*ZEA MAYS L.*) GROWING

Mustafa Eray BOZYEL

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science and Engineering

Chair for Biology Thesis of Master of Science

Advisor: Assoc. Prof. Dr. İsmet UYSAL

01/07/2011, 124

The experiment was designed to analyse an anatomical investigation of the effect of dust waste (bottom ash) resulting from Can Thermal Power Plant in Canakkale on growth parameters on maize (*Zea mays L.*). Dust waste (bottom ash), caused by coal used in the plant, with a rich mineral content may support plant growth and nutrition. In this experiment soil were used as main growth media and dust waste (bottom ash) were mixed to this at the weight of 40, 80, 160, 320 and 640 g. Dust waste applications led to increase in germination rate, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoid quantities, leaf's upper and under surface stomata index, latitudinal and longitudinal growing of leaf's vascular bundles and bulliform cells. But inhibitory effect on the overall growing of the plant has been determined.

**Keywords:** Thermal power plant, dust waste, bottom ash, maize, anatomy

<b>İÇERİK</b>	<b>Sayfa</b>
TEZ SINAVI SONUÇ FORMU .....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>BÖLÜM 1 – GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Enerji İhtiyacının Karşlanması ve Termik Santrallerin Rolü .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Çan Termik Santrali.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3. Kömür Yakıtlı Termik Santrallerde Kül Oluşumu ve Çevreye Etkileri...</b>	<b>13</b>
<b>1.4. Uçucu Küllerin Kullanım Alanları .....</b>	<b>16</b>
<b>1.5. Mısır Bitkisinin Kökeni ve Sistematik Sınıflandırılması.....</b>	<b>18</b>
<b>1.6. Mısır Bitkisinin Morfolojisi .....</b>	<b>19</b>
<b>1.7. Mısır Bitkisinin Ekolojik İstekleri .....</b>	<b>19</b>
<b>1.8. Dünyada ve Türkiye’de Mısır Üretimi.....</b>	<b>20</b>
<b>BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>23</b>
<b>BÖLÜM 3- MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>28</b>
<b>3. 1. Deneme Materyali ve Uygulama Yöntemi .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2. Morfolojik ve Anatomik İnceleme Yöntemleri.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3. Pigment Analizi Yöntemi.....</b>	<b>32</b>

3.4. İstatistiksel Analiz Yöntemleri.....	32
<b>BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>33</b>
4.1. Çimlenme Oranları.....	33
4.2. Pigment Analizi Bulguları.....	45
4.3. Anatomik Bulgular.....	46
4.3.1 Yaprak Anatomik Özellikleri .....	46
4.3.1.1. Kontrol Grubu Yaprakta Anatomik Bulgular.....	47
4.3.1.2. 40 g Taban Külü Uygulama Grubu Yaprakta Anatomik Bulgular.....	52
4.3.1.3. 80 g Taban Külü Uygulama Grubu Yaprakta Anatomik Bulgular.....	57
4.3.1.4. 160 g Taban Külü Uygulama Grubu Yaprakta Anatomik Bulgular.....	62
4.3.1.5. 320 g Taban Külü Uygulama Grubu Yaprakta Anatomik Bulgular.....	67
4.3.1.6. 640 g Taban Külü Uygulama Grubu Yaprakta Anatomik Bulgular .....	72
4.3.2. Gövde Anatomik Özellikleri.....	77
4.3.2.1. Kontrol Grubu Gövdede Anatomik Bulgular.....	78
4.3.2.2. 40 g Taban Külü Uygulama Grubu Gövdede Anatomik Bulgular .....	81
4.3.2.3. 80 g Taban Külü Uygulama Grubu Gövdede Anatomik Bulgular.....	85
4.3.2.4. 160 g Taban Külü Uygulama Grubu Gövdede Anatomik Bulgular .....	89
4.3.2.5. 320 g Taban Külü Uygulama Grubu Gövdede Anatomik Bulgular .....	93
4.3.2.6. 640 g Taban Külü Uygulama Grubu Gövdede Anatomik Bulgular .....	97

<b>4.4. İstatistiksel Analiz Bulguları .....</b>	<b>101</b>
<b>BÖLÜM 5 – SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>116</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>118</b>
<b>Çizelgeler.....</b>	<b>I</b>
<b>Şekiller.....</b>	<b>II</b>
<b>Özgeçmiş.....</b>	<b>VI</b>

**BÖLÜM 1****GİRİŞ**

Enerji tüketimi, ekonomik ve sosyal kalkınmanın en önemli göstergelerinden biridir. Nüfus artışı, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah seviyesinin yükselmesi ile doğru orantılı olarak enerji tüketiminde de artış olması kaçınılmaz bir sonuçtur. Gereksinim duyulan enerjinin hangi kaynaktan sağlanacağı sorunu, yani kullanılacak enerji kaynaklarının ve kullanım oranlarının belirlenmesi, ülkelerin enerji politikasının temelini oluşturmaktadır. Sürdürülebilir bir kalkınmanın olabilmesi için kullanılacak enerji kaynaklarının çevreye zarar vermemesi de büyük önem taşımaktadır. Bunu gerçekleştirebilmek için birçok uluslararası kuruluş çaba harcamaktadır (Doğan, 2007).

**1.1. Enerji İhtiyacının Karşılanması ve Termik Santrallerin Rolü**

Dünyada kömür, petrol ve doğalgaz gibi birincil enerji kaynakları enerji üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Konvansiyonel enerji kaynakları olarak ta bilinen bu kaynaklar, kullanıldıklarında tükenmekte, az veya çok atık çıkararak çevreye zarar vermektedir. Enerji üretiminde petrol, başta gelen birincil enerji kaynağıdır. Zaman içinde farklı birincil kaynaklar ön plana çıkabilmektedir. 1970'li yıllarda enerji üretiminde petrolden sonra en fazla tüketilen kömür, 2000'li yıllardan itibaren yerini doğal gaza bırakmıştır. Yapılan tahminler 2025 yılında doğal gaz kullanımının daha da artacağı yönündedir.

2001 yılında dünya enerji üretiminin %35,1'i petrolden, %22,6'sı kömürden, %21,7'si doğalgazdan olmak üzere toplam %79,4'ü fosil yakıtlardan, %13,7'si yenilenebilir enerji kaynaklarından ve %6,9'u nükleer kaynaklardan elde edilmiştir (Doğan, 2007).

Son yıllarda enerji üretiminde nükleer enerji kaynaklarının kullanımı artmaktadır. Ancak, bu kaynaktan enerji üretiminde işletim esnasında ortaya çıkan atık ve güvenlik sorunları nedeniyle, bu sorunlara çözüm bulunması öncelikli konuların başında gelmektedir. Buna göre, yeni teknolojiler kullanılmadığı sürece nükleer kaynaklardan enerji üretiminin 15–20 yıl gibi yakın bir zaman diliminde artması beklenmemektedir. 1970'li yıllarda 10–20 katrilyon btu dolayında olan yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin, 2025 yılında 50 katrilyon btu'ya çıkartılması, buna karşılık atıklarının kaldırılması ve yüksek güvenlik gerektiren çalışma ortamına ihtiyaç duyulması nedeniyle nükleer santrallerden üretilen enerjinin zaman içinde azaltılması hedeflenmiştir. Ancak



gelişmekte olan Çin, Kuzey Kore ve Hindistan gibi ülkeler, enerji ihtiyaçlarını karşılamak için nükleer enerjiye yatırım yapmaya devam etmektedir. Bunun sonucunda 2025 yılında yapımı tamamlanan nükleer santrallerle birlikte üretilen enerjide yaklaşık 45 gigawatlık bir artış ortaya çıkması beklenmektedir (Avcı, 2005).

Enerji konusu, ülkelerin gündeminde en üst sırada yer almakta ve sürdürülebilir enerji, sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir unsuru olarak belirlenmektedir. Sürdürülebilir enerji yaklaşımı, gereksinim duyulan enerjinin en az finansmanla, en az çevresel ve sosyal maliyetle ve sürekli olarak teminine olanak sağlayan politika, teknoloji ve uygulamaları kapsamaktadır. Tüm enerji kaynakları arasında kömür; “sürdürülebilir enerji” ve ona bağlı olarak “sürdürülebilir kalkınma” ve enerji güvenliğini sağlayan en önemli kaynaktır. Bunun nedenleri; kömür rezervlerinin ömrünün şu anki üretim seviyeleri ile diğer fosil yakıtların 4 katı oluşu; coğrafi olarak 50’den fazla ülkede üretilmesiyle en geniş yayılım gösteren bir kaynak olması; taşınmasının, depolanmasının ve kullanımının kolaylığı ve güvenilirliği; düşük maliyeti olarak sıralanabilir (Anonim, 2004). 1995-2020 döneminde dünyadaki enerji talebinin %65 civarında (yıllık %2,5) artacağı tahmin edilmektedir. Bu ek enerji talebinin %95’lik kısmını fosil yakıtların karşılayacağı beklenmektedir. Avrupa Birliği’nin 2020 yılı enerji talep projeksiyonunda; enerji kaynakları paylarındaki en büyük artış kömürde görülmektedir. Bu nedenle ülkemizde ve dünyada artan enerji talebi ve sürdürülebilir enerji mücadelesi, tüm enerji sektörlerinde kömür ve diğer fosil yakıtları içerecek şekilde teknolojik değişime ve yeniliklere ivme kazandırmayı gerekli kılmaktadır (Kırdım, 2006).

Dünya’daki petrol ve doğal gaz kaynaklarının kömüre göre daha az olduğu bilinen bir gerçektir. Yakın gelecekte petrol ve doğal gaz aşırı kullanım sonucunda artan talebi karşılayamayacak duruma geleceklerdir. Şu anki üretim değerlerine göre doğal gazın 47, petrolün ise 30 yıl yeteceği tahmin edilmektedir. Oysa Dünya kömür rezervleri, petrol ve doğal gazın oldukça üzerinde olup yaklaşık 250 yıl gibi bir ömre sahiptir (Sirkeci, 2000). Bu bağlamda, kömür uzun vadeli enerji kullanımında lider enerji kaynağı olmayı sürdürecektir. Fakat gelişen teknolojiye paralel olarak madencilikte mekanizasyonun artması ile birlikte toz kömür oranında aşırı bir artış yaşanmaktadır. Ayrıca, çevresel hassasiyetlerin artışı ve üretim maliyetlerinin düşürülme isteği toz kömürlerin en etkili biçimde zenginleştirilmesini bir zorunluluk haline getirmiştir (Yılmazel, 2010).

Günümüzde bir ülkenin önemli gelişmişlik göstergesi enerji tüketimidir diyebiliriz. Türkiye kalkınmakta olan ve nüfusu hızla artan bir ülke olması nedeniyle, ülkemizde bir

yandan birincil enerji tüketimi, diğer yandan da elektrik tüketimi büyük bir hızla artmaktadır. 1980-1998 yılları arasında birincil enerji kaynakları üretimi, yıllık ortalama %2,8 oranında artmıştır. Bu dönem içerisinde her iki kaynağın üretimi dört kat artmıştır. Enerji üretiminde, kaynaklar bazında linyitin %44 payla ağırlıklı olduğu görülmektedir. Elektrik enerjisi üretiminde kömür kullanılma oranı görüldüğü gibi önemli bir büyüklüktedir. Kömür yenilenemeyen fosil yakıtlardan bir tanesi olduğundan, var olan kömürlerin ekonomik olarak kullanılması önem kazanmaktadır. Enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılan hammaddeler, özellikle ülkemiz gibi dışa bağımlı ülkelerde, ekonomiyi olumsuz yönde etkilemektedir. Dünyada kullanılan enerji kaynakları olarak: kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil kaynaklar ve bunların yanı sıra su kaynakları, nükleer enerji kaynakları, odun, biyogaz, güneş, termal, gibi yenilenebilir enerji kaynakları sayılabilir (Yılmazel, 2010).

Bu kaynakların içerisinde fosil kaynaklar, yer kabuğunun jeolojik olayları sırasında oluşmuş olup, tükenme ihtimali olan kaynaklardır. Buna rağmen dünyada kullanılan enerji kaynaklarının çoğu fosil yakıtlardır. Dünya fosil enerji kaynaklarının %69'u kömür, %16'sı petrol, %13'ü doğalgaz olarak saptanmıştır. Ülkemizde ise, birincil enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımında %48 kömür, (%44 linyit ve %4 taş kömürü) %13 hidrolik, %24 hayvan atıkları ve odun yer almaktadır. Ülkemizdeki fosil yakıtlar içinde önemli payı linyitler almaktadır (Yılmazel, 2010).

Dünyada üretilen kömürün yaklaşık %60'ı elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Ülkemizdeki kömür üretiminin elektrik üretimindeki payı ise %30'dur (DPT, 2000). Ülkemizde taşkömürü, linyit ve asfaltit üretilmekte ve tüketilmektedir. Bu kaynaklardan taşkömürü, toplam 1,3 milyar ton, linyit ise 8,3 milyar ton rezerve bulunmaktadır. Taşkömürü üretimi, bir KİT (Kamu İktisadi Devlet Teşekkülü) olan Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü (TTK), linyit üretiminin bir bölümü ise, yine bir KİT kuruluşu olan Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) tarafından gerçekleştirilmektedir. Bazı teknik ve ekonomik zorluklar nedeniyle, taşkömürü üretiminde 1980'li yılların ortasından itibaren düşüşler gözlenmekle birlikte, 2003 yılında gerçekleştirilen toplam üretim 2 milyon tondur. Ülkemizdeki linyit üretimi ise, 1990 yılında 44,4 milyon ton iken, 1998-1999 yıllarında 65 milyon tona ulaşmış, ancak bu yıllardan sonra alım garantili doğalgaza dayalı Yap-İşlet Santrallerinin elektrik üretiminde ağırlık kazanması sonucu linyite dayalı yakıt taleplerinde düşüşler yaşanmış ve buna bağlı olarak linyit üretimlerinde de düşüşler olmuştur.. Ülkemizde kömürden sağlanan elektrik

üretim kapasitesi 8445 MW olup, bu gücün %96'sı linyitten, %4'ü ise taşkömüründen elde edilmektedir (Kırdım, 2006).

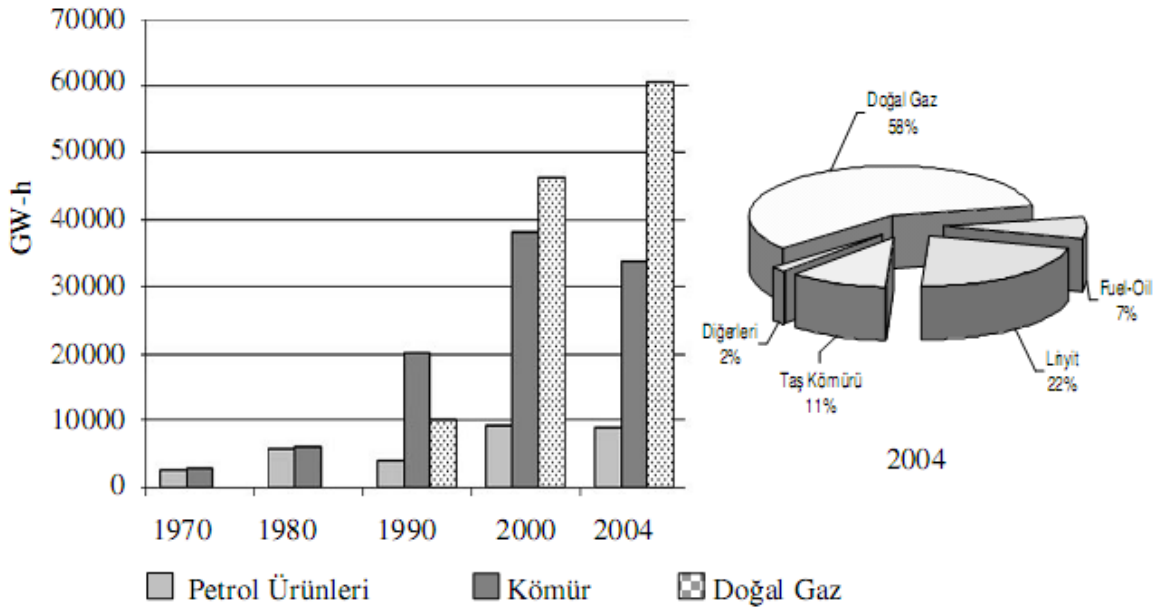
Türkiye' de hızla büyüyen ekonomi, gelişen endüstri ve artan nüfus elektrik enerjisi tüketimini arttırmıştır. Bir ülkenin gelişmişliği için önemli bir ölçüt olan kişi başına düşen enerji tüketimi, yıllık ortalama % 8-9 büyüme hızı ile son 30 yılda % 600 artarak (Say, 2006) 1581 kWh seviyesine ulaşmıştır. Ancak, yaşam kalitesinin yükseltilmesi, ekonomik ve sosyal gelişmenin sürdürülebilmesi için önemli bir parametre olan kişi başına enerji tüketimi, Almanya (6806 kWh) ve Fransa (7402 kWh) gibi gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında oldukça düşük bir düzeydir (Tunç ve ark., 2006). Türkiye'nin ekonomik olarak bu ülkeleri hedeflemesi durumunda, kişi başına enerji tüketiminin 4 kat veya daha fazla artması gerekmektedir. Bu doğrultuda, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, dinamik ekonomisi ve hızla artan genç nüfusuyla yıllık %7 büyüme oranı ile Türkiye'nin enerji gereksiniminin 2000-2010 yılları arasında iki (65 GW), 2010-2025 yılları arasında ise dört kat (105 GW) artması beklenmektedir (Kaygusuz, 2003; Tunç ve ark., 2006).

2001 yılında enerji kaynaklarına göre Türkiye ve dünya elektrik enerjisi üretimi oranları incelendiğinde (Çizelge 1), dünya elektrik üretiminin büyük bir kısmı (% 64.2) fosil yakıtlı termik santrallerden sağlanmaktadır. Diğer yandan, Türkiye'nin toplam elektrik üretiminin % 80,2' sini termik, % 19,6' sını hidrolik ve < %1'ini diğer santraller karşılamaktadır (Say, 2006).

Türkiye'nin enerji gereksiniminin karşılanmasında önemli bir yer tutan fosil yakıtların, 1970-2004 yılları arasında elektrik üretimindeki dağılımları incelendiğinde (Şekil 1), 1990'lı yıllardan sonra doğal gazın büyük bir eğilim olduğu görülmektedir. Son yıllarda ithal edilen doğal gazın bu eğilim ekonomik ve çevresel nedenlerden dolayıdır (Say, 2006).

Çizelge 1. Enerji kaynaklarına göre Türkiye ve dünya elektrik enerjisi üretimi (Say, 2006).

	Fosil Yakıtlı Termik Santraller (%)				Nükleer Santral (%)	Hidro-Elektrik Santral (%)	Diğerleri (%)
	Kömür	Sıvı Yakıt	Doğal Gaz	Toplam			
Dünya	38.5	7.5	18.2	64.2	17.1	17.0	1.7
OECD Ülkesi	37.7	5.9	16.7	60.2	24.0	13.5	2.2
OECD (Ülkesi olmayan)	39.9	10.1	20.6	70.7	6.1	22.6	0.7
AB	26.6	5.8	17.5	50.0	33.3	13.6	3.2
Türkiye	31.3	8.5	40.4	80.2	0.0	19.6	0.2



Şekil 1. Türkiye' deki termik santrallerde kullanılan fosil yakıtların dağılımı (Say, 2006).

Türkiye, özelleştirme ve serbest piyasa ekonomisi ile Avrupa Birliğine ve küresel ekonomiye entegre olmaya çalışmaktadır. 1980'li yıllarda başlayan bu ekonomik değişimler 1990-2000 yılları arasında % 40 oranında ekonomik büyüme sağlamıştır. Hızlı endüstrileşme, şehirleşme ve nüfus artışı ile karşı karşıya bulunan Türkiye'deki bu gelişmeler enerji ihtiyacının 1990 yılından sonra hızla artmasına neden olmuştur. Artan enerji ihtiyacını karşılamak için 2000 yılında, yerel kaynaklardan elde edilen toplam elektrik enerjisi üretimi 1990 yılındaki üretimin 2 katına çıkarılmış olmasına rağmen, ithal

edilen enerji miktarı 1990 yılındaki miktardan 20 kat daha fazla olmuştur (Palmer ve ark., 2004).

Türkiye’de enerji ihtiyacı ile, yerel kaynaklardan üretilen toplam enerji arasında büyük bir fark vardır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, 2002 yılı sonunda toplam enerji tüketimi 79 mton (milyon ton petrol eşdeğeri) iken bunun 2010’ da 179 mton’a ve 2020’de 319 mton’a ulaşması beklenmektedir (Sayın ve ark., 2005). Türkiye’nin toplam enerji üretimi 1970-2000 periyodunda % 70 artarak 24,7 mton’a ulaşmasına rağmen, enerji tüketimi % 415 artış hızıyla 2002 sonunda 79 mton olmuştur. Toplam enerji tüketiminde 1970 yılında yerel enerji üretiminin payı % 77 iken 2002’de % 31’e gerilemiştir (Say, 2006). Elektrik üretimi ve tüketimi arasındaki bu büyük açık, elektrik enerjisi veya enerji kaynağı ithal edilerek karşılanmaya çalışılmaktadır. Türkiye, çok uzun süreden beri enerji açığını kapatmak için doğal gaz ithal etmektedir. Dünya elektrik enerjisi üretiminde, 2004 yılı itibariyle doğal gazın payı % 17, ülkemizde ise % 40,6’dır. Türkiye’nin bu dışa bağımlı, büyük ölçüde doğal gaza dayalı enerji politikası, enerji devamlılığı açısından büyük bir risk oluşturmaktadır. Bu anlamda, Türkiye’nin enerji planlamasında ve üretiminde öncelikli olarak ulusal kaynaklara (kömür, hidrolik ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları) yönelmesi büyük önem taşımaktadır (Gür, 2006).

Türkiye’nin 2003 yılı sonunda toplam kurulu elektrik gücü kapasitesi, 35587 MW ve net elektrik üretimi 135425,1 GWh’dır (Anonim, 2004). Bu elektrik üretiminin yarından fazlası fosil yakıtlı 32 termik santralden sağlanmaktadır. Toplam kurulu gücü 20433,8 MW olan termik kapasitesi içinde fosil yakıtların dağılımında (Çizelge 2) doğal gazın payı % 49, kömürün payı % 47, mazot ve fuel-oil’in payı ise % 4’dür (Gür, 2006).

Çizelge 2. Türkiye’nin toplam termik kapasitesi içinde fosil yakıtların dağılımı (Gür, 2006)

Yakıt	Kurulu Güç (MW)	Payda (%)
Linyit	8081	40
Taş kömürü	1510	7
Doğal Gaz	9952.6	49
Motorin	195.2	1
Fuel-oil	680	3
TOPLAM	20418.8	100

Güvenilir ve ucuz bir yakıt olan kömür, 1950 yılından bu yana ülkemizde enerji açığının kapatılmasında yaygın şekilde kullanılmaktadır. 2004’de Türkiye’nin toplam elektrik üretiminin (149882 GWh), yaklaşık 1/4’i (%23) kömürden sağlanmıştır. Bu miktarın 3/5’inden fazlasını linyit, kalanını taş kömürü oluşturmaktadır (Yüksek, 2006).

Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi’ne (EÜAŞ) bağlı toplam 15 kömür yakıtlı termik santral bulunmaktadır. Bu termik santrallerden Çatalağzı ve Sugözü taş kömürü yakıtlı iken, Çan, Orhaneli, Seyitömer, Tunçbilek, Çayırhan, Kangal, Soma A-B, Afşin-Elbistan A-B, Yatağan, Yeniköy, Kemerköy termik santralleri linyit yakıtlıdır. Bu santrallerin genel özellikleri Çizelge 3’de verilmiştir. Mevcut enerji kaynakları arasında linyit, Türkiye’deki rezerv bolluğu yanında düşük maliyette elektrik enerjisi elde edilen en önemli yakıttır. Dünyadaki toplam linyit rezervlerinin %0.85’ine (dünya sıralamasında yedinci) sahip olan Türkiye’nin görünen linyit rezervi 8,3 milyar ton, olası rezervi ise 30 milyar ton olarak tahmin edilmektedir. En büyük rezerv 3,4 milyar ton (%40) ile Afşin-Elbistan’da, Ege Bölgesi ve Kuzey Batı Anadolu’da bulunmaktadır. Bu linyitlerin büyük çoğunluğunun kül, nem ve sülfür içeriği yüksek, kalorifik değeri düşüktür (Çizelge 4). Toplam linyitin, sadece %6.6’sının kalorifik değeri 3000 kcal/kg üzerinde, yaklaşık % 64’ünün ise kalorifik değeri 2000 kcal/kg ’dır (Say, 2006). Bu doğrultuda, sanayileşmek ve gelişmek isteyen Türkiye’nin enerji ihtiyacının ve enerji devamlılığının sağlanmasında ulusal kaynak olan linyit yakıtlı termik santraller, enerji politikaları arasında her zaman önemini korumuştur (Gür, 2006).

Çizelge 3. Kömür yakıtlı termik santrallerin üretim ve yakıt özellikleri (Say, 2006)

No	Santral Adı	Yakıt	Ünite	Kurulum kapasitesi (MW)	Yerleşim	İlk çalışma tarihi	Desulfürizasyon ünitesi ve çalışma tarihi	2003 yılı gros üretimi (MWh)	Yakıt	Tüketim (kg/h)	Kalorifik değer (kcal/kg)	Sülfür (%)	Nem (%)	Kül (%)
1	Tunçbilek	Linyit	5	365	Kütahya	1956	Yok	510000	255	2600	2	23	42	
2	Soma A		2	44	Manisa	1957	Yok	.	44	2400	0.7	25	24	
3	Seyitömer		4	600	Kütahya	1973	Yok	1435000	466	1500	2	34	40	
4	Soma B		6	990	Manisa	1981	Yok	2450000	604.5	2200	1.5	27	40	
5	Yatağan		3	630	Muğla	1982	Yapılıyor	1644000	230	2100	2.7	36	20	
6	Afşin-Elbistan B		4	1355	Kahramanmaraş	1984	Yok	1168000	800	1050	1.4	57	15	
7	Yeniköy		2	420	Muğla	1986	Yapılıyor	1400000	280	1750	4	33	29	
8	Çayırhan		4	620	Ankara	1987	Yok	4345725	127.3	2800	4.7	27	29	
9	Kangal		3	457	Sivas	1989	Var, 2000	2280000	277	1300	2	50	22	
10	Orhaneli		1	210	Bursa	1992	Var, 2000	510000	200	2560	1.9	34	23	
11	Kemerköy		3	630	Muğla	1993	Var, 2002	1572000	230	2600	3.2	32	24	
12	Çan		2	320	Çanakkale	2003	Var	320000	200	2600	4.2	22	32	
13	Afşin-Elbistan A		4	1440	Kahramanmaraş	2004	Yapılıyor	.	420	950	1.4	57	15	
14	Çatalağzı	Taşkömür	2	300	Zonguldak	1989	Yok	1420000	200	3200	0.8	13	48	
15	Suğözü		2	1210	Adana	2004	Var	.	450	6150	0.8	20	23	

1950’li yıllarda kömür madenleri yakınına kurularak, enerji üretimine başlayan Tunçbilek (1954) ve Soma (1956) termik santralleri hala çalışmaktadır. 1970 yılının başında verilen hükümet tasarısında, düşük kaliteli linyitlerin elektrik üretiminde kullanılmasının ülke ekonomisine önemli katkı sağladığı gösterilmiş ve birçok termik santralin yapımı bu tarihten sonra 1974-1990 yılları arasında olmuştur (Kaygusuz, 2002; Say, 2006). 2003 yılında elektrik üretimine başlayan, akışkan yataklı yakma (fluidized bed combustion) sistemine sahip Çan (320 MW) termik santrali dışında, diğer linyit yakıtlı tesisler klasik yakma teknolojileri (toz kömür yakma sistemi, pulverized coal-combustion) ile çalıştırılmaktadır (Say, 2006).

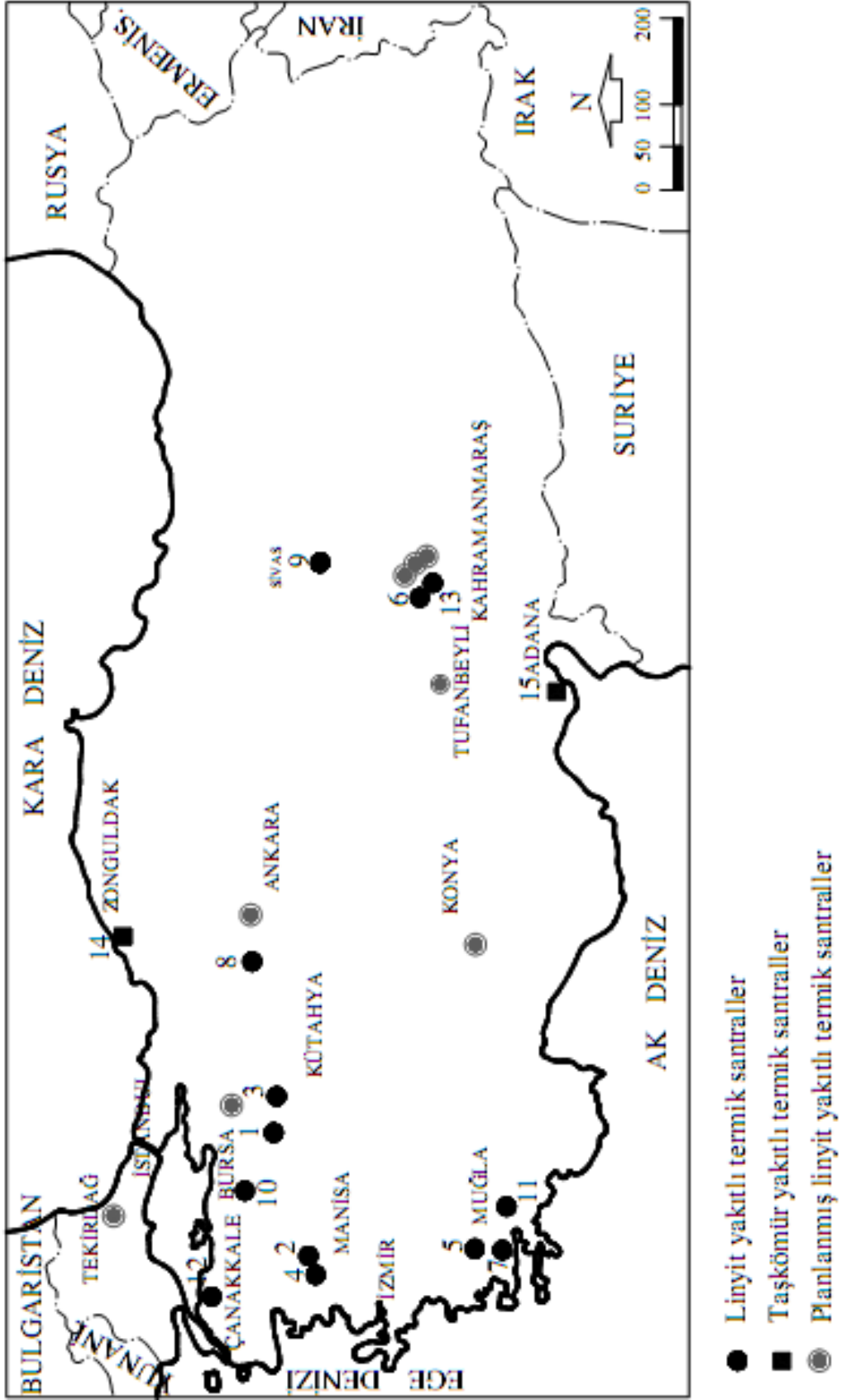
Çizelge 4. Türkiye’deki toplam linyit rezervi (Say, 2006)

Toplam Rezerv (milyar ton)	8.3
Ortalama Kalorifik Değer (kcal/kg)	1659
Ortalama Nem İçeriği (%)	42
Ortalama Kül İçeriği (%)	25
Ortalama Sülfür İçeriği (%)	1.81

Çizelge 4’deki veriler değerlendirildiğinde hiçbir işlem görmeden ve sıradan yakma koşullarında termik santrallerde yakılan linyitlerin çevre kalitesi açısından risk oluşturacağı sonucuna varılabilir. Bununla birlikte, ulusal çıkarlarımız gereği, artan nüfusun ve gelişen ekonomimizin enerji ihtiyacındaki devamlılığının sağlanmasında, ulusal kaynak olan linyitin ve linyit yakıtlı termik santrallerin her zaman önemini koruyacağı da inkar edilemez bir gerçektir.

Türkiye’de mevcut kömür yakıtlı termik santraller ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2010 yılına kadar kurulması planlanan 4940 MW gücünde 8 linyit yakıtlı termik santral Şekil 2’de gösterilmiştir (Yüksek, 2006).





Şekil 2. Mevcut ve yapımı planlanan kömür yakıtlı termik santraller (Yüksek, 2006).

### **1.2. Çan Termik Santrali**

Çan ilçesi, linyit rezervleri açısından oldukça önemlidir. İçeriğindeki nem miktarı % 11,3-22,2 düzeyindeyken, kül miktarı % 8,2-34 ve yanar kükürt miktarı ise % 3,2-6 arasında değişmektedir. Bununla beraber Çan Linyit Havzalarında 1.000.000 ton civarında % 1 yanar kükürt içeren linyit rezervine sahiptir. Bölgedeki kömür yataklarında eskiden genellikle kapalı tarzda işletmecilik yapılırken, günümüzde Çan- Yeniçeri ocağı dışındaki tüm ocaklar açık olarak işletilmektedir. TKİ tarafından Enerji Bakanlığına verilen Çan Kömür Havzası Etüt Raporuna göre, bu havzanın işletilebilir rezervi 78.122.206 ton kadardır. Bu miktarın 10.294.005 tonunun alt ısıl değeri 4000 kcal/kg'dır. Geriye kalan 67.828.201 ton linyit rezervi ancak termik santrallerde değerlendirilebilecek türde linyitleri kapsamakta olup, bu linyitlerin alt ısıl değeri 1850-2500 kcal/kg arasında değişmektedir. Yine aynı etüt raporuna göre Çan Linyitleri % 2,46 nem, % 24,97 kül ve % 3,62 yanar kükürt içermektedir (İlgar, 2008).

Çanakkale'nin Çan ilçesine yaklaşık 15 km uzaklıkta bulunan Çan Termik Santrali (ÇTS), Türkiye, Fransa, Almanya, İspanya ve Macaristan firmaları tarafından inşa edilen ve diğer termik santrallere (pulverize kömür) alternatif bir teknoloji olan akışkan yataklı yakma teknolojisine sahip tek işletmedir (Şekil 3). Akışkan yataklı kazanlarda ızgara altından verilen hava ile hava yastığı oluşturularak, bu yastık üzerinde katı maddeler asılı tutularak yakılmaktadır. Yanma işlemi, düşük sıcaklıkta (850 °C) gerçekleştiğinden çevre için zararlı azot oksitler (NOx) oluşmamaktadır. Kullanılan kireçtaşı ile desülfürizasyon (% 98 verimli FGD) işlemi doğrudan kazan içinde gerçekleşmekte ve SO<sub>2</sub> gazı zararsız hale getirilmektedir (Gür, 2006).

Dünya'da 20 yıldan bu yana kullanılmakta olan akışkan yatak teknolojisi sayesinde yönetmeliklerin öngördüğü sınır değerler sağlanmakta ve baca gazı desülfürizasyonu tesisine gerek kalmayan santral, Çanakkale'nin Çan İlçesi'ne bağlı Kulfa ve Yaya köyleri arasındaki 1600 dönümlük arazi üzerine kurulmuştur (İlgar, 2008). Yüksek oranda kükürt içeren linyitlerinin akışkan yataklı sistemlerde yakılması sonucu açığa çıkan SO<sub>2</sub> ve NOx emisyonlarının kontrolü çeşitli deneysel çalışmalar ile ortaya konmuştur (Ekinci ve ark., 1984; Henttonen ve ark., 1992).



Şekil 3. Çan Termik Santrali (ÇTS).

Çevre dostu olan akışkan yataklı yakma teknolojisine sahip Çan Termik Santrali (2x160 MW) 1996 yılında yatırım programına alınmış ve I. ünite 15.11.2003, II. ünite 09.03.2004 tarihinde devreye alınmıştır. TKİ/Çan Linyitleri İşletmesinden sağlanan linyitin alt ısı değeri, 2600 kcal/ kg'dır (Gür, 2006).

ÇTS'de mevcut iki adet kazanın her biri tam yükte saatte ortalama 130 ton kömür yakma ve yaklaşık olarak 460 ton taze buhar üretme kapasitesine sahiptir. Santralde kullanılacak teknolojide yanma sırasında oluşan SO<sub>2</sub> gazını tutmak için kireçtaşı kullanılması öngörülmektedir. ÇTS, SO<sub>2</sub> emisyonunun kontrol altında tutulmaması durumunda 350.000 ha orman alanını ve 145.000 ha tarım alanını etkileyebilecektir (Tolunay, 1996).

Yatağan Termik Santrali 1982 yılında çalışmaya başladıktan kısa bir süre sonra çevresindeki kızılçam ormanlarında kurumalara sebep olmuştur. Bu şekilde 2271 ha'lık bir orman alanı tamamen kurumuş ve kesilmiştir. Kızılçam ve yörede bulunan diğer doğal ve dikim yoluyla getirilmiş türlerin yapraklarında yüksek oranlarda kükürte rastlanmıştır

(Karaöz, 1994). Çan yöresi de kendine özgü iklim özelliklerinden dolayı birçok endemik bitki türünün bulunduğu bir yerdir. Kazdağı göknarı (*Abies equi-trojani*) endemik olup, bugün için koruma altına alınmıştır (Tolunay, 1996).

Türkiye elektriğinin %2'sini üreten ÇTS, yılda 1 milyon 800 bin ton kömür ve 560 bin ton kireç taşı kullanılarak çalışmaktadır. Santralin kömür ihtiyacı Çan Linyit İşletmelerince karşılanmaktadır. Santralin su ihtiyacı Kocabaş Çayından sağlanıp, ham su ihtiyacı 300 lt/sn'dir (İlgar, 2008).

Tesiste oluşan kül, sulu sistem ile işletmeden 3 km uzaklıkta bulunan 800.000 m<sup>2</sup>'lik kül stok sahasına depo edilmektedir (Gür, 2006).

Çan Termik Santral örneği kömürün taşınması esnasında ekonomik değeri olmayan kömür madeninin yakınına kurularak, enerji üretimine katkı sağlamaktadır. Ancak kömürün yanması ile açığa çıkan karbon oksitler, azot oksitler, kükürt oksitler tüm canlılar üzerinde zararlı etkilere sahiptir. Aynı zamanda sera etkisini artırarak küresel ısınmaya da neden olmaktadır. Termik santrallerden atmosfere yayılan baca gazlarında, küçük boyutlu partikül yoğunluğu daha fazladır. Bu yüzden bu partikülerin radyoaktif izotoplar yönünden zengin olma olasılığı (bölge uranyum yataklarına yakın olduğu için), nedeniyle büyük bir risk taşımaktadır. Erozyon ve toprakların tahribi, yeraltı su kalitesi değişimi, gürültü emisyonları, enerji ve emek kaybı, asit yağışlara neden olan SO<sub>x</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonları ve ekosistemdeki önlenemez tahribatıyla yakınlarındaki göletleri tehdit etmektedir. Kül ve atıkların taşınması, deponi alan ihtiyacı sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca akışkan yataklı santrallerde soğutma suyu ile atılan fazla ısı ve bu suların çevredeki su kaynaklarına verilmesi (Silva ve ark., 2000) gibi sonuçlar etki alanı için risk faktörleridirler (İlgar, 2008).

### **1.3. Kömür Yakıtlı Termik Santrallerde Kül Oluşumu ve Çevreye Etkileri**

Günümüzde, artan enerji ihtiyaçları arasında başı çeken elektrik enerjisinin büyük bir kısmı hali hazırda mevcut olan termik santraller tarafından karşılanmaktadır. Özellikle ülkemizde, termik santrallerde yakıt olarak en çok linyit kömürü kullanılmaktadır ve elektrik üretiminde linyitin payı %44, linyit kullanımında termik santrallerin payı %60'dır. Kömür yakıtlı termik santrallerde kullanılan kömürler genelde toz yapıda ve ortalama 2000 kcal/kg düşük ısı değerli kömürlerdir.

Genel yapısı incelendiğinde kömür, tam olarak karbondan oluşmamakta ve içerisinde birçok yanmaz mineral barındırmaktadır. Kömürün elektrik üretmek için yakıldığında

yanma sonrası geriye kalan inorganik maddeler ile çok az miktardaki yanmamış karbonlu maddeler külü oluşturur. Yanma sonucu ortaya çıkan külün %75-85'i baca gazları ile kazandan çıkar. Bu tür küllere de uçucu kül adı verilmektedir (Şengül, 1999; Kolukisa, 1999).

Termik santrallerde yanma sırasında uçucu kül ve taban külü (cüruf) olmak üzere iki tip kül oluşmaktadır. Uçucu kül, toz halinde veya öğütülmüş taş kömürü veya linyit kömürünün yüksek sıcaklıklarda yanması sonucu oluşan ve baca gazları ile sürüklenen silis ve alimünosilisli toz halindeki bir yanma kalıntısıdır. Uçucu kül, baca içine giren (0,5-150 µm) boyutlarındaki partikülleri içerir. Yanma işlemleri sırasında daha iri taneli olan ve baca gazları ile birlikte atmosfere sürüklenemeyerek kazan tabanına düşen küllere de taban külü denilmektedir (Mehta ve Monteiro, 1986). Taban külü yanma kazanının altında biriken daha büyük (500-7000 µm) boyutlardaki kalıntılardan ibarettir. Uçucu külün büyük bir kısmı (%99,8) elektrostatik tutucular tarafından yakalanmakta ve çok az bir kısmı toplayıcıları geçerek atmosfere ulaşmaktadır. Kazan altında biriken ve çok sıcak olan taban külleri ise soğutularak söndürülmektedir. Söndürme işlemi, gevşek tanelerin birbirinden ayrı olarak kazan altında biriktirilmesi (kuru metot) veya su ile söndürülmesi (ıslak metot) olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilir (Kırdım, 2006).

Termik santrallerde oluşan uçucu ve taban kül fraksiyonları arasında dağılım; kazan tipi (yakma metodu), yakılan kömürün tipi (kül füzyon sıcaklığı) ve kazan altı tipi (ıslak ya da kuru) gibi faktörlere bağlıdır. Kazan tipi kül dağılımında en belirleyici faktördür. Pulverize kömür yakan, Seyitömer termik santrali gibi, santrallerde oluşan kül atıklarının büyük kısmı uçucu kül olarak oluşmaktadır. Dünyadaki termik santrallerin büyük çoğunluğunda pulverize kömür yakan kazanlar kullanılmaktadır. Ülkemizde de yeni yapılan olan ve 2003 yılında üretime başlayan akışkan yataklı Çan termik santrali hariç olmak üzere, diğer termik santrallerimizdeki kazanlarda pulverize tip kömür yakılmaktadır. Bu nedenle oluşan uçucu kül miktarı oldukça fazladır. İkinci faktör olan kül füzyon sıcaklığı, kömür içindeki minerallerin erime sıcaklığını belirler. Küller düşük füzyon sıcaklığına sahip olduklarında mineraller erime eğilimi gösterirler. Bu nedenle düşük füzyon sıcaklığına sahip kömürlerdeki atıklarda taban külü oranı daha yüksektir. Son faktör olan kazan altı tipi de, kül miktarındaki dağılıma etki eder. Islak metoda göre dizayn edilmiş kazanlarda, Seyitömer termik santralinde olduğu gibi, yanan kömürlerden oluşan taban külü miktarı kuru tip kazanlara oranla daha çoktur (Onacak, 1999).

Termik santrallerde kullanılan kazan tipi ve diğer faktörlere bağlı olarak uçucu kül miktarı taban külü oranına göre çok daha fazladır. Ülkemizde uçucu-taban külü oranı hakkında devamlı bir ölçümün olmadığı, ancak termik santral dizaynlarının %80 uçucu kül ve %20 taban külü esas alınarak gerçekleştirildiği ve kazan deneme sürecinde yapılan ölçümlerde yaklaşık bu sonuçların elde edildiği belirtilmiştir (Onacak, 1999; Karayiğit, 2002; Bulut, 2004 ve Esenlik, 2005).

Uçucu kül üretimini; santral tipi, işletim biçimi, yakılan kömürün cinsi, yanma biçimi gibi çeşitli faktörler etkilemekle birlikte genel olarak elektrik enerjisi üreten termik santrallerde kullanılan taş kömürünün %10-15'ini, linyit kömürünün ise %20-50'si kül olarak ortaya çıkmaktadır (Kolukısa, 1999).

Ülkemizde 2002 yılında yaşanan ekonomik olumsuzluklar nedeniyle, linyit üretimi 51 milyon ton olarak gerçekleşmiş ve bunun sonucu termik santrallerden yılda toplam 13 milyon ton kadar uçucu kül ortaya çıkmıştır (Türker ve ark., 2003). Bu yanma kalıntılarının miktarı, A.B.D.'de 45 milyon ton/yıl ve Hindistan'da 50 milyon ton/yıl civarındadır (Verma ve ark., 1998).

Bilindiği gibi, kömür kullanımı nedeniyle, çok sayıda çevresel sorunlar ile insan sağlığına yönelik problemler meydana gelmektedir. Bu problemler, kömürün yanması sonucunda hareketli hale geçen potansiyel toksik organik ve inorganik bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Ancak, temsili örnekler üzerinden elde edilecek uygun kömür kalite parametrelerini içeren geniş bir bilgi birikimi sağlandığı takdirde bu problemlerin çoğunun en aza indirgenmesi hatta önlenmesi mümkün olabilecektir. C, H, N, O, piritik kükürt, organik kükürt, esas ve eser element konsantrasyonları, elementlerin bulunuş şekilleri, mineraloji, petrografi, organik kimya, elementlerin çözünürlüğü ve temizlenebilirlik olarak sıralanabilen kömür kalite parametreleri, söz konusu problemlerin çözümü için son derece önemlidir. Amerika Jeolojik Araştırmalar Birimi (USGS) tarafından Amerika'daki kömürlerin kalitesi üzerine geniş bilgiler içeren bir "kömür kalite veri tabanı" oluşturulmuştur. Bu veri tabanı; çevreciler, regülatör acenteleri, endüstri ve diğer kuruluşlar tarafından 1990 Temiz Hava Kanunu'na uygun olacak şekilde gerekli düzeltmeleri yapmak için kullanılmış ve özellikle Amerika'daki elektrik üretimi yapan termik santrallerinden kaynaklanan tehlikeli hava kirleticilerin (HAPs) emisyonlarının tespit edilmesi ve bunların dağılımlarının değerlendirilmesi amacıyla hizmet etmiştir (Finkelman ve Gross, 1999).

Aynı şekilde, ülkemiz kömürlerine ait kömür kalite parametrelerinin belirlenmesi, santrallerde yanan kömür ve atıklarıyla ilgili bilgi birikiminin oluşturulması, kömür kullanımı ile ilgili olarak ortaya çıkan problemlerin indirgenmesine yardımcı olabilecek çevresel amaçlı çalışmalar açısından son derece önemlidir. Ancak, ülkemizdeki termik santrallerde kullanılan kömürlerin ve yanma sonucu oluşan katı atıkların mineralojisi ve element içerikleri ile ilgili çok az çalışma gerçekleştirilmiştir (Örneğin; Bayat, 1998; Tokyay ve Erdoğan, 1998; Onacak, 1999; Karayığit ve ark., 2000; Karayığit, 2002; Türker ve ark., 2003; Bulut, 2004; Esenlik, 2005).

Ülkemizde yanma sonucu oluşan katı atıklar, santral yakınlarına düzensiz olarak atılmakta ve bu nedenle önemli çevresel riskler taşımaktadır. Özellikle, santral bacasından çıkarak havaya karışmaları mekanik ve elektrostatik yöntemlerle büyük ölçüde önlenen uçucu küller, zamanla santral çevresinde birikerek geniş alanlar kaplamaktadır. Uçucu külün bilinçli olarak çeşitli alanlarda kullanımı, hem kullanıcı, hem de külü üreten için ekonomik avantaj sağlamakta ve böylece atık bir madde ortadan kalktığı için çevre de korunmaktadır (Onacak, 1999).

Bu yanma kalıntılarının açık sahalarda depolanmasıyla oluşan çevre problemleri arasında, tozlanma, tarım ürünlerine zarar verme, yağmur ve rüzgâr erozyonu, toprakta süzülme ve radyasyon sayılabilir. Bu çevre sorunları nedeniyle, su ve havanın kalitesi, tarım ürünleri, doğal hayat, bölgenin ekonomik durumu ve çevresel açıdan istenmeyen sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Tokyay ve Erdoğan, 1998).

#### **1.4. Uçucu Küllerin Kullanım Alanları**

Dünyada bir yılda üretilen uçucu külün %25'den daha azı farklı alanlarda değerlendirilmektedir. Ancak Almanya, Hollanda ve Belçika'da üretilen toplam uçucu külün %95'inden fazlasını, İngiltere'de ise yaklaşık %50'si kullanılmaktadır. Büyük miktarlarda uçucu kül üretilen A.B.D. ve Çin'de ise sırasıyla yaklaşık %32 ve %40 oranında uçucu kül kullanıldığı görülmektedir (Bhattacharjee ve Kandpal, 2002).

Türkiye'de uçucu kül kullanım oranı, 1990 yılı verilerine göre %1'den daha azdır (Tokyay, 1993).

Uçucu kül üzerinde yapılan araştırmalar, son 25 yılda büyük yoğunluk kazanmıştır. Önceleri daha çok uçucu külün genel yapısı ve özellikleri ile kullanım olanaklarına yönelik çalışmalar, zamanla laboratuvar ve arazide gerçekleştirilen analizlerle geliştirilmiş, sonuçta uçucu külün inşaat alanında, özellikle yol yapımında kullanılmasının, termik

santrallerde büyük miktarlarda atık madde olarak oluşan bu malzemenin uzaklaştırılması veya değerlendirilmesi sorununa çözüm getireceği açığa kavuşmaktadır. Yapılan çalışmaların sonucunda, uçucu külün özellikle yol yapımında, zemin stabilizasyonunda, ayrıca dolgu ve enjeksiyon işlemlerinde kullanılması öngörülmüştür (Seals, 1977). Uçucu kül sanayi atığı durumunda iken, ekolojik sorun giderici değerli bir hammadde olabilmektedir (Henry ve ark. 1998). Aynı zamanda uçucu kül çevre rehabilitasyonları, atık yönetimi ve polimerlerde kaplayıcı olarak kullanılmaktadır (Kruger, 1997).

Çeşitli nedenlerle uçucu külün yapısı ve özellikleri zamana ve yere göre büyük değişkenlik gösterdiğinden, birçok gelişmiş ülke külün farklı alanlarda kullanılmasını geçerli kılacak standartlara ihtiyaç duymuştur. Bu nedenle uçucu küle ilgili standartların belirlenmesi için yoğun çalışmalar yapılmıştır (Ovens, 1979; Morisson, 1970). Ülkemizde bu konuda Türk Standartları Enstitüsü tarafından TS-639 "Uçucu Küller" ve TS-640 "Uçucu Küllü Çimento" standartları çıkarılmıştır.

Uçucu küller dünyada, çimento ve beton olarak baraj duvarları, köprü ayakları, maden ve diğer yapıların dolgu enjeksiyonlarında ve diğer pek çok inşaat yapılarında; tarımda sera bahçesi ve ağaçlandırma çalışmalarında; agrega olarak otoyol, köprü, yol ve briket yapımında, endüstride hafif mineral dolgu maddesi, asfalt içinde dolgu maddesi, yol drenaj kanallarında kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda hazır beton endüstrisinin gelişmesi ve Avrupa'dan uyarlanan yeni çimento ve beton standartları, beton endüstrilerinde uçucu küle olan ilgiyi arttırmıştır (Yılmaz, 1992; Türker ve ark., 2003).

1960'lerden bu yana yapılan çeşitli araştırmalarda, Türkiye uçucu küllerinin genellikle iyi kalitede olduğu ve çeşitli alanlarda kullanılabileceği ortaya konmuştur. Ancak malzeme, ülkemizde pratik açıdan yeterli düzeyde tanınmamakta; kullanım alanları, teknik ve ekonomik yararlarına gerektiği kadar önem verilmemektedir. Dolayısıyla kullanımı yaygın hale gelmemiş durumdadır. Bu konuda gelişim sağlanabilmesi için, uçucu kül özelliklerinin ve standartların belirlenmesinin ötesinde kalite kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi, taşıma ve özellikle pazarlama gibi faktörlerin incelenmesi zorunludur. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda genel olarak Türkiye uçucu küllerinin, çimento katkı maddesi olarak değerlendirilmesi, hafif agrega ve beton yapımında kullanılması, su yapıları ve inşaatlarında yararlanılması önerilmiştir (Kefelioğlu, 1998; Kocaçatak, 1977).

Ayrıca tarım alanında kullanımına bakıldığında uçucu kül, mısır yetiştirmek amacıyla oluşturulmuş araştırma alanlarının temellerinin yapımında kullanılmıştır.



Temelin üstüne iki ayrı karışım denenmiştir. İlkinde %58 uçucu kül+%42 toprak, ikincisinde ise %79 uçucu kül + %21 toprak kullanılmıştır. Sonuç olarak %79 uçucu kül karıştırılan yöntem tercih edilmiş ve bu karışımda yetiştirilmiş olan mısırlarda bor mineraline rastlanmıştır (Iyer ve Scott, 1999). Yapılan bir başka çalışmada ise toprağa eklenen %5 oranındaki uçucu kül yardımıyla domates bitkilerinin büyümesinde kayda değer bir artış gözlenmiştir (Iyer ve Scott, 1999).

Bu atıkların bir taraftan yarattığı sorunlar ve bu sorunların enerji üretimine paralel olarak artışı, diğer taraftan endüstriyel artık olarak geri kazanılmaya elverişli bir malzeme niteliği taşıması, çeşitli alanlarda değerlendirilmesi olanaklarının araştırılmasına neden olmuştur. Termik santralde oluşan uçucu kül ve onunla birlikte oluşan cüruf, içerdiği toksik maddelerin bir şekilde zararsız hale getirilmiş olması koşuluyla, mühendisliğin çeşitli dallarından, endüstride çeşitli metallerin elde edilmesinde, hatta tarım alanına kadar çok geniş alanlarda uygulama sahası bulabilmektedir. Termik santral atıklarının bu şekilde değerlendirilmesi, depolama sorununu büyük ölçüde ortadan kaldıracığı gibi, çevresel sorunları bertaraf edecek, özellikle kısıtlı diğer doğal hammaddelerden tasarruf edilmesini sağlayacak, bunların da ötesinde nitelik ve nicelik açısından daha iyi ürünler elde edilebilecektir.

### **1.5. Mısır Bitkisinin Kökeni ve Sistematik Sınıflandırılması**

Değişik görüşler öne sürülmekle beraber, son araştırmalar mısır bitkisinin orijininin ve gen merkezinin Amerika olduğunu göstermektedir. Güney Amerika’da binlerce yıldır kültürünün yapıldığını gösteren arkeolojik ve paleobotanik kanıtlar bulunmuştur (Benson ve Pearce, 1987; Brenner, 1991).

Mısır (*Zea mays* L.),  $2n=20$  kromozoma sahip tek yıllık otsu bir bitkidir. Taksonomideki yeri ise şöyledir;

Kingdom: Plantae

Subkingdom: Tracheobionta

Superdivisio: Spermatophyta

Divisio: Magnoliophyta

Classis: Liliopsida

Subclassis: Commelinidae

Ordo: Poales

Familia: Poaceae

Genus: *Zea* L.

Species: *Zea mays* L.

### **1.6. Mısır Bitkisinin Morfolojisi**

Bir yıllık otsu. Erkek çiçekler uçta panikulamsı durumlarda, dişi çiçek durumu yaprak koltuklartında, spikulalar etli bir eksen üzerinde sıralanmış ve bu çiçek durumu involukruma benzer bir yapı ile sarılmış. Erkek spikulalar 2 çiçekli. Dişi spikulalar 2 çiçekli, alttakiler verimsiz. Karyopsis genellikle kuneiform (Seçmen ve ark, 2004).

Gelişmiş bir kök sistemine sahip mısır bitkisinde embriyonal kökler, genellikle bitkinin yaşamı boyunca görevlerini sürdürmelerine rağmen, asıl kök sistemi, erken fide evresinde ilk yaprağın çıkışından sonra, gövdenin toprak yüzeyinin 3-5cm altındaki nodlardan çıkan ek köklerden ve toprak yüzeyinin hemen üstündeki 1-3. Noddan çıkan destek köklerden oluşur. Ek kökler 60-80 cm yanlara, 2-2,5 m derinlere yayılabilir. Kök derinliği, toprağın yapısı, sıcaklığı, nemi ve havasına bağlı olarak değişebilir (Elçi ve ark., 1987; Kü, 1997).

Mısır bitkisinde gövde, genelde sayıları 8-9 olan nod ve internodlardan oluşur. Mısır gövdesinin boyu, çeşitlerine ve yetiştirilmesine bağlı olarak 1,5-3 metre arasında değişir. En üst internod ucunda, erkek çiçek topluluğu olan tepe püskülü bulunur. Gövdedeki diğer nodlarda birer yaprak bulunur ve bu nodlardan sap ortasındaki bir ya da birkaç tanesi koçanı oluşturacak birer çiçek durumu (infloresans) taşırlar. Mısır koçanı, sapa bağlandığı nodun, hemen üstünde bulunan oluk şeklinde bir çukur bölgede gelişir (Elçi ve ark., 1987; Kü, 1997).

Mısır, tahıllar içerisinde en büyük yapraklara sahip bitkidir. Çeşitlere ve çevre koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte genel olarak yaprak boyu 60-80 cm arasında, genişliği ise 5-15 cm arasında değişir. Gövdenin her nodunda bir yaprak çıkar ve bir bitkide ortalama yaprak sayısı 12-18 arasındadır. Yapraklar, uzunluğuna paralel damarlı yaprak kımı ve uzun bir yaprak ayasından oluşur. Stipula belirsizdir, bazı çeşitlerde stipula yerine uzun tüyler görülür. Ligula varsa da belirgin değildir. Stomalar yaprak ayasının alt yüzeyinde daha fazladır (Elçi ve ark., 1987; Kü, 1997).

### **1.7. Mısır Bitkisinin Ekolojik İstekleri**

Mısır, ılıman ve tropik bölgelerde tarımı yapılan bir bitki olmakla birlikte, farklı iklim ve toprak koşullarında da yetişebilmektedir. Bu özellikleri ile dünyada Kanada'da

58° kuzey enlemlerinden, Güney Afrika'da 35-40° güney enlemlerine kadar uzanan geniş bir alanda en geniş yayılıma sahip bir tahıl bitkisidir. Deniz seviyesinden daha alçak yerlerde ve 4000 m yüksekliklere kadar olan yerlerde tarımı yapılabilen mısır bitkisi, 10-11 °C 'de çimlenmeye başlayabilir. Toprak sıcaklığı 5-10 cm derinlikte 15 °C'ye ulaştığı zaman çimlenme hızlanır. Optimum çimlenme sıcaklığı 18 °C'nin üzerindedir. En uygun büyüme sıcaklığı ise 25-30 °C arasındadır. 15 °C' nin altındaki sıcaklıklarda, ilk büyüme yavaşladığı için verim düşer. Sıcak iklim bitkisi olmasına rağmen, 38 °C' nin üzerinde birkaç gün devam eden sıcaklıklar bitkiye zarar verir. Aşırı sıcak olmaması koşulu ile güneşli günler mısır için idealdir. Yoğun bulutlu gün sayısının fazla olduğu subtropikal iklimlerde, ışığın ve fotosentezin azalmasından dolayı, mısır verimi tropikal bölgelere oranla düşer. Mısır bitkisinin su isteği fazladır, ancak suyu oldukça ekonomik kullanır. Bitkinin gelişmesi için optimum ve minimum bağıl nem değerleri sıcaklık ve alınabilen su miktarına bağlı olmakla birlikte, genel olarak %50 ve altına inen bağıl nem koşullarından bitki olumsuz etkilenir. Ülkemizin iklim verileri dikkate alındığında düşük sıcaklık, yüksek sıcaklık ve düşük bağıl nem koşullarının hakim olduğu yöreler dışında kalan bölgelerde, uygun çeşit ve sulamayla kolaylıkla mısır üretimi yapılabilir. Mısır bitkisi için en uygun toprak tipi, su tutma kapasitesi ve alınabilir besin maddesi içeriği yüksek, drenajı ve havalandırması iyi olan siltli-killi topraktır. Toprak pH'ı 5-8 arasında olmalıdır (Benson ve Pearce, 1987; Elçi ve ark.,1987; Brenner, 1991; Kün, 1997; Kırtok, 1998).

### **1.8. Dünyada ve Türkiye'de Mısır Üretimi**

Mısır dünyada buğday ve çeltikten sonra en çok ekimi yapılan ve en çok üretilen üçüncü tahıl bitkisidir. 2009 yılında mısırın ekim alanı, yaklaşık 159 milyon hektara ve bu alanda üretilen mısır miktarı 818 milyon tona ulaşmıştır. 1990 yılında hektar başına verim 36807 hg iken, bu oran 2009 yılında 51618 hg'a yükselmiştir (Çizelge 5). 2009 yılında dünyada mısır üretiminde 333011000 ton ile Amerika Birleşik Devletleri en büyük paya sahiptir. Amerika'yı sırası ile Çin, Brezilya, Meksika, Endonezya, Hindistan, Fransa, Arjantin, Güney Afrika ve Ukrayna izlemektedir. Türkiye üretimde 22. sırada yer almaktadır (FAO, 2011).

Çizelge 5. Dünyada mısır üretimi (Ha: Hektar; Hg/Ha: Hektogram/Hektar; T: Ton) (FAO, 2011)

Yıllar	Ekim Alanı (Ha)	Verim (Hg/Ha)	Üretim (T)	Tohum (T)
1990	131317820	36807	483343614	7236402
1995	136167096	37992	517329315	5423527
2000	137001484	43245	592472549	5557543
2001	137477469	44771	615502725	5782803
2002	137288177	44055	604832599	5894171
2003	144701681	44581	645100092	6007631
2004	147494736	49414	728840097	6162510
2005	147428752	48393	713458733	5357425
2006	148340838	47637	706656734	5629971
2007	158358327	49864	789641125	5816842
2008	160814579	51408	826718343	5807540
2009	158628747	51618	818823434	5678294

Mısır (*Zea mays* L.) Türkiye’de buğday ve arpadan sonra en geniş ekim alanına sahip tahıldır (Şahin, 2001). Son 20 yılda Türkiye’deki mısır üretiminde 2150000 tonluk bir artış kaydedilmiştir. 2009 yılında Türkiye’deki 591279 hektar ekim alanından, 4250000 ton mısır üretilmiştir. 1990 yılında hektar başına ürün verimi 40803 hg iken bu oran 2008 yılında 71988 hg ile en yüksek düzeye ulaşmıştır (Çizelge 6) (FAO, 2011).

Çizelge 6. Türkiye’de mısır üretimi (Ha: Hektar; Hg/Ha: Hektogram/hektar; T: ton) (FAO, 2011)

Yıllar	Ekim Alanı (Ha)	Verim (Hg/Ha)	Üretim (T)	Tohum (T)
1990	514665	40803	2100000	42000
1995	515000	36893	1900000	15450
2000	555000	41441	2300000	44000
2001	550000	40000	2200000	40000
2002	500000	42000	2100000	45000
2003	560000	50000	2800000	43600
2004	545000	55045	3000000	48000
2005	600000	70000	4200000	50000
2006	536000	71100	3811000	50000
2007	516960	68380	3535000	50000
2008	593710	71988	4274000	50000
2009	591279	71878	4250000	50000

Ayrıca, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2010 yılı tarım istatistikleri incelendiğinde, mısır bitkisinin ülkemizdeki toplam tahıl üretiminde %7,1 oranında bir paya sahip olduğu ve kg fiyatının 0,47 TL olduğu görülmektedir (TÜİK, 2011).

Bu çalışmada, sıcak iklim tahılı olması nedeniyle ülkemizde ve bölgemizde yaygın olarak üretimi yapılan mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin gelişimi ve anatomisi üzerine Çan Termik Santrali taban külünün etkilerinin incelenmesi ve ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

## **BÖLÜM 2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Seyitömer Termik Santrali uçucu küllerinin yapı malzemesi olarak değerlendirilmesi amacıyla Yılmaz (1992) tarafından yürütülen çalışmada, söz konusu uçucu küllerin bağlayıcı olarak kil ilavesiyle inşaat sektöründe hafif duvar örgü malzemesi olarak potansiyel bir kullanım alanının olabileceği belirtilmiştir.

Tripathy ve Sahu (1997) tarafından yapılan çalışmada, termik santral uçucu küllerinin bitkilerde kuru madde miktarları üzerine olumlu etkileri olduğuna ilişkin sonuçlar sıklıkla rapor edilmektedir. Termik santral uçucu küllerinin buğday bitkisine etkilerinin araştırıldığı bir saksı denemesinde %50 oranında uygulanan uçucu kül, bitkinin boyunu, yaprak alanını, başak uzunluğunu ve bitki kuru madde miktarını arttırmış, toprak+uçucu kül uygulaması, toprak+%10 kompost ve toprak+%0,6 N-P-K uygulamaları ile karşılaştırılabilir düzeyde bulunmuştur. Uçucu küllerin bertaraf edilmesinde ve değerlendirilmesinde bu yöntemin uygulanabilirliği yüksek bulunmuştur.

Bayat (1998) tarafından ülkemizin batı, orta ve doğu bölgelerinde yer alan linyitlere ve bitümlü kömürlere ait uçucu kül örneklerinin mineralojisi, morfolojisi, fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Buna göre, Soma, Seyitömer ve Çatalağzı termik santrallerine ait küller düşük kalsiyumlu olup, tipik olarak kuvars, mullit, hematit ve spinel kristalen fazlarını içermektedir. Yatağan, Seyitömer ve Afşin-Elbistan uçucu küllerinde çoğunlukla kristalen fazlar gözlenmiştir. Bunun, küllerin partikül yüzeylerinde oluşan sülfürik asitlerin metal oksitlerle reaksiyonunun sonucu olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, bütün örneklerde anhidritin varlığı, 400-500 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda, yanma boyunca veya yanmadan sonra meydana gelen jipslerin dehidratasyonuna bağlanmıştır.

Tokyay ve Erdoğan (1998) tarafından Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği adına yürütülen çalışma, ülkemizdeki kömürle çalışan termik santrallerin atık ürünü olan uçucu küllerin çimento üretiminde ve çimentolu sistemlerde kullanılabilirliklerinin belirlenmesi amacıyla taşımaktadır. Bu amaç doğrultusunda uçucu küllerin kimyasal, fiziksel, mineralojik, mikromorfolojik ve mekanik özellikleri araştırılmış, sınıflandırılmaları yapılarak ulusal ve uluslararası standartlara uygunlukları belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenen Seyitömer Termik Santrali'nden alınan uçucu kül örneklerinin esas element oksit bileşimleri tespit edilmiştir. Örneklere ait esas element oksit bileşimlerinin ortalama değerleri, uçucu küllerin kimyasal kompozisyonlarına göre yapılan çeşitli

sınıflamalara ait sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Buna göre Seyitömer Termik Santrali uçucu küllerinin, düşük kireçli ( $\text{CaO} < \%10$ ), silikoaluminöz bir uçucu kül (Avrupa Çimento Standartı ENV 197-1'e göre V sınıfı) olduğu görülmüştür. Ayrıca, linyit kömürünün yakılmasıyla elde edildiğinden, ASTM C-618 sınıflamasına göre C sınıfı uçucu küldür. Ayrıca, Seyitömer Termik Santrali uçucu küllerinde yürütülen X-ışınları çalışmaları sonucunda, kül içindeki camsı ana faz dışında hakim kristal fazlar, kuvars, manyetit ve feldispat olarak belirlenmiştir.

Finkelman ve Gross (1999) tarafından, kömür kullanımı nedeniyle meydana gelen çevresel sorunlar ve insan sağlığına yönelik problemlerin en aza indirgenmesi için gerekli olan veriler araştırılmıştır. Buna göre, temsili örnekler üzerinden elde edilecek uygun kömür kalite parametreleri, sorunların çözümünde yardımcı olacaktır. Bahsedilen kömür kalite parametreleri: C, H, N, O, piritik kükürt, organik kükürt, esas ve eser element konsantrasyonları, elementlerin bulunuş şekilleri, mineraloji, petrografi, organik kimya, elementlerin çözünürlüğü ve temizlenebilirlik olarak sıralanmıştır.

Karayığit ve ark. (2000) tarafından Türkiye'deki 10 termik santralden alınan 13 adet beslenen kömürün mineralojisi ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Buna göre, beslenen kömürlerdeki önemli mineralleri simektit, illit, kaolinit gibi kil mineralleri ile kuvars, feldispat, kalsit, dolomit, pirit ve jips oluşturmaktadır. Beslenen kömürler yüksek Ca içeriğine, düşük P içeriğine sahiptir. Beslenen kömürlerin çoğu Cr, Ni ve U gibi bazı tehlikeli hava kirletici (HAPs) elementler açısından zenginleşmiştir. Kömürlerin As, Mn, Co, V ve Th içerikleri, dünya kömürlerine göre belirlenen sınır değerleri aşmaktadır. Bu zenginleşmeler, bazı kömür havzalarındaki temel kayaçların ofiyolitlerle olan ilişkisine ve kömür havzalarındaki volkanik aktivitenin etkisine bağlanmıştır. Ayrıca, Çayırhan, Tunçbilek, Seyitömer ve Soma havzalarına ait beslenen kömürlerde yüksek B konsantrasyonu tespit edilmiştir. Bu konsantrasyon yüksekliği, bahsedilen kömür yataklarının volkano-sedimanter Neojen havzalarında oluşmuş olmasından kaynaklanmaktadır.

Şengül (2002) tarafından yapılan çalışmada, Kangal Termik Santrali uçucu küllerinin çevresel etkilerini incelemek amacıyla uçucu kül içeren kolon hazırlanmış, liçe geçen elementle derişimleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile, kolondaki minerolojik değişimler ise X-ışınları difraktometresi ile belirlenmiştir. Li, Na, K, Rb, Ca, Mg ve Sr elementleri liçe yüksek miktarda geçerken, eser elementlerin aletin seçme sınırının altında olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, santral uçucu küllerinin kısa ve orta vadede çevre

için önemli bir kirletici olmadığı belirlenmiştir.

Gupta ve ark. (2002) tarafından termik santral uçucu küllerinin elementsel zenginliklerinden yararlanmak amacıyla yapılan tarımsal uygulamalarda toprak ve bitkinin tepkisi bakımından olumlu sonuçlar alınmıştır. Uçucu küllerin toprağın temel fizikokimyasal özelliklerini olumlu etkilediği, onların bitki besin elementi ve diğer elementlerce zengin oldukları ancak azot ve bazen de elverişli fosfor (toprakta fiksasyona uğramamış) yönünden fakir oldukları bildirilmektedir. Uçucu küllerin kontrollü şartlarda, tarımsal alanlarda etkili ve güvenilir bir şekilde uygulanabilirliğinin bulunduğu ve uygulamaların toprak düzenlemesi üzerine olumlu etkilerinin bulunduğu bildirilmiştir.

Türker ve ark.'nın (2003), Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği adına yaptıkları çalışma, Tokyay ve Erdoğan (1998)'ya ait çalışmanın bir benzeri olup, Türkiye'deki uçucu küller sınıflandırılarak özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla Seyitömer Termik Santrali'nden 5 adet uçucu kül örneği alınmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Tokyay ve Erdoğan (1998)'ya ait sonuçlarla karşılaştırıldığında, SiO<sub>2</sub> ve K<sub>2</sub>O içeriklerinin daha yüksek; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO ve SO<sub>3</sub> içeriklerinin ise daha düşük olduğu görülmektedir. Gerçekleştirilen X-ışınları çalışmalarıyla bu örneklerde camsı faz dışında kristal fazlar olarak kuvars, hematit, mullit, magnezyoferrit ve az miktarda alkali feldispat (albit, sanidin) tanımlanmıştır. Daha önce açıklandığı gibi, Tokyay ve Erdoğan (1998) tarafından Seyitömer Termik Santrali uçucu küllerinde manyetit ve feldispat tanımlanmasına karşın, aynı çalışmada mullit ve magnezyoferrit mineralleri tanımlanmamıştır.

Kalra ve ark.'nın (2003) yaptığı çalışmada, Hindistan'da uçucu küllerin toprak ve bitki üzerine etkilerinin araştırıldığı tarla denemesi şeklinde düzenlenen diğer bir çalışmada, 10-50 t/ha arasında değişen dozlarda uçucu kül toprağa karıştırılmış ve uçucu külün buğday (*Triticum aestivum* L.), hardal (*Brassica juncea* L.), mercimek (*Lens esculenta* Moench.), pirinç (*Oryza sativa* L.) ve mısır (*Zea mays* L.) bitkilerinin verim ve gelişmeleri ile toprağın bazı önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kül uygulaması toprak özellikleri ile verim üzerine olumlu etkiler yapmıştır.

Tuna ve Girgin (2005) tarafından yapılan çalışmada, Muğla ili Yatağan Termik Santrali'nden kaynaklanan uçucu küllerin mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde büyüme, mineral beslenme ve ağır metal içeriği üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Asıl kaynağı kömür olan uçucu kül, zengin bir mineral içeriğe sahip olup, bitki beslenmesine ve



gelişmesine katkıda bulunabilir. Denemede bitki yetiştirme ortamı olarak torf ve kum kullanılmış ve ortama %6.25, %12.5, %18.75 ve %25 oranlarında uçucu kül karıştırılmıştır. Yetiştirme ortamına karıştırılan uçucu kül, yaprak ve köklerin mineral besin elementi içeriklerinde değişikliklere neden olurken, bitkideki ağır metal içeriği toksik düzeye ulaşmamıştır. Yüksek oranda uçucu kül uygulaması % kuru madde, gövde çapı, yaprak alanı ve toplam klorofil içeriğinde azalmaya neden olmasına rağmen, düşük oranda kül uygulaması, büyüme parametreleri ve mineral beslenme üzerinde olumlu etkilere neden olmuştur.

Ilgar (2008) tarafından yapılan çalışmada termik santraller, etkileri ve örnek bir çalışma olarak Çanakkale-Çan Termik Santrali ve çevreye etkileri üzerinde durulmuştur. Günümüzde enerji üretiminde, çevreye en az zarar veren ve etkileyen çevreci yaklaşımların tercih edilmesi tavsiye edilmiştir. Sonuç olarak Çan Termik Santrali'nin, kullandığı yeni teknoloji nedeniyle çevreye duyarlı olduğu kanaatine varılmıştır. Buna karşılık risk senaryolarına açık olduğu da belirtilmiştir.

Baba ve ark.'nın (2008) yaptığı çalışmada, Çan Termik Santrali baz alınarak linyit yakıtlı termik santrallerde, gaz emisyonlarının ve küllerin depolanmasının sebep olduğu çevresel problemler ele alınmıştır. Buna özellikle, yüksek miktarda gaz ve katı uçucu kül içeren düşük kaliteli kömürlerin sebep olduğu varsayılmıştır. Ana problemin, ağır metaller içeren depolanmış uçucu küller ile ilgili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca uçucu küllerin suyla temasında toksik iz metallerin suya sızdığı belirtilmiştir. Bu çalışmada, Çan Termik Santrali uçucu kül örneklerinin, farklı asit ve sıcaklık koşulları altındaki sızdırma yeteneği incelenmiştir. Deneysel sonuçlar, pH'daki azalmanın metal iyonlarının uçucu külden ayrılmasına yardımcı olduğunu göstermektedir. Arsenik, kadmiyum, krom, çinko, kurşun, civa ve selenyum iyonlarının külden ayrılmasındaki önemli artışın mineral fazların istikrarsızlığına bağlı olduğu tespit edilmiştir. Bu ağır metal konsantrasyonları asidik koşullar ve artan sıcaklık ile ilgili olarak artmaktadır. Genel olarak, en yüksek konsantrasyonlar yaklaşık 30 °C'de bulunmuştur.

Karaca ve ark. (2009) tarafından yapılan araştırmada Çayırhan Termik Santrali baca gazı emisyonlarının çevre toprakları üzerine yapmış olduğu etkiler araştırılmıştır. Bu amaçla, emisyonların hakim rüzgar yönünde hareket edeceği göz önüne alınarak güneydoğu yönünde bulunan tarım alanlarından 20 adet, kuzeydoğu yönünden santral merkez kabul edilmek üzere, Beypazarı ilçesine doğru 7 adet ve hakim rüzgar yönünün tersi istikameti olan kuzeybatı yönünden de 3 adet toprak örneği 0-20 cm derinlikten

alınmıştır. Toprak örneklerinin pH, organik madde ve toplam Pb, Cd, Ni ve S kapsamı belirlenmiştir. Kuzeydoğu yönüne ait toprakların pH değerleri diğer yönlerin pH değerlerinden daha düşük olup, pH ile toplam kükürt, Cd ve Pb kapsamı arasında  $P < 0.001$  düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir. Her üç yönden alınan toprakların toplam Pb ve Ni kapsamı “Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” sınır değerlerinin altında bulunmuş olup, henüz yukarıda belirtilen metallerin kirliliğinden söz etmek mümkün değildir. Buna karşın, hakim rüzgar yönünden alınan toprakların toplam Cd değerleri, hakim rüzgar yönü tersinden alınan topraklara göre oldukça yüksek ve “Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” sınır değerlerinin üzerinde bulunmuştur. Benzer şekilde, kuzeydoğu yönüne ait toprakların hepsinde ve güneydoğu yönüne ait toprakların büyük çoğunluğunda S kirlenmesi ve hakim rüzgar yönü tersi olan kuzeybatı yönünden alınan toprak örneklerinde de olası S kirlenmesi belirlenmiştir.

### **BÖLÜM 3**

### **MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Deneme Materyali ve Uygulama Yöntemi**

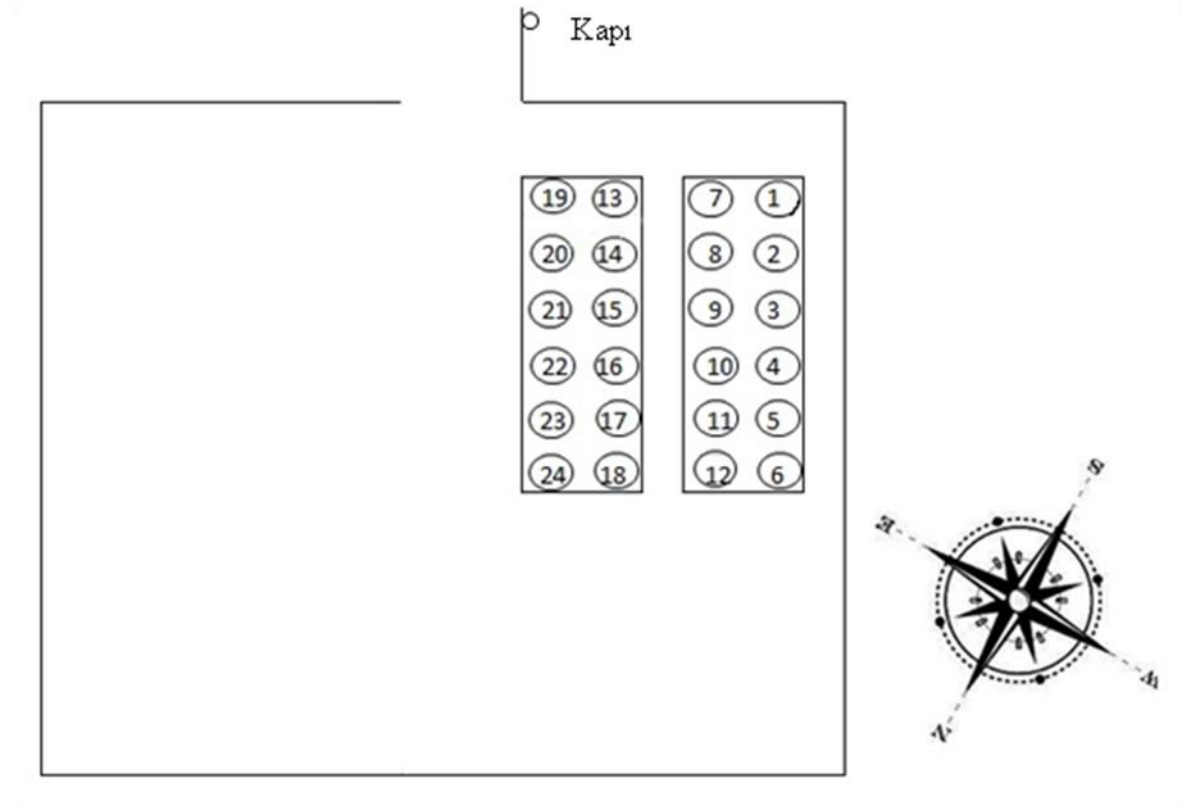
Çalışmada deneme bitkisi olarak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nden sağlanan DKC 6842 üretim iznli Mısır (*Zea mays* L.) tohumları kullanılmıştır. Bitkinin vejetatif gelişim dönemi dikkate alınarak 21 Mayıs 2009 tarihinde Toprak Bölümü serasında deneme başlatılmıştır. Deneme 4 tekerrürlü saksı denemesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Yetiştirme ortamı olarak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünden sağlanan, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Araştırma Laboratuvarında analizi yapılan toprak materyali kullanılmıştır (Çizelge 7). Çalışmada kullanılan Çan Temik Santral taban külünün analizi üniversitemiz bünyesinde bulunan Merkez Laboratuvarında ICP ile yaptırılmıştır (Çizelge 8). Kontrol grubu dahil, 6 grubun her birinde 4 adet 4 numara saksı olmak koşuluyla 24 adet saksı bulunmaktadır. Her bir saksıya 2 kg toprak konuldu ve kontrol grubu dışındaki gruplarda toprağa sırasıyla 40, 80, 160, 320 ve 640 g Çan Termik Santrali taban külü homojen olarak karıştırıldı ve toplamda 5 kül uygulama grubu oluşturuldu. Her saksıya 20 tane tohum ekildi ve saksıların yerleşme biçimi deneme deseni şeklinde belirlendi. Kontrol grubu; 2, 10, 15 ve 22 numaralı saksılardan, 40 g kül uygulama grubu; 5, 7, 18 ve 20 numaralı saksılardan, 80 g kül uygulama grubu; 3, 12, 13 ve 24 numaralı saksılardan, 160 g kül uygulama grubu; 1, 11, 14 ve 23 numaralı saksılardan, 320 g kül uygulama grubu; 6, 8, 16 ve 21 numaralı saksılardan ve 640 g kül uygulama grubu ise 4, 9, 17 ve 19 numaralı saksılardan oluşturulmuştur (Şekil 4). Kullanılan kül miktarları önce 5, 10, 20, 40 ve 80 kg/da olarak belirlenmiş ve 2 kg toprağa kaç g geleceği bu oranlar baz alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge 7. Toprak materyali analiz verileri

<b>Özellik</b>	<b>Birimi</b>	<b>Miktarı</b>
Bünye	Kumlu Killi Tın	Bouyoucous, 1951
pH	7,72	Jakson, 1958
EC	dS/m	2,24
Kireç	%	1,22
Organik madde	%	2,98
N	%	0,179
C	%	3,067
P	ppm	367,47
B	ppm	3,85
Ca	ppm	4523,16
Cu	ppm	4,98
Fe	ppm	121,08
K	ppm	2574,24
Mg	ppm	453,52
Mn	ppm	212,81
Na	ppm	653,13
Zn	ppm	17,47
Al	ppm	43,71
Co	ppm	1,83
Mo	ppm	0,11
Cd	ppm	0,1
Cr	ppm	0,3
Ni	ppm	3,79
Pb	ppm	3,64
S	ppm	86,6
Se	ppm	0,3

Çizelge 8. Çan Termik Santral taban külü analiz verileri

ELEMENT	OKUNAN DALGA BOYU	Kül
B (mg/L)	249,773	278,564
Ca (mg/L)	317,933	7115,450
Cd (mg/L)	226,502	0,017
Co (mg/L)	228,616	0,393
Cr (mg/L)	267,716	0,064
Cu (mg/L)	324,754	0,221
Fe (mg/L)	259,940	1,258
K (mg/L)	766,490	143,256
Na mg/L)	589,592	573,358
Ni (mg/L)	221,647	0,000
Pb (mg/L)	220,353	0,258
Zn (mg/L)	213,856	1,327
P (mg/L)	213,618	0,000



Şekil 4. Sera krokisi ve saksıların yerleşim düzeni.

### **3.2. Morfolojik ve Anatomik İnceleme Yöntemleri**

Mısır tohumlarının çimlenme başlangıcı tespit edildi ve bu tarihten itibaren çimlenme durumları takip edildi ve çimlenme oranları belirlendi. 12 Haziran 2009'da yapılan seyreltmeye bağlı olarak en gelişmiş 4 bitki üzerinden bitki boyu ölçümleri tohum ekiminden itibaren 10'ar günlük 6 periyotta yapıldı. Yaprak en ve boy ölçümleri ise aynı periyotlarda mevcut yapraklar üzerinden yapıldı. En ölçümleri yaprakların en geniş kısmından alındı. Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildi.

Çalışmada taban küllerinin mısır bitkisi büyümesi üzerine etkilerini tespit etmek amaçlandığından, bitkilere herhangi bir gübreleme yapılmamıştır. Tohum ekim tarihinden itibaren 60 gün sonra deneme sona erdirilmiştir.

Deneme süresi boyunca 3 kez örnek alındı. Anatomik incelemeler için mikrotomda kesit almak amacıyla, her bitkinin kök, gövde ve yaprağından alınan örnekler % 70'lik alkolde fikse edildi. 21 Temmuz 2009 tarihinde bitkiler hasat edildi ve son örnekler alındı. Ayrıca pigment analizi için son örneklemeden yaprak örnekleri alındı. Hasat sonrası kalan bitkilerden herbaryum örnekleri hazırlanarak koruma altına alındı.

%70'lik alkolde fikse ettiğimiz örnekleri bir süre ılık suda bekletilip, sırasıyla %50'lik, %70'lik, %85'lik, %95'lik ve saf alkolden, %50'lik ve %100'lük ksilolden, aseton serilerinden geçirdikten sonra etüvde 60 °C'de %50 parafin serisinden geçirilip, 1 gece %100 parafinde bekletilen örnekler parafin bloklara gömüldü. Daha sonra kök, gövde ve yaprak örneklerinden, bölümümüz bünyesindeki Botanik Araştırma Laboratuvarında bulunan Microm marka Rotary Mikrotom kullanılarak kesitler alındı. Bu kesitler lamlara alınıp 1 gece 60 °C'lik etüvde bekletildikten sonra, fazla parafinin uzaklaştırılması ve dokuların boyanarak daha kolay incelenmesi için %100'lük ksilolden, %100'lük, %75'lik, %50'lik ve %25'lik alkolden ve sudan geçirildikten sonra önce %1'lik anilin blue'da, yıkandıktan sonra ise %1'lik safranin'de bekletilir, daha sonra fazla boyanın uzaklaştırılması için %50'lik, %75'lik ve %100'lük alkolden, asetondan ve en sonunda %100'lük ksilolden geçirildikten sonra kurumaya alınır, daha sonra entellan veya kanada balsamıyla üzerlerine lamel yapıştırılarak sabit preparat haline getirildi.

Mikroskop altında incelenen preparatlardan uygun sonuç alınamayan kesitler için fikse örneklerinden elle kesit alma yoluna da başvurulmuştur. Bu amaçla %70'lik alkolde fikse edilen örnekler, bünyelerindeki fazla alkolü uzaklaştırmak için belirli bir süre ılık suda bekletildi. Yaprak örneklerinden enine, yüzey (alt ve üst) ve gövde örneklerinden de enine ve yüzey kesitler alındı. Alınan kesitler mikroskop altında incelendi ve

fotoğrafları çekildi. Yaprak enine kesitlerinde orta damardan başlayarak her iki yönde iletim demetlerinin ve bulliform hücrelerinin eni ve boyundan, gövde enine kesitlerinde ise gövdenin orta kısımda epidermisten epidermise iletim demetlerinin eni ve boyundan, Botanik Araştırma Laboratuvarında bulunan Micros marka mikroskopta 40x10'luk büyütmede milimetrik oküler kullanılarak, her uygulama grubu için 3 tekrarlı 30'ar ölçüm alındı ve bu ölçümler istatistiksel olarak değerlendirildi. Yaprakların alt ve üst yüzeyinden ve gövdeden alınan yüzeysel kesitlerde ise 40x10'luk büyütmede milimetrik oküler yardımıyla objektif tam görüş alanı olarak 0.166 mm<sup>2</sup>'lik birim alan belirlendi ve istatistiksel analizde kullanılmak için, her uygulama grubunda 3 tekrarlı 50 birim alanda stoma ve epidermis hücrelerinin sayımı yapıldı. Yapılan bu sayımlar Meidner ve Mansfield (1968) yöntemi kullanılarak stoma indeksi hesaplanmıştır. Bu yöntem şöyledir;

$$\text{Stoma İndeksi} = \frac{\text{Stoma sayısı}}{(\text{Stoma sayısı} + \text{Epidermis sayısı})} \times 100.$$

### **3.3. Pigment Analizi Yöntemi**

Bu çalışmada, bitkilerin klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, hasatla birlikte alınan son örneklemede her bir gruptan elde edilen yaprak materyallerinden Arnon (1949) yöntemi kullanılarak pigment analizi yapıldı.

### **3.4. İstatistiksel Analiz Yöntemleri**

Bitki boyu, yaprak boyu ve eni özellikleri bakımından uygulama ve dönemlerin birlikte etkisini araştırmak amacıyla elde edilen verilerden istatistiksel değerlendirme yapılmıştır. Bu amaçla mevcut verilerden tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniğinden yararlanılmıştır. Farklı grupların (uygulama, dönem, yer) belirlenmesinde de Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Yapraktaki Bulliform hücreleri, yapraktaki ve gövdedeki iletim demetlerinin en ve boyları arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla ise Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Verilerin analizinde SPSS istatistik paket programı kullanılmıştır.

## **BÖLÜM 4**

### **ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**

#### **4.1. Çimlenme Oranları**

Yapılan bu çalışmada, kontrol grubu dahil toplam 6 uygulama grubunun her birinde 4 tekerrür mevcuttur. Toplamda 24 saksı kullanılmıştır. 21 Mayıs 2009'da yapılan ekimde, saksıların her birinde 20'şer adet tohum olmak üzere toplamda 480 mısır (*Zea mays* L.) tohumu kullanılmıştır. Çimlenme periyodu, ilk çimlenmenin gözlemlendiği 23 Mayıs gününden 6 Haziran 2009'a kadar sürmüştür. Çimlenme bilgileri Çizelge 9 ve 10'da verilmiştir.



Çizelge 9. Saksular bazında çimlenen tohum sayısı ve çimlenme yüzdeleri

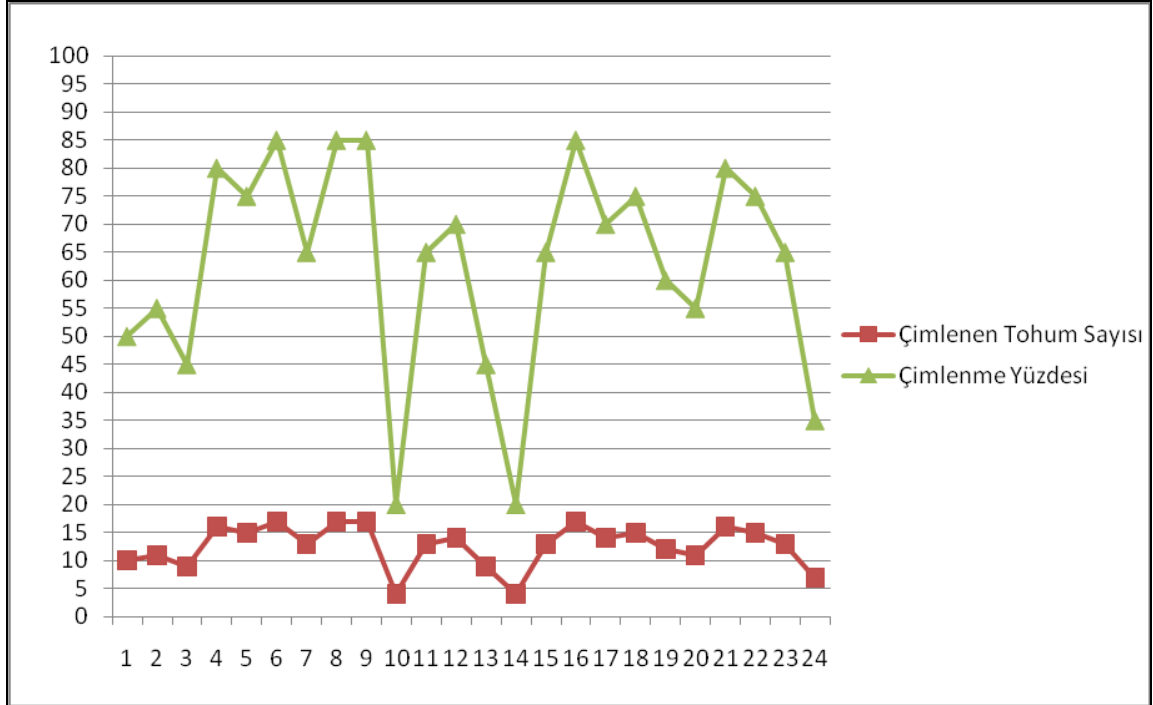
Saksı No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Çimlenen Tohum Sayısı	10	11	9	16	15	17	13	17	17	4	13	14	9	4	13	17	14	15	12	11	16	15	13	7
(%)	50	55	45	80	75	85	65	85	85	20	65	70	45	20	65	85	70	75	60	55	80	75	65	35

Çizelge 10. Gruplar bazında çimlenen tohum sayısı ve çimlenme yüzdeleri

Grup	Kontrol	40	80	160	320	640
Çimlenen Tohum Sayısı	43	54	39	40	67	59
(%)	53.75	67.5	48.75	50	83.75	73.75

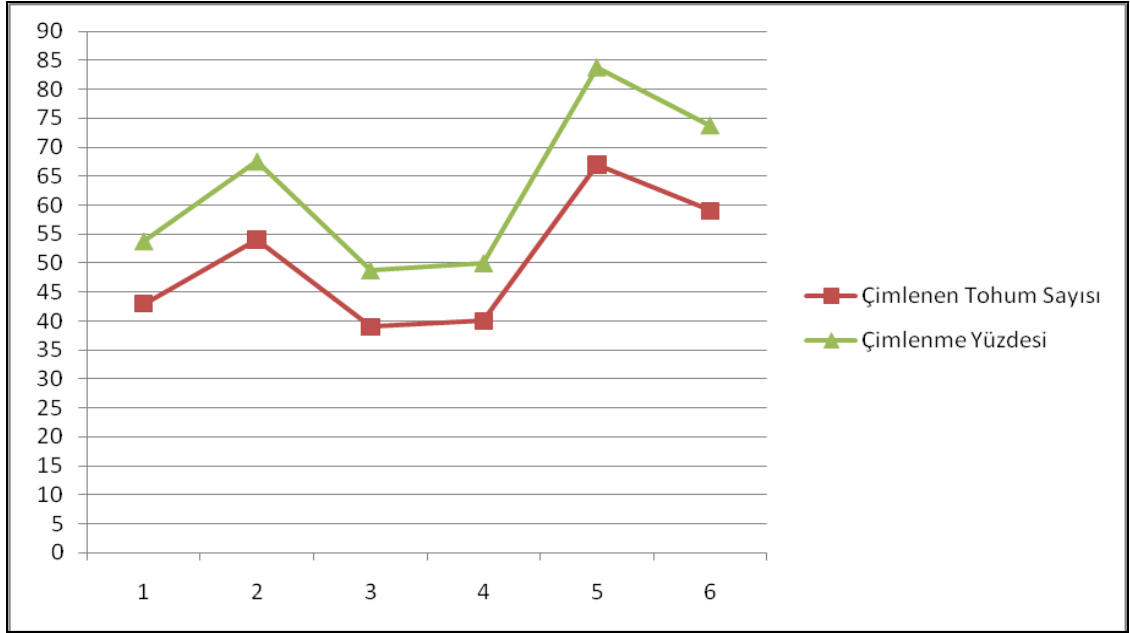
## **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

Çizelge 9'daki saksılar bazındaki veriler incelendiğinde en yüksek çimlenme yüzdesi %85 ile 6, 8, 9 ve 16 numaralı saksılarda görülmektedir. 6, 8 ve 16 numaralı saksılar 320 g taban külü uygulama grubuna, 9 numaralı saksı ise 640 g taban külü uygulama grubuna dahildir. %20 ile en düşük çimlenme yüzdesi görülen iki saksından 10 numaralı olan kontrol grubuna, 14 numaralı olan ise 160 gr taban külü uygulama grubuna dahildir. Bütün bu verilerin grafiksel sunumu Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Saksılar bazında çimlenen tohum sayısı ve çimlenme yüzdeleri.

Çizelge 10'daki gruplar bazındaki veriler incelendiğinde en yüksek yüzde %83.75 ile 320 g taban külü uygulama grubunda, en düşük yüzde ise %48.75 ile 80 g taban külü uygulama grubunda olduğu görülmüştür. Bütün bu verilerin grafiksel anlatımı Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Gruplar bazında çimlenen tohum sayısı ve çimlenme yüzdeleri.

Bitkiler, çimlenmeyi takip eden 11. günde (2 Haziran) ve son hasattan önce (20 Temmuz) iki kere fotoğraflanmıştır. İlk çekimde; genel görünüm Şekil 7’de, kontrol grubu Şekil 8’de, 40 g kül uygulama grubu Şekil 9’da, 80 g kül uygulama grubu Şekil 10’da, 160 g kül uygulama grubu Şekil 11’de, 320 g kül uygulama grubu Şekil 12’de ve son olarak 640 g kül uygulama grubu Şekil 13’te görülmektedir. Son çekimde ise; genel görünüm Şekil 14’de, kontrol grubu Şekil 15’de, 40 g kül uygulama grubu Şekil 16’da, 80 g kül uygulama grubu Şekil 17’de, 160 g kül uygulama grubu Şekil 18’de, 320 g kül uygulama grubu Şekil 19’da, 640 g kül uygulama grubu Şekil 20’de ve seranın farklı açıdan görünüşleri Şekil 21, 22 ve 23’te görülmektedir.



Şekil 7. Bitkilerin genel görünümü (2 Haziran).



Şekil 8. Kontrol grubu bitkileri (2 Haziran).





Şekil 9. 40 g kül uygulama grubu bitkileri (2 Haziran).



Şekil 10. 80 g kül uygulama grubu bitkileri (2 Haziran).



Şekil 11. 160 g kül uygulama grubu bitkileri (2 Haziran).



Şekil 12. 320 g kül uygulama grubu bitkileri (2 Haziran).





Şekil 13. 640 g kül uygulama grubu bitkileri (2 Haziran).



Şekil 14. Bitkilerin genel görünümü (20 Temmuz).





Şekil 15. Kontrol grubu bitkileri (20 Temmuz).



Şekil 16. 40 g kül uygulama grubu bitkileri (20 Temmuz).



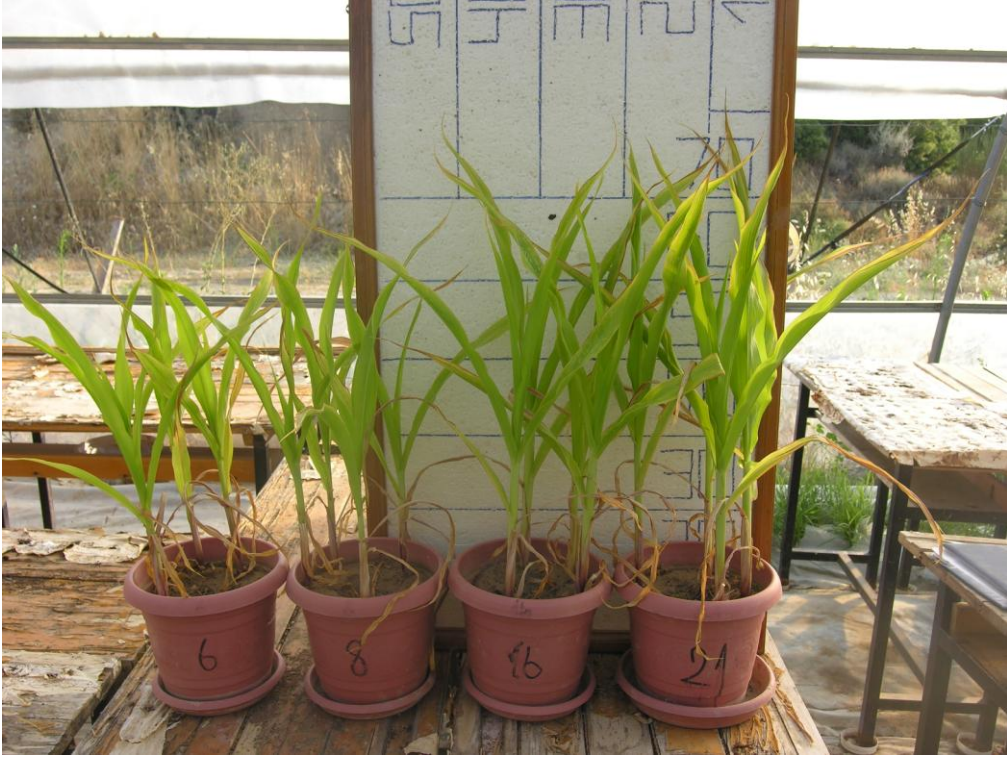


Şekil 17. 80 g kül uygulama grubu bitkileri (20 Temmuz).



Şekil 18. 160 g kül uygulama grubu bitkileri (20 Temmuz).





Şekil 19. 320 g kül uygulama grubu bitkileri (20 Temmuz).



Şekil 20. 640 g kül uygulama grubu bitkileri (20 Temmuz).



Şekil 21. Sera ön cepheden görünüm.



Şekil 22. Sera yan cepheden görünüm.





Şekil 23. Sera yan cephesinden bitkilerin görünümü.

#### **4.2. Pigment Analizi Bulguları**

Çalışmada yetiştirilen mısır bitkilerinin hasatı sırasında elde edilen yaprak dokularından herbir uygulama grubu için 1 g taze doku alınmıştır. Örnekler, içerdikleri klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid miktarlarının tespiti için Arnon (1949) yöntemi kaynak alınarak, porselen havanda 10 ml %80'lik aseton ile homojenize edildi. Elde edilen ekstre, cam huni üzerine yerleştirilen kurutma kağıdı yardımıyla mezura süzdürüldü. Mezurda bulunan ekstrakt üzerine %80'lik aseton eklenerek 10 ml'ye tamamlandı ve deney tüplerine aktarıldı. Daha sonra, bölümümüz bünyesinde bulunan spektrofotometrede bu ekstraktların 480, 645 ve 663 nm dalga boylarında ayrı ayrı absorbansları, köre (%80'lik aseton) karşı 2 tekrarlı okuma yapılmıştır. Bu okumalar sırasında 3,5 ml'lik quartz küvetler kullanılmıştır. Elde edilen absorbans değerlerinden klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid miktarları hesaplanmıştır (Çizelge 11).

## **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

Çizelge 11. Klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid miktarları (mg/g YA)

Grup	Klorofil a	Klorofil b	Toplam klorofil	Karotenoid
Kontrol	0.005259	0.0090165	0.0142705	0.00001022472
40	0.0989365	0.048328	0.147226	0.00010882204
80	0.0438485	0.019772	0.063604	0.0000461056
160	0.106521	0.039618	0.146103	0.0000844116
320	0.1207605	0.058032	0.178746	0.000108277
640	0.159226	0.073982	0,233148	0.000105399

Veriler tek tek ele alındığında, klorofil a miktarının 40 g kül uygulamasında kontrol grubuna göre aşırı bir artış gösterdiği, daha sonra 80 g kül uygulama grubunda düşüp 160 g kül uygulamasından itibaren gitgide artarak, 40 g kül uygulama seviyesinin üzerinde seyrettiği görülmüştür. Klorofil b ve toplam klorofil miktarının da 40 g kül uygulamasında göze çarpan bir artış gösterdiği tespit edilmiş, 80 g kül uygulama grubunda daha düşük miktarlarda olduğu belirlenmiştir. 160 g kül uygulamasında hem klorofil b hem de toplam klorofil miktarında 40 g seviyesine yaklaşan bir yükseliş vardır. 320 g kül uygulamasından itibaren 40 g seviyesinin üzerine çıktığı ve giderek arttığı görülmüştür. Karotenoid miktarında da 40 g kül uygulama grubundaki artış göze batmaktadır. 80 ve 160 g uygulamalarındaki miktar 40 g seviyesinin altında olsada 320 g uygulama grubundaki karotenoid miktarı neredeyse 40 g seviyesine yükselmiştir. 640 g uygulamasında ise karotenoid miktarı biraz düşerek 320 g uygulamasında görülen miktarın altında kalmıştır.

### **4.3. Anatomik Bulgular**

#### **4.3.1. Yaprak Anatomik Özellikleri**

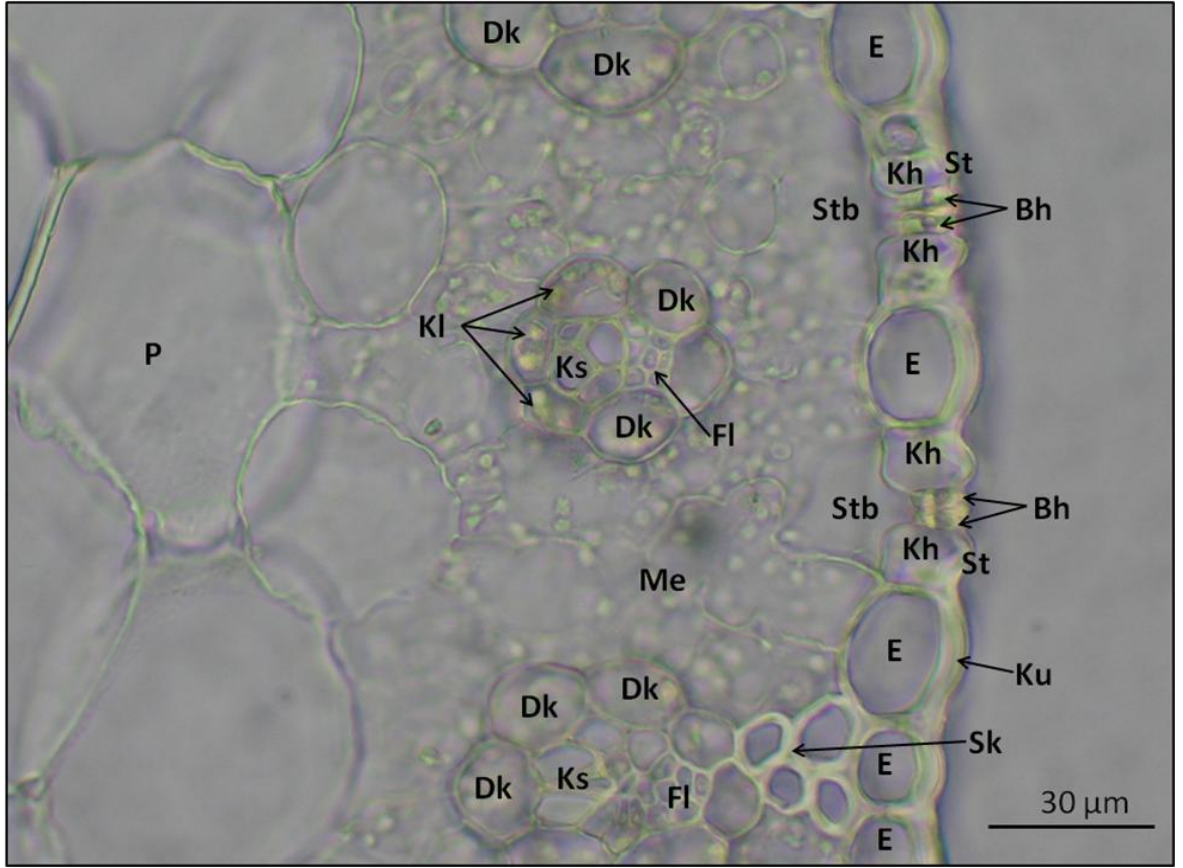
Monokotil yaprakları dikotil veya gimnosperm yapraklarından dikkat çekecek derecede farklıdır. C4 bitkisi olan *Zea mays* yaprağında bölümlere ayrılmış fotosentez mekanizmasının hakim olması, yaprak anatomisinin temel konularından biridir. Monokotil yaprağının bariz bir özelliği iletim demetleridir. Mısır yaprağında üç boy veya dizi iletim demeti vardır; büyük, orta boy ve küçük demetler yaprak laminasında görülmektedir. Bu birçok monokotil için tipiktir. Mezofilin küçük kırmızı renkli objeler içerdiğine dikkat edilmelidir. Bunlar fotosentezin ilk aşamasını gerçekleştirdiği kloroplastlardır. Karbondioksit

Kranz mezofil içinde malik asit tarafından yakalanır ve plasmodesma üzerinden demet kınına aktarılır, malat serbest bırakılır ve CO<sub>2</sub>'in şekere katıldığı Calvin döngüsüne alınır. Bu döngü C4 fotosentezi olarak adlandırılır çünkü fotosentez sırasında oluşan ilk ürün C4 asitidir. C4 fotosentezi, C3 fotosentezinden çok daha fazla verimlidir. C4 bitkilerini C3 bitkilerinden ayırt etmek için yaygın olarak birçok anatomik özellik kullanılır. Bu özelliklerden en dikkate değerisi ise yaprakta iletim demetlerini çevreleyen demet kını hücrelerinin içerdiği büyük, belirgin kloroplastların varlığıdır. Mezofil, demet kını etrafında bir çelenk gibi yayılmaktadır, Alman kökenli ismi Kranz mezofilidir (Cutler ve ark., 2007).

### **4.3.1.1. Kontrol Grubu Yaprakta Anatomik Bulgular**

Orta damara yakın bölgeden alınan yaprak enine kesitinde, üst epidermis, yassı ve yuvarlak hücrelerden oluşur iken, bulliform hücrelerine yakın bölgelerde hücreler irileşmektedir. Alt epidermis yassı ve yuvarlak olmakla birlikte, üst epidermise nazaran daha küçük hücrelerden oluşmaktadır. Her iki epiderminin üzeri kalın kutikula tabakasıyla örtülüdür. Üst epidermiste kalın çeperli bulliform hücreleri bulunmaktadır. Bu hücreler yaprağın içe doğru katlanmasında görevli olup, yuvarlak veya silindirik şekillere sahiptir. Orta damara rastlayan bölgede, en büyük iletim demeti bulunmaktadır. Yaprak mezofilinin orta kısmını yer yer kıvrımlı çeperli geniş parenkimatik hücreler doldurmaktadır. Ancak yaprağın alt kısmındaki mezofil hücreleri kloroplast bulundurmaktadır. Üst epiderminin altında ve özellikle iletim demetleri dışında sklerenkimatik lifler mevcuttur. Mezofil tabakasındaki hücrelerde özelleşme görülmemekte, yani yaprak unifasiyaldir. İletim demetleri kapalı kolleteral tipte olup, kambiyum bulundurmaz. Kloroplast içeren, yuvarlak ve silindiriğe yakın hücrelerden oluşan mezofil dokusu içinde, özellikle orta damar bölgesinde iletim demetleri tek sıra halinde yer alır. İletim demetlerinde adaxial tarafta ksilem, abaxial tarafta floem bulunmaktadır. İletim demetleri, özellikle genç iletim demetlerinin etrafında belirgin olmak üzere kloroplast içeren demet kını hücreleriyle çevrelenmektedirler (Şekil 24). Ayrıca alt ve üst epidermiste de stomalar vardır, yani yaprak amfistomatiktir. Bitkinin familyası gereği stomalar gramineae tipidir (Şekil 25).

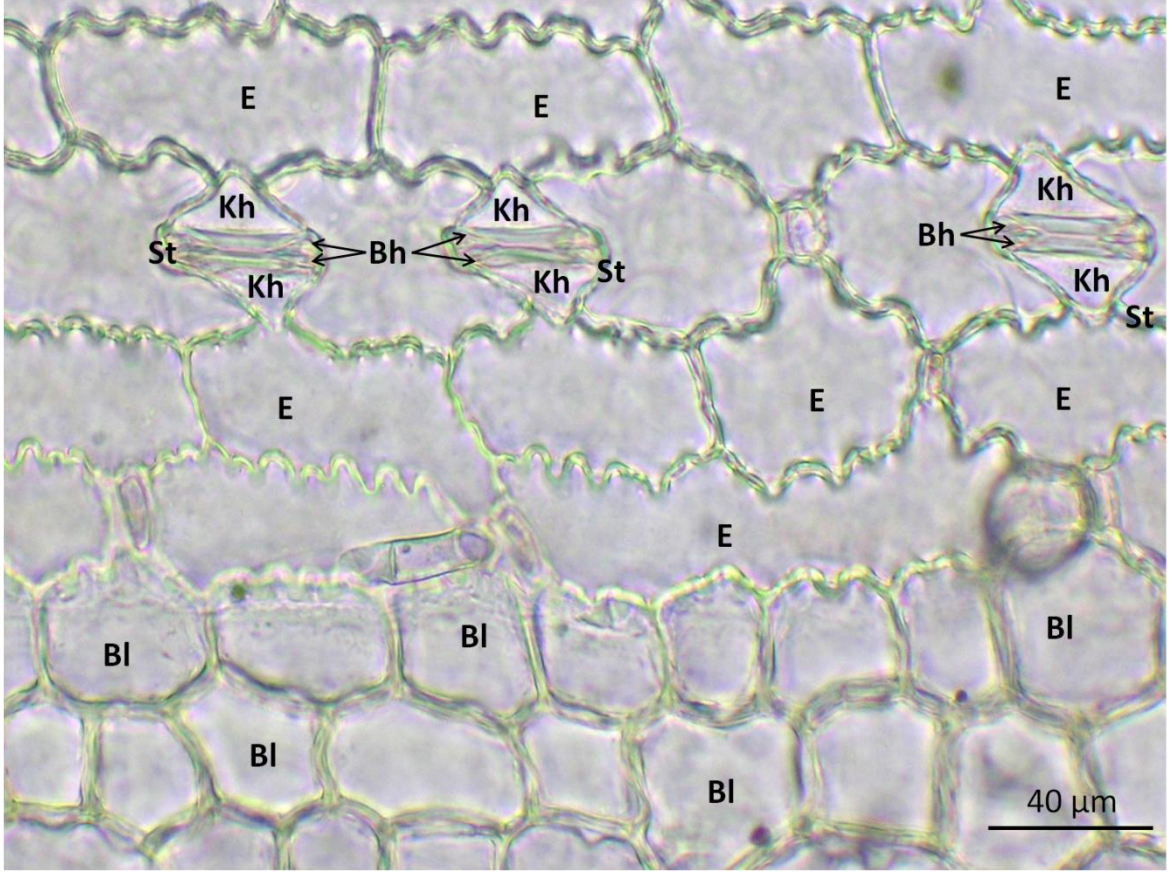




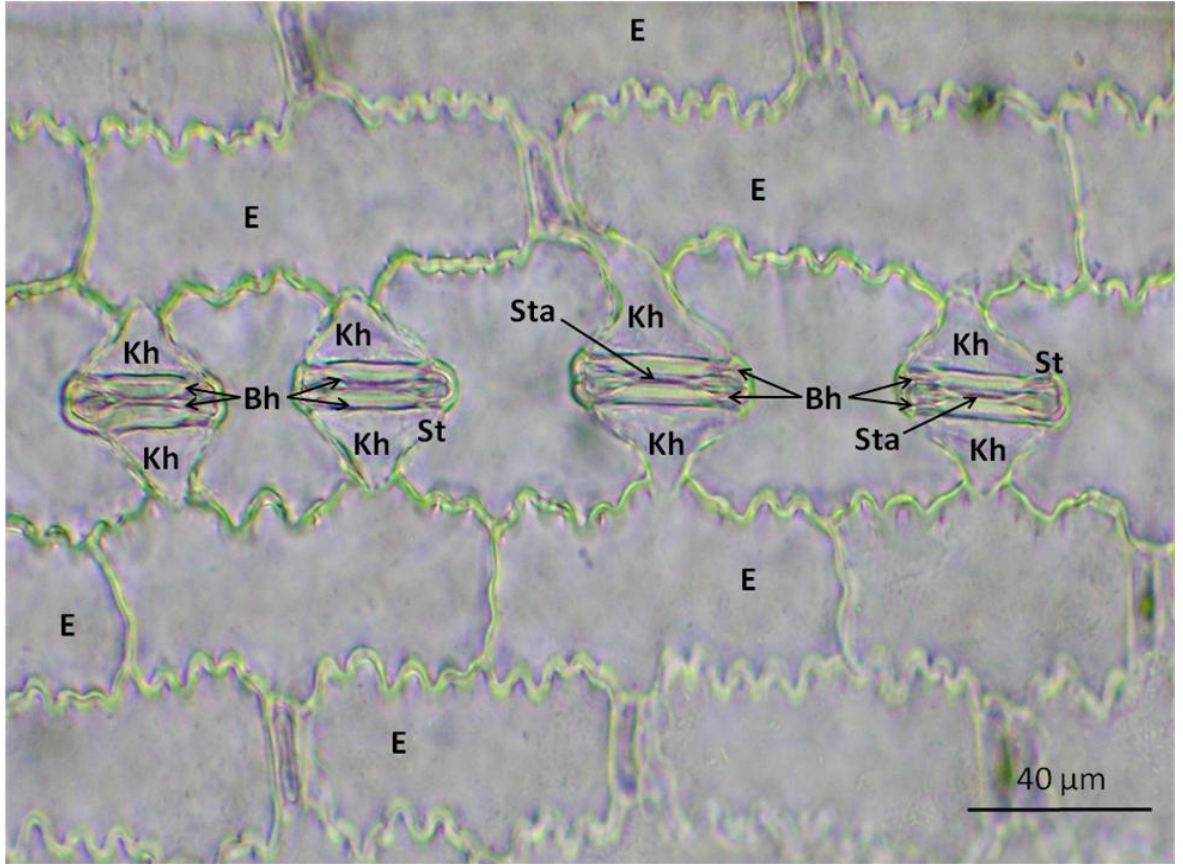
Şekil 25. Kontrol grubunda mısır yaprağı enine kesitinde iletim demetleri (Özgün) (E: Epidermis, Ku: Kutikula, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Stb: Stoma altı boşluğu, Sk: Sklerenkima, Me: Mezofil, Dk: Demet kını hücresi, Kl: Kloroplast, Ks: Ksilem, Fl: Floem, P: Parenkima).

Ayrıca yapraktan alınan yüzeysel kesitlerde, her iki yüzeyde ondüveli çeperli de epidermis hücreleri ve gramineae tipi stomaların görünüşleri belirlenmiştir (Şekil 26, 27 ve 28). Burada ince çeperli, geniş vakuollü, yapılarında su depo eden ve turgor değişiklikleriyle olgun yaprakların higroskopik açılıp kapanmasında görevli bulliform hücrelerinin dizilişi ve görünümü ortaya çıkarılmıştır (Şekil 26).



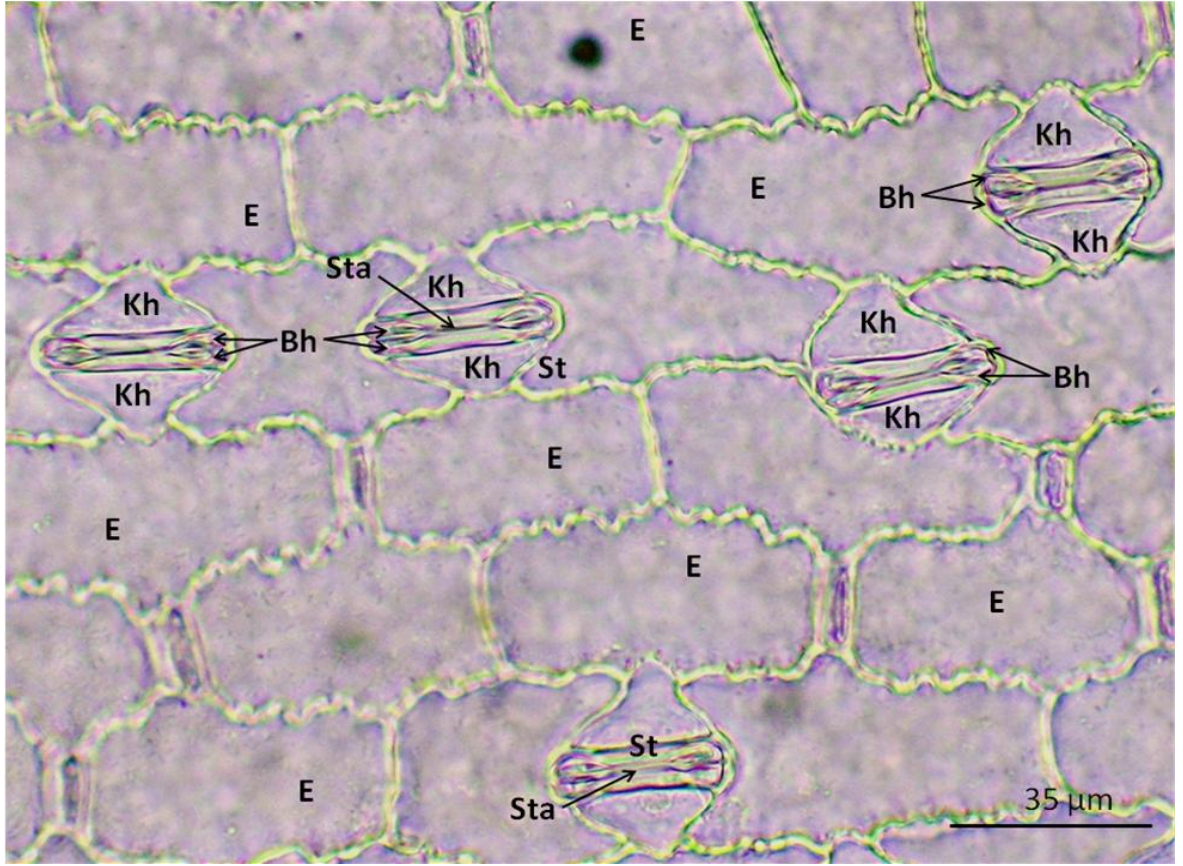


Şekil 26. Kontrol grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesiti (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Bl: Bulliform hücresi).



Şekil 27. Kontrol grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesitinde stomalar (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Sta: Stoma açıklığı).





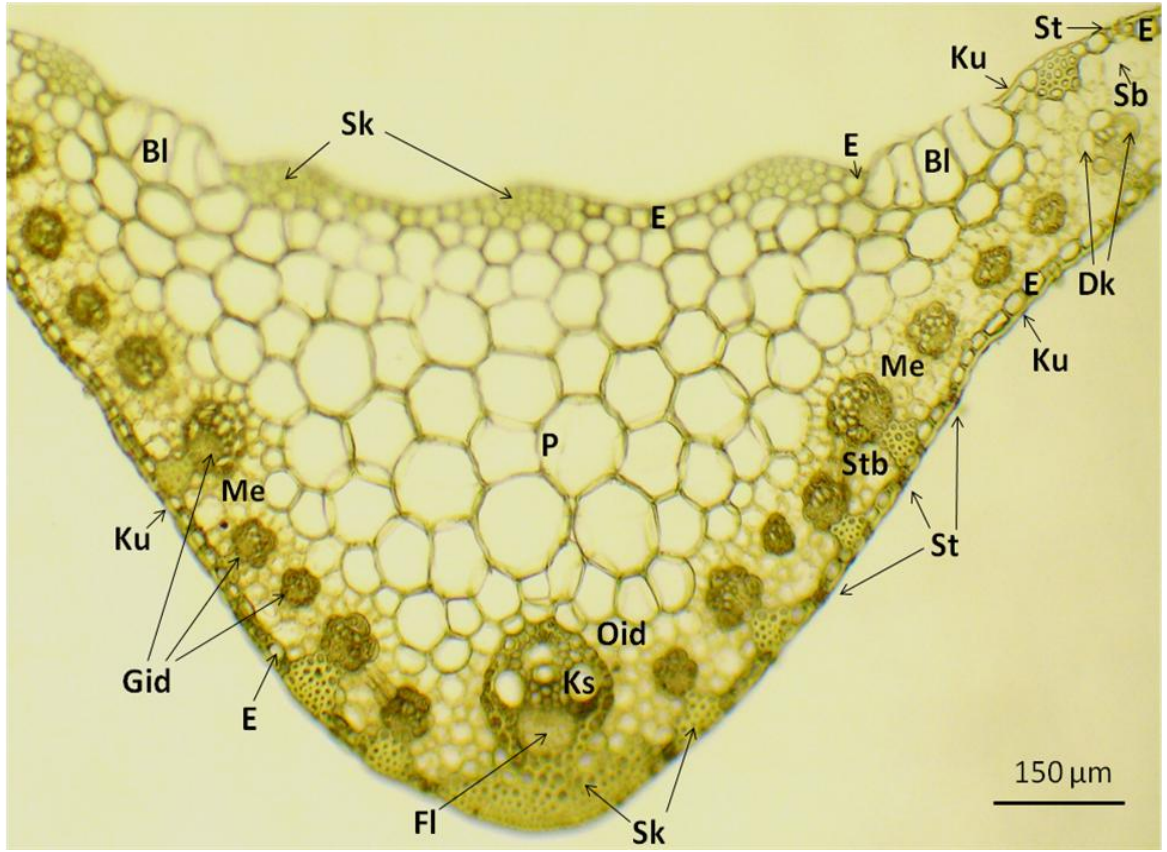
Şekil 28. Kontrol grubunda mısır yaprağı alt yüzey kesitinde stomalar (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Sta: Stoma açıklığı).

#### **4.3.1.2. 40 g Taban Külü Uygulama Grubu Yaprakta Anatomik Bulgular**

40 g taban külü uygulama grubunda, orta damara yakın bölgeden alınan yaprak enine kesitinde, üst epidermis, sklerenkimatik liflerin bulunduğu bölgelerde küçülen, sklerenkimatik liflerin olmadığı ve bulliform hücrelerine yakın bölgelerde ise irileşen yassı ve yuvarlak hücrelerden oluşmaktadır. Alt epidermiste, çoğunlukla yassı ve üst epidermise nazaran daha küçük hücrelerden oluşmakla birlikte yuvarlak şekilli iri hücreler de bulunmaktadır. Her iki epidermisinde üzeri kalın kutikula tabakasıyla örtülüdür. Üst epidermiste kalın çeperli bulliform hücreleri bulunmaktadır. Bu hücreler yaprağın içe doğru katlanmasında görevli olup daha çok silindirik şekillere sahiplerdir. Orta damara rastlayan bölgede, en büyük iletim demeti bulunmaktadır. Yaprak mezofilinin orta kısmını düzgün çeperli geniş parenkimatik hücrelerin doldurduğu ve kloroplast bulunduran mezofil hücrelerinin alt epidermise doğru indirgendiği görülmüştür. Yaprığın üst epidermisinin hemen altında ve alt kısımda ise özellikle olgunlaşma gösteren iletim demetleri dışında

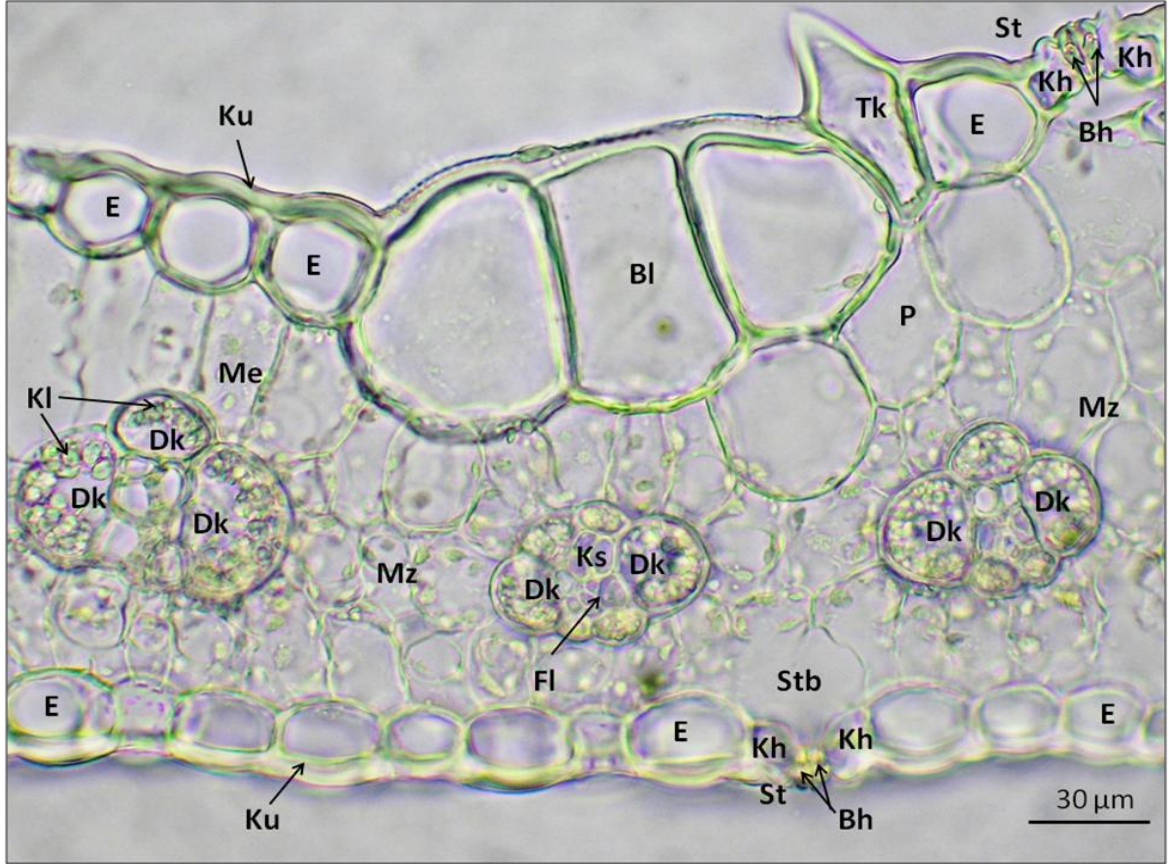
#### **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

sklerenkimatik lifler yoğunluğunun arttığı belirlenmiştir. Yaprak unifasiyaldır. İletim demetleri kapalı kolleteral tipte olup, kambiyum bulundurmaz. Kloroplast içeren, yuvarlak ve silindiriğe yakın hücrelerden oluşan mezofil dokusu içinde iletim demetleri yaprak genelinde tek sıra halinde yer alır. Bu özellikle orta damar bölgesinde alt epidermise yakın kısımda görülmektedir. İletim demetlerinde adaxial tarafta ksilem, abaxial tarafta floem bulunmaktadır. İletim demetlerini çevreleyen demet kını hücrelerinin kloroplast içeriğinde bir artış tespit edilmiştir (Şekil 29). Yaprak amfistomatiktir ve stomalar gramineae tipidir (Şekil 30).



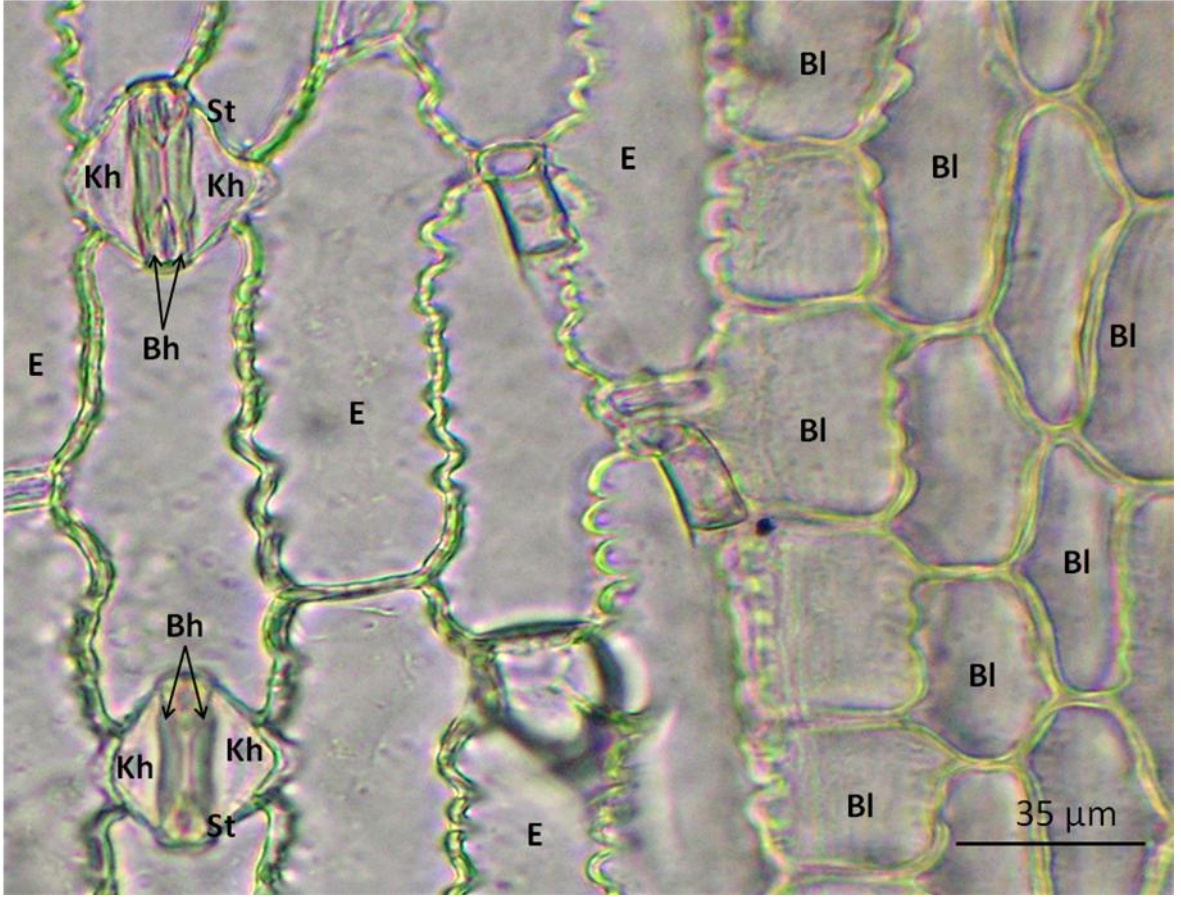
Şekil 29. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesiti (Özgün) (E: Epidermis, Ku: Kutikula, St: Stoma, Stb: Stoma altı boşluğu, Sk: Sklerenkima, Bl: Bulliform hücre, Me: Mezofil, Oid: Olgun iletim demeti, Gid: Genç iletim demetleri, Dk: Demet kını hücresi, Ks: Ksilem, Fl: Floem, P: Parenkima).





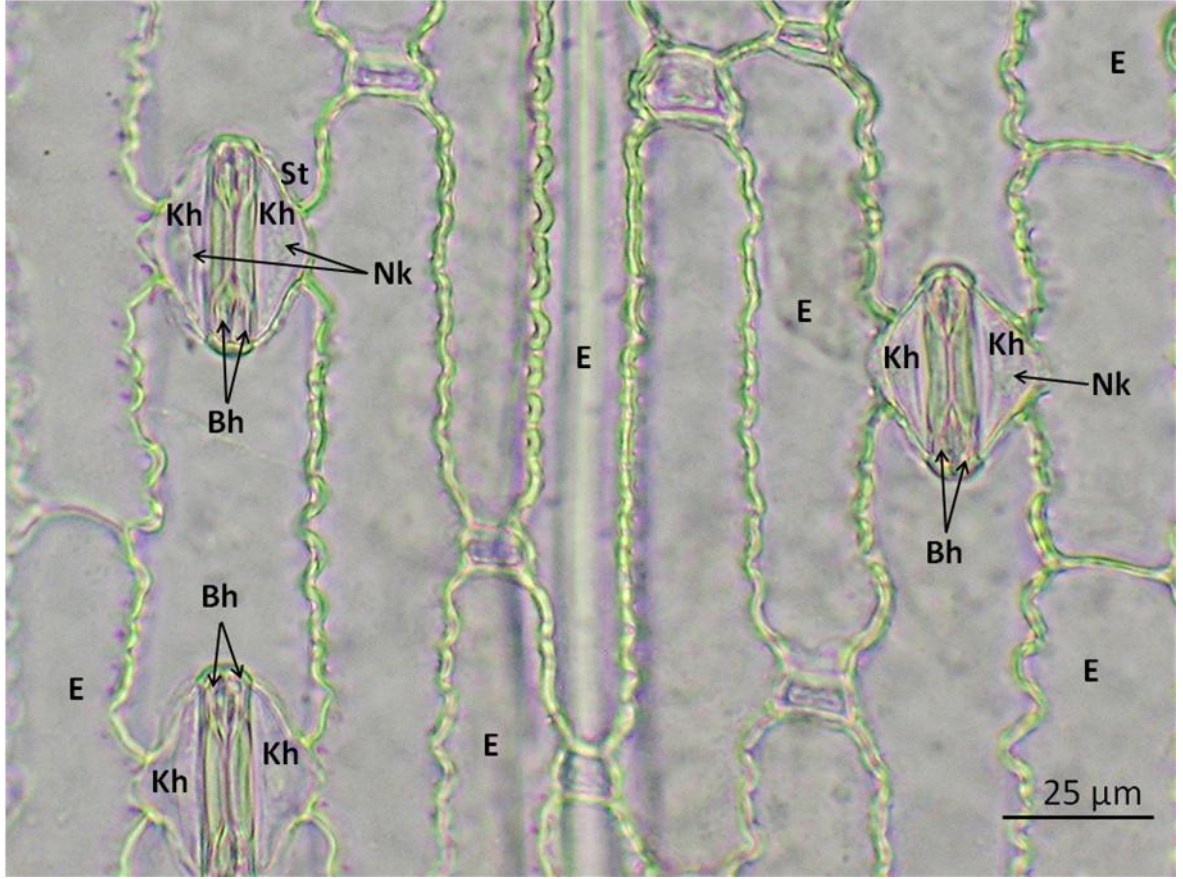
Şekil 30. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesitinde iletim demetleri (Özgün) (E: Epidermis, Ku: Kutikula, Bl: Bulliform hücre, Tk: Trikom, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücre, Stb: Stoma altı boşluğu, Ks: Sklerenkima, Me: Mezofil, Kl: Kloroplast, Dk: Demet kımı hücre, Ks: Ksilem, Fl: Floem, P: Parenkima).

Yapraktan alınan yüzeysel kesitler incelendiğinde, her iki yüzeyinde önceki gruba göre çeperlerindeki ondülesi azalan epidermis hücreleri ve bu hücrelerin arasında gramineae tipi stomalar görülmüştür (Şekil 31, 32 ve 33). Buna ilaveten kalın çeperli, geniş vakuollü, silindirik veya dörtgene yakın şekillere sahip bulliform hücreleri görülmektedir (Şekil 31).

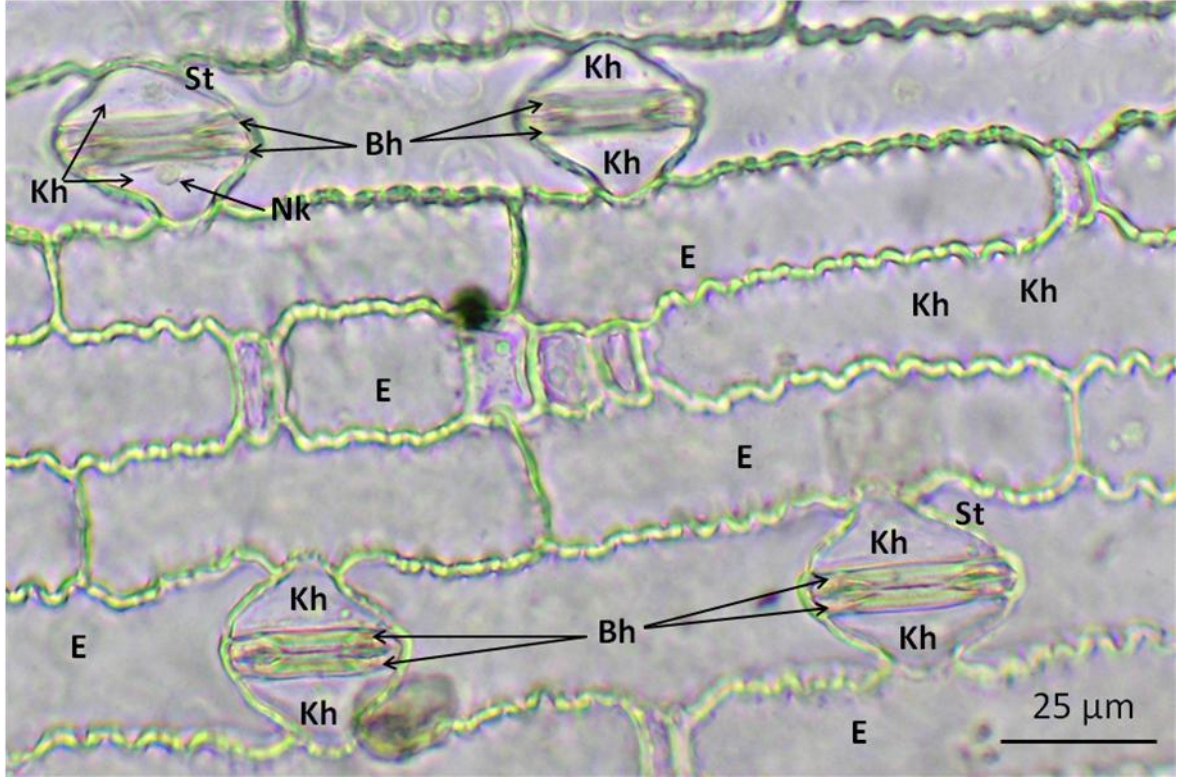


Şekil 31. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesiti (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Bl: Bulliform hücresi).





Şekil 32. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesitinde stomalar (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Nk: Nukleus).



Şekil 33. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı alt yüzey kesitinde stomalar (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Nk: Nukleus).

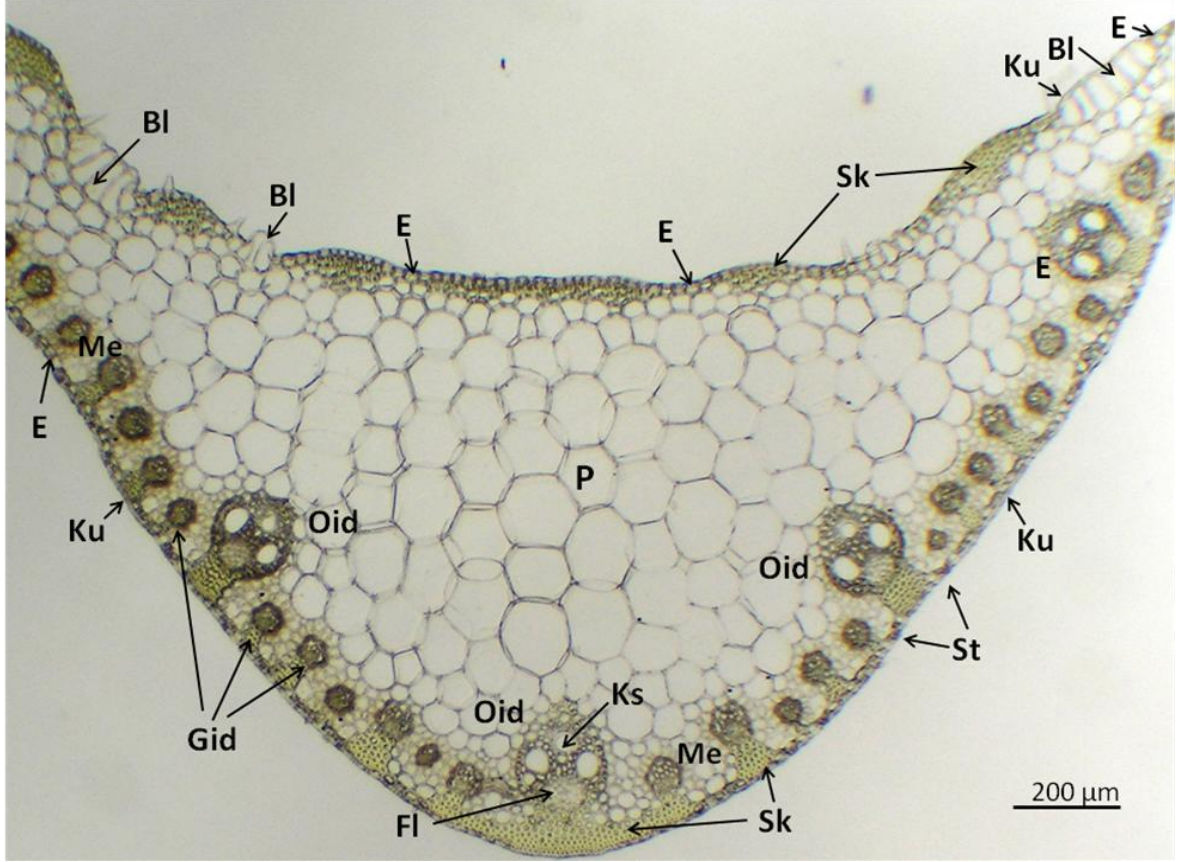
#### **4.3.1.3. 80 g Taban Külü Uygulama Grubu Yaprakta Anatomik Bulgular**

80 g kül uygulama grubundan alınan yaprak enine kesitinde orta damar bölgesi görülmekte olup, bu kesit incelendiğinde üst epidermisin, çoğunlukla yuvarlak, kimi yerlerde yassı hücrelerden oluştuğu görülmektedir. Bulliform hücrelerine yakın bölgelerde ise hücreler irileşmektedir. Alt epidermis ise üst epidermis hücrelerinden daha küçük, çoğunlukla yuvarlak ve az sayıda yassı hücrelerden oluşmaktadır. Her iki epidermisin üzeri, bir önceki gruba karşılaştırıldığında kalınlığı gitgide artan kutikula tabakasıyla örtülüdür. Üst epidermiste çoğunlukla silindirik şekilli kalın çeperli bulliform hücreleri bulunmaktadır. En büyük iletim demeti yaprağın orta damar kısmında bulunmaktadır. Yaprığın üst epidermisinin altında ve özellikle iletim demetlerinin alt kısmında, önceki gruba nazaran gelişimi gitgide artan sklerenkimatik lifler mevcuttur. Yaprak mezofilinin orta kısmını geniş parenkimatik hücreler doldurmaktadır. Yaprığın alt epidermise yakın kısmındaki kloroplast bulunduran mezofil hücrelerinde indirgenme artmaktadır. Yaprak unifasyaldir. İletim demetleri kapalı kolleteral tipte olup, kambiyum bulundurmaz. Yuvarlak ve silindiriğe yakın, kloroplast içeren hücrelerden oluşan mezofil dokusu içinde,

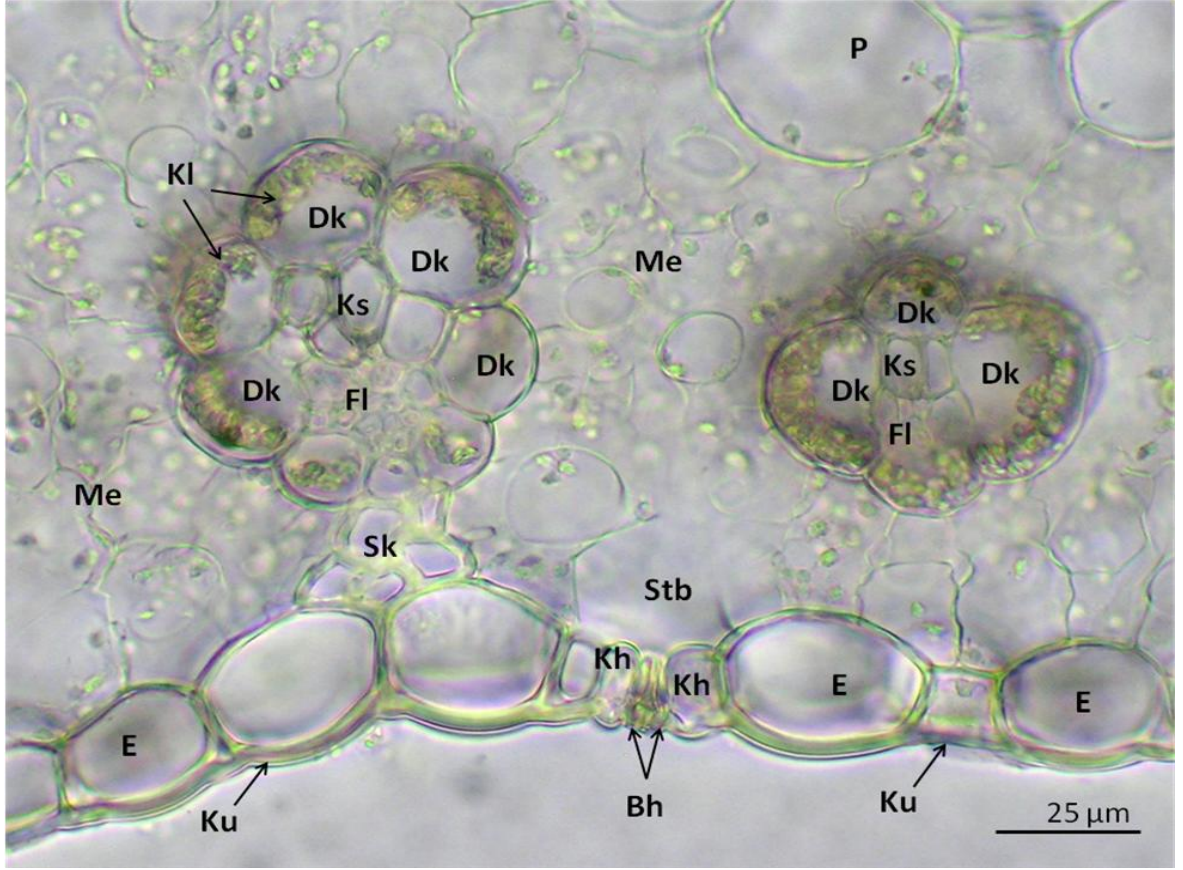


#### **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

özellikle orta damar bölgesinde iletim demetleri tek sıra halinde yer alır. İletim demetlerinde ksilem adaxial, floem abaxial tarafta bulunmaktadır. Demet kını hücrelerindeki kloroplast sayısında bir önceki gruba göre artış görülmektedir (Şekil 34). Yaprak amfistomatiktir ve stomalar gramineae tiptedir (Şekil 35).

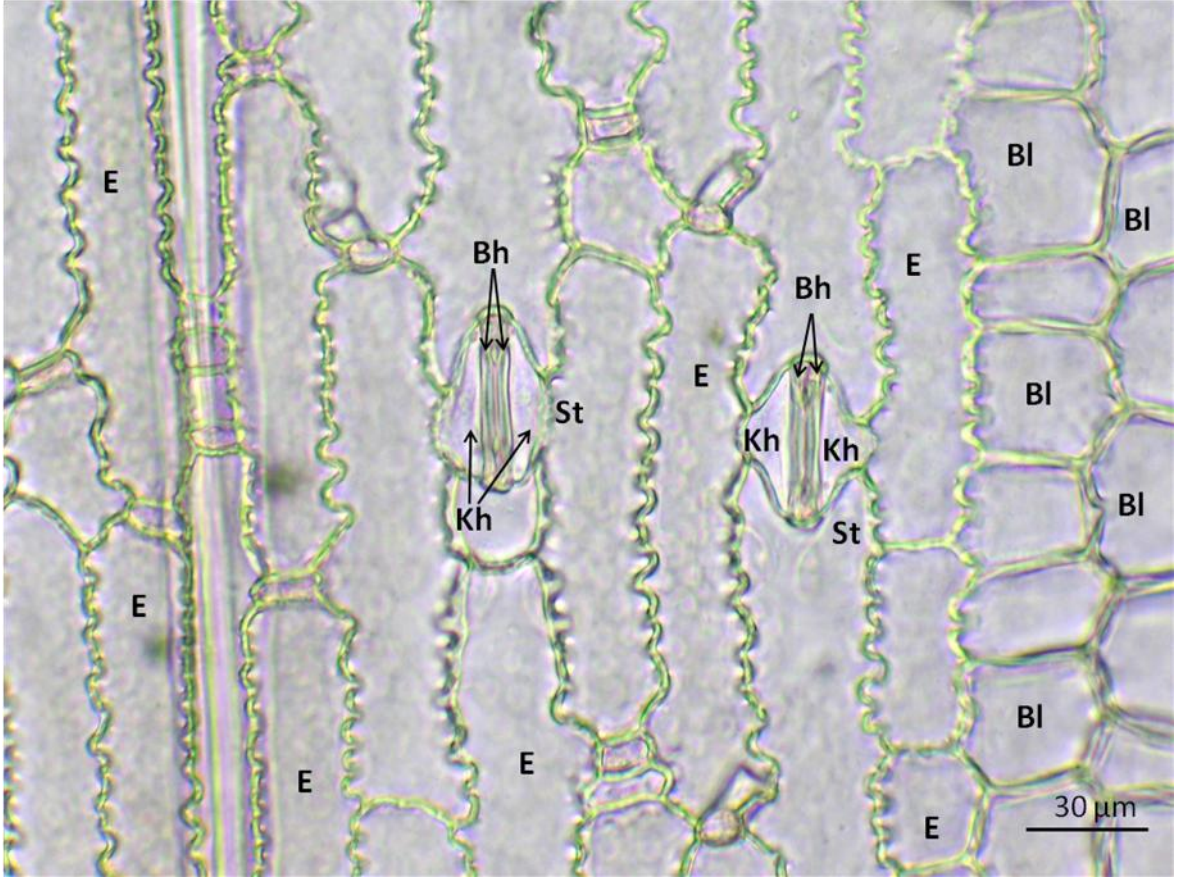


Şekil 34. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesiti (Özgün) (E: Epidermis, Ku: Kutikula, St: Stoma, Sk: Sklerenkima, Bl: Bulliform hücre, Me: Mezofil, Oid: Olgun iletim demeti, Gid: Genç iletim demetleri, Ks: Ksilem, Fl: Floem, P: Parenkima).



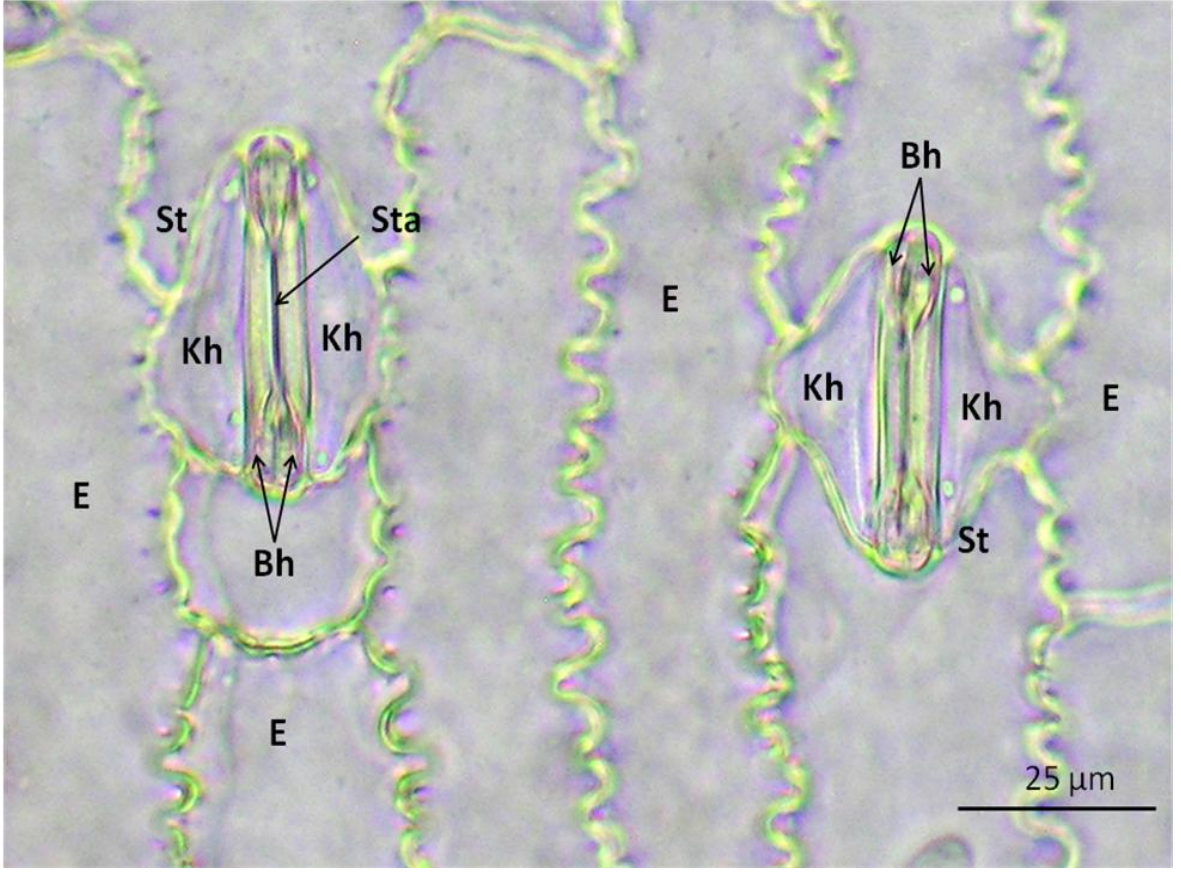
Şekil 35. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesitinde iletim demetleri ve stoma (Özgün) (E: Epidermis, Ku: Kutikula, Bl: Bulliform hücresi, Tk: Trikom, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Stb: Stoma altı boşluğu, Sk: Sklerenkima, Me: Mezofil, Kl: Kloroplast, Dk: Demet kını hücresi, Ks: Ksilem, Fl: Floem, P: Parenkima).

Yapraktan alınan yüzeysel kesitlerde görüldüğü üzere, her iki yüzeyde ondüveli çeperli epidermis hücrelerinin ve gramineae tipi stomaların görünümü tespit edilmiştir (Şekil 36, 37 ve 38). Üst epidermiste bulunan bulliform hücreleri, alınan üst yüzey kesitlerinde bariz bir şekilde görülmektedir (Şekil 36).

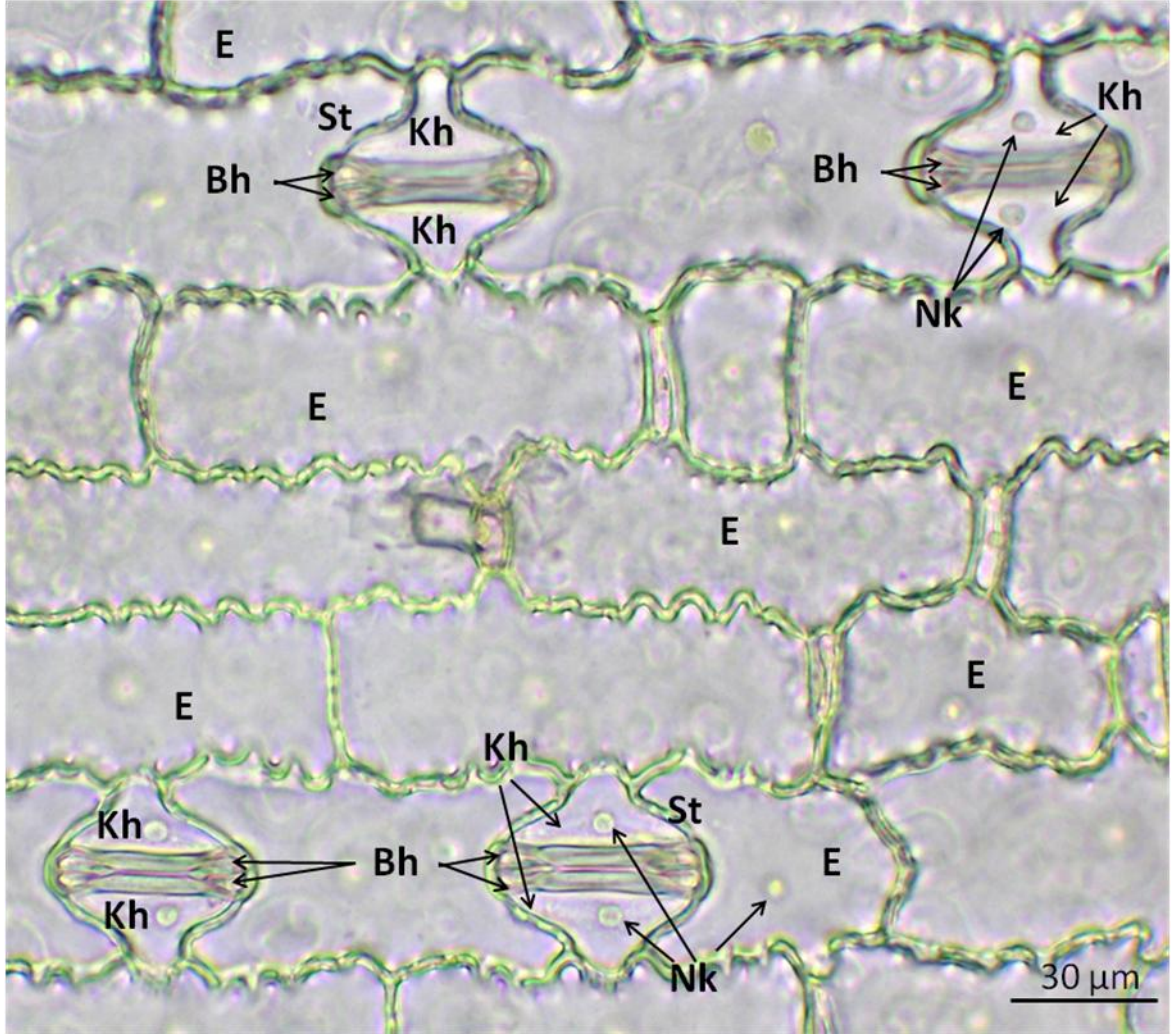


Şekil 36. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesiti (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Bl: Bulliform hücresi).





Şekil 37. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesitinde stomalar (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Sta: Stoma açıklığı, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi).



Şekil 38. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı alt yüzey kesitinde stomalar (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Nk: Nukleus).

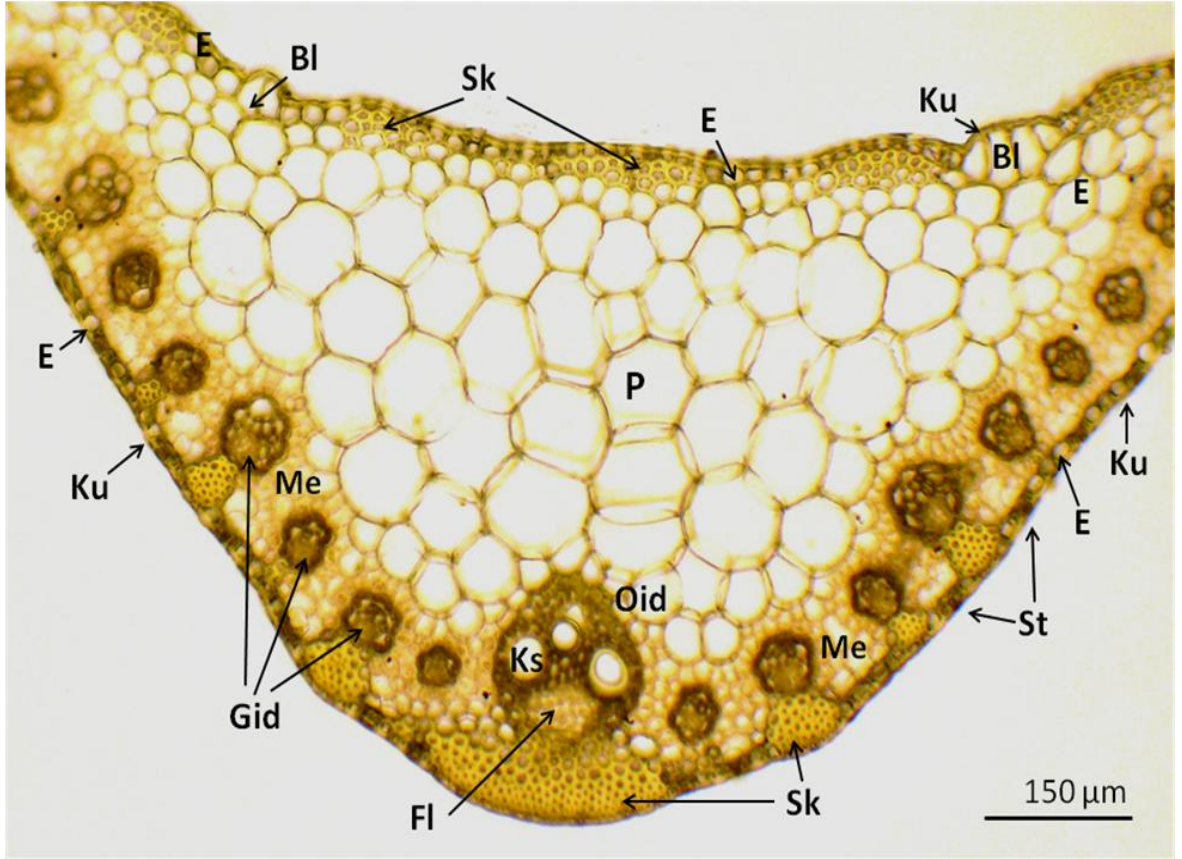
#### **4.3.1.4. 160 g Taban Külü Uygulama Grubu Yaprakta Anatomik Bulgular**

160 g kül uygulama grubunda yaprağın orta damar bölgesinden alınan enine kesitte üst epidermisin, genelde yuvarlak, nadiren yassı hücrelerden oluştuğu görülmektedir. Bulliform hücrelerine yakın bölgelerde ise hücreler irileşmektedir. Alt epidermis ise üst epidermis hücrelerinden daha küçük olan ve giderek küçülen, çoğunlukla yuvarlak hücrelerden meydana gelmektedir. Her iki epidermisin üzeri kalın artış görülen kutikula tabakasıyla örtülüdür. Üst epidermiste çoğunlukla silindirik şekilli bulliform hücreleri bulunmaktadır. En büyük iletim demeti, orta damara rastlayan kısımda bulunmaktadır. Üst epidermisinin hemen altında ve özellikle iletim demetleri ile alt epidermis arasında gittikçe gelişen sklerenkimatik lifler bulunmaktadır. Yaprak mezofilinin orta kısmı, düzgün çepirli

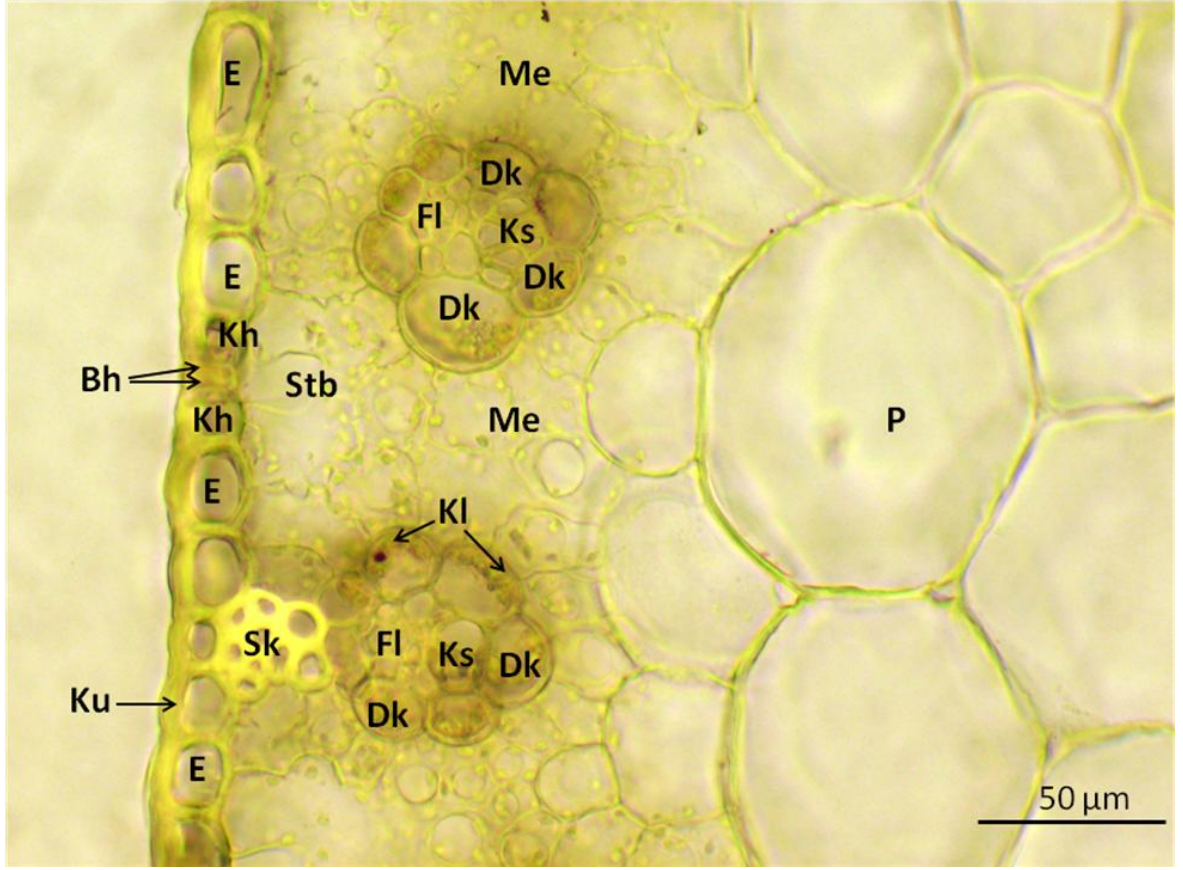


#### **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

geniş parenkimatik hücrelerle doludur. Yaprığın alt epidermisine giderek yakınlaşan mezofil hücreleri kloroplast bulundurmaktadır. Yaprak unifasiyaldir. İletim demetleri kapalı kolleteral tipte olup, kambiyum bulundurmaz. Yuvarlak ve silindiriğe yakın, kloroplast içeren hücrelerden oluşan mezofil dokusu içinde, özellikle orta damar bölgesinde iletim demetleri tek sıra halinde yer alır. İletim demetlerinde ksilem adaxial, floem abaxial tarafta bulunmaktadır. Demet kını hücrelerindeki kloroplast yoğunluğu belirgin bir hal almıştır (Şekil 39). Yaprak amfistomatiktir ve stomalar gramineae tiptedir (Şekil 40).

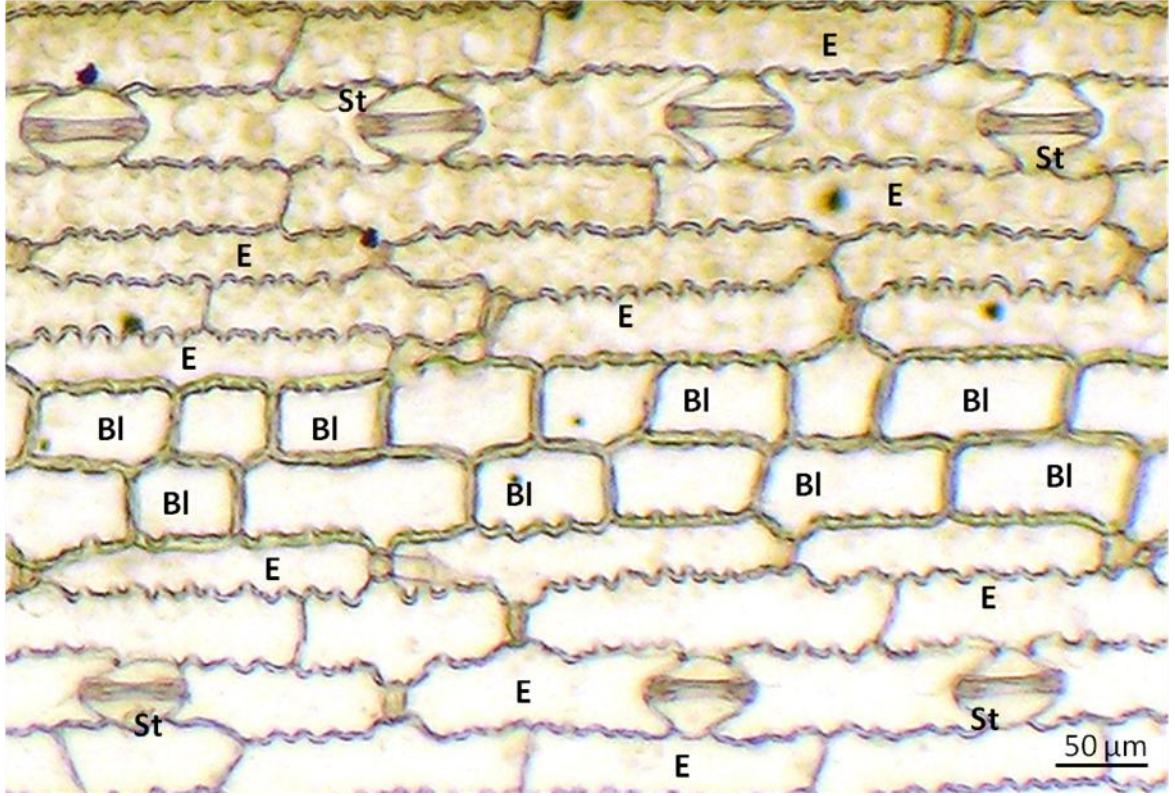


Şekil 39. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesiti (Özgün) (E: Epidermis, Ku: Kutikula, St: Stoma, Sk: Sklerenkima, Bl: Bulliform hücresi, Me: Mezofil, Oid: Olgun iletim demeti, Gid: Genç iletim demetleri, Ks: Ksilem, Fl: Floem, P: Parenkima).



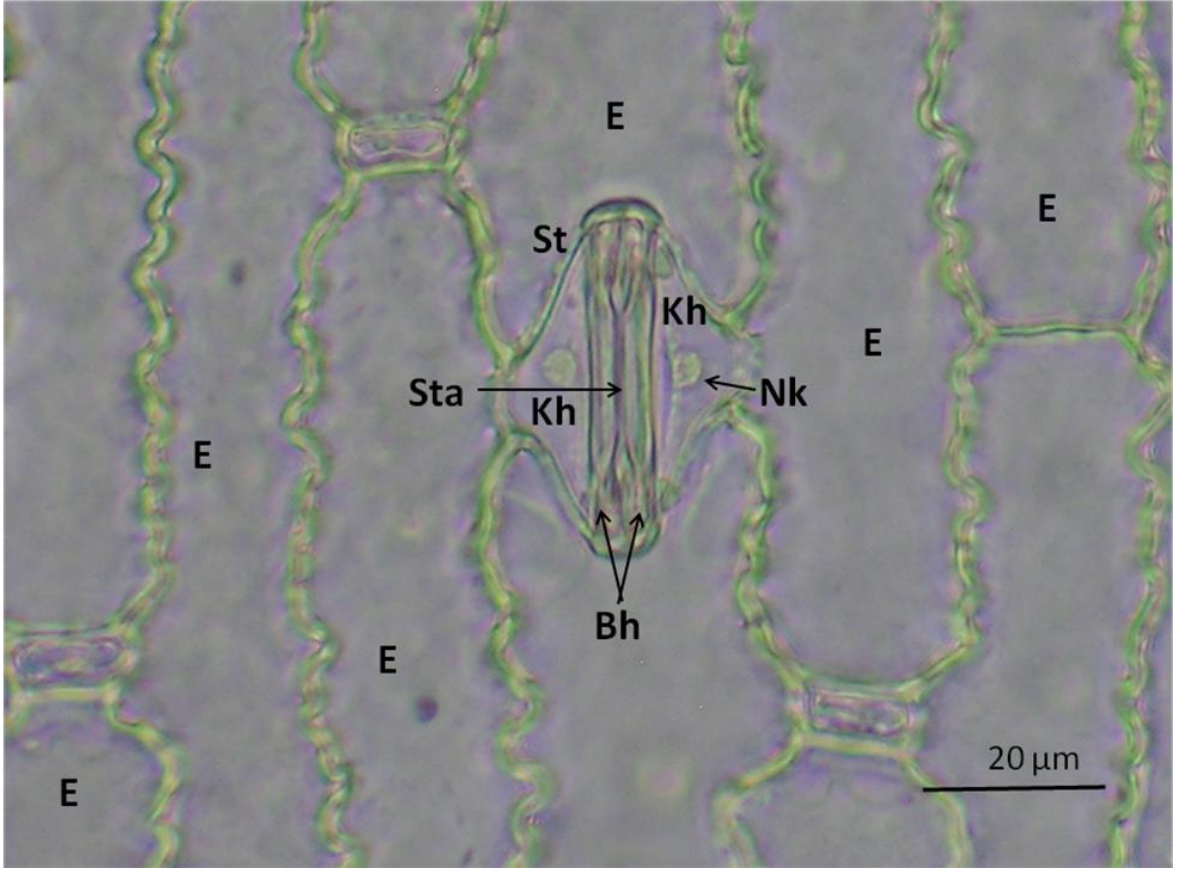
Şekil 40. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesitinde iletim demetleri (Özgün) (E: Epidermis, Ku: Kutikula, Bl: Bulliform hücresi, Tk: Trikom, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Stb: Stoma altı boşluğu, Sk: Sklerenkima, Me: Mezofil, Kl: Kloroplast, Dk: Demet kını hücresi, Ks: Ksilem, Fl: Floem, P: Parenkima).

Yapraktan alınan yüzeysel kesitlerin incelenmesi sonucunda, bol miktarda epidermis hücreleri ve arasında az sayıda gramineae tipi stoma görülmektedir (Şekil 41, 42 ve 43). Ayrıca üst yüzey kesitlerinde çeper yapıları itibariyle daha az ondüveli yapıda epidermis hücreleri ve boyut olarak farklı olan bulliform hücreleri tespit edilmiştir (Şekil 41).

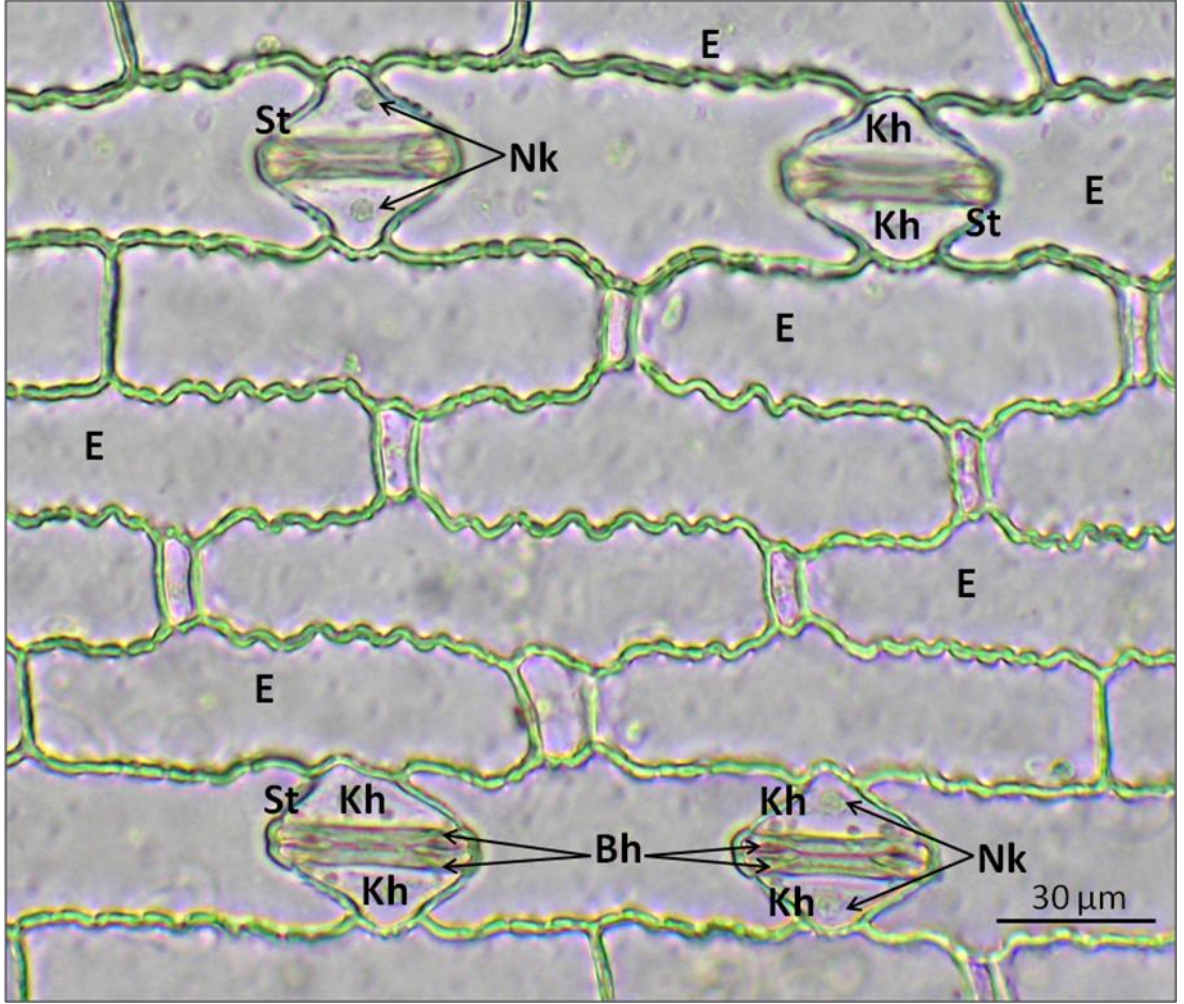


Şekil 41. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesiti (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Bl: Bulliform hücresi).





Şekil 42. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesitinde stomalar (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Sta: Stoma açıklığı, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Nk: Nukleus).



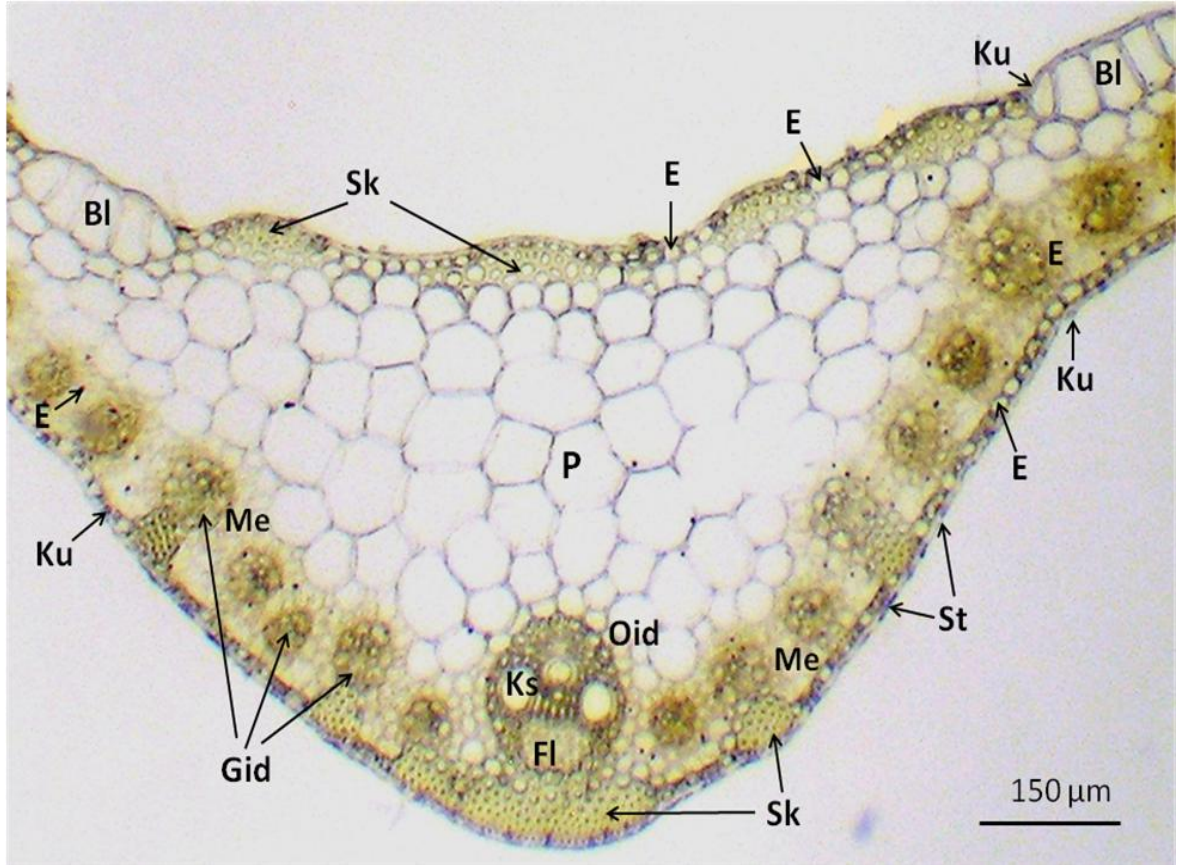
Şekil 43. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı alt yüzey kesitinde stomalar (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Nk: Nukleus).

#### **4.3.1.5. 320 g Taban Külü Uygulama Grubu Yaprakta Anatomik Bulgular**

Bu uygulama grubundan alınan yaprak enine kesitlerinde, orta damar bölgesi incelendiğinde üst epidermisin genelde yuvarlak hücrelerden oluştuğu görülmüştür. Üst epidermis hücreleri, sklerenkimatik liflerin bulunduğu bölgelerde küçülmüş ve yassılaştırmış, silindirik yapıdaki bulliform hücrelerine yakın yerlerde ise irileşmiştir. Alt epidermis hücreleri ise daha küçük, yuvarlak ve yassı şekilli hücrelerdir. Ayrıca alt epidermisin hemen üzerinde ve mezofil dokusu içinde tek sıra halinde bulunan iletim demetlerinin altında, çeperleri gitgide kalınlaşan ve lümenleri iyice daralmış sklerenkimatik liflerin varlığı göze çarpmaktadır. Her iki epidermis, kalınlığındaki artış bariz şekilde görülen kutikula tabakası ile kaplıdır. Yapraktaki en büyük iletim demeti, orta kısımda bulunmaktadır. Yaprak unifasyaldir. Buna ilaveten, yaprak mezofilinin ortasını düzgün

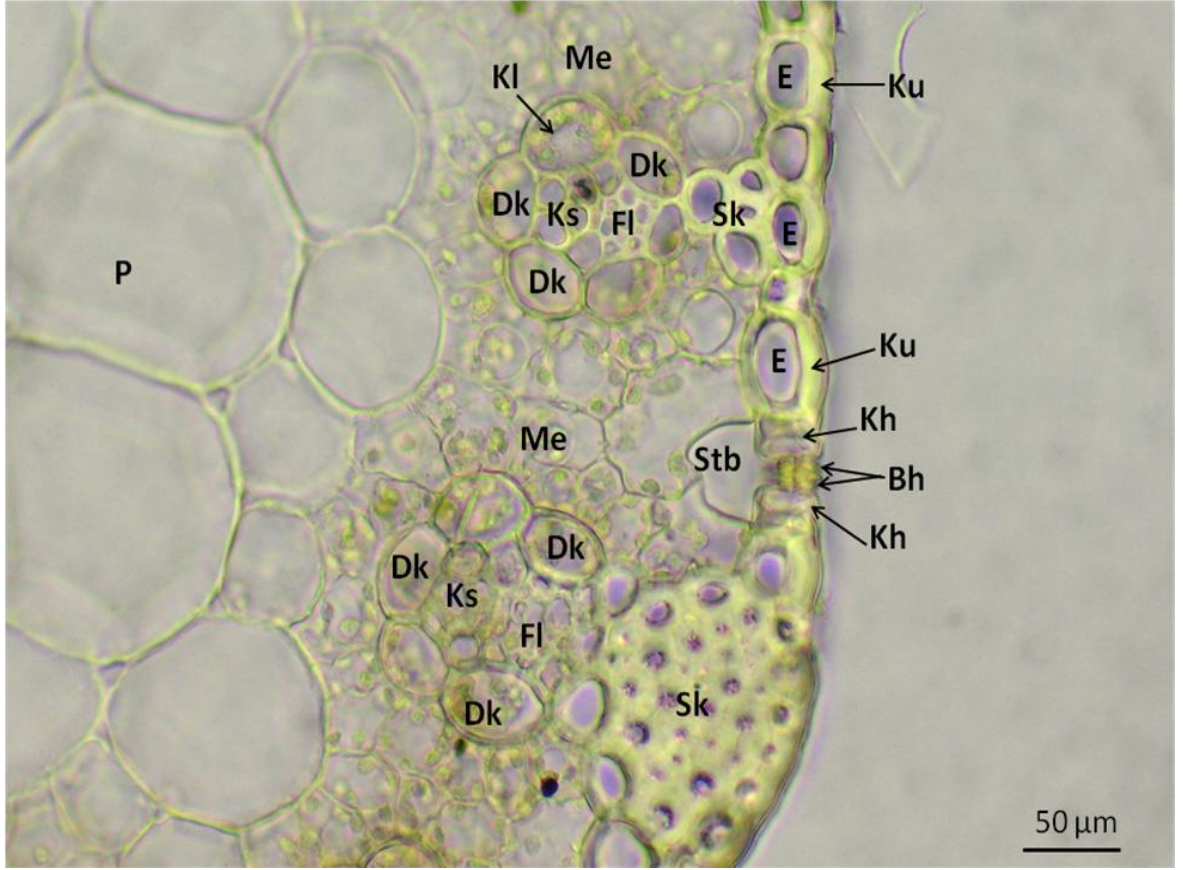
#### **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

çeperli geniş yapılı parenkimatik hücreler işgal etmekte ve alt epiderminin hemen üzerinde bulunan, yuvarlak veya silindiriğe yakın hücrelerden oluşan ve kloroplast içeren mezofil dokusunu alt epidermise doğru sıkıştırmaktadır. Bu dokuda bulunan iletim demetleri kapalı kollateral yapıya sahip olup, kambiyum bulundurmazlar. İletim demetlerinde, yaprağın adaxial tarafına bakan kısımda ksilem, abaxial tarafına bakan kısımda floem bulunmaktadır. Demet kını hücrelerinin kloroplast içeriğindeki artış belirgin şekildedir (Şekil 44). Ayrıca amfistomatik özelliğe sahip olan yaprakta, beklenildiği üzere gramineae tipi stomalar bulunmaktadır (Şekil 45).



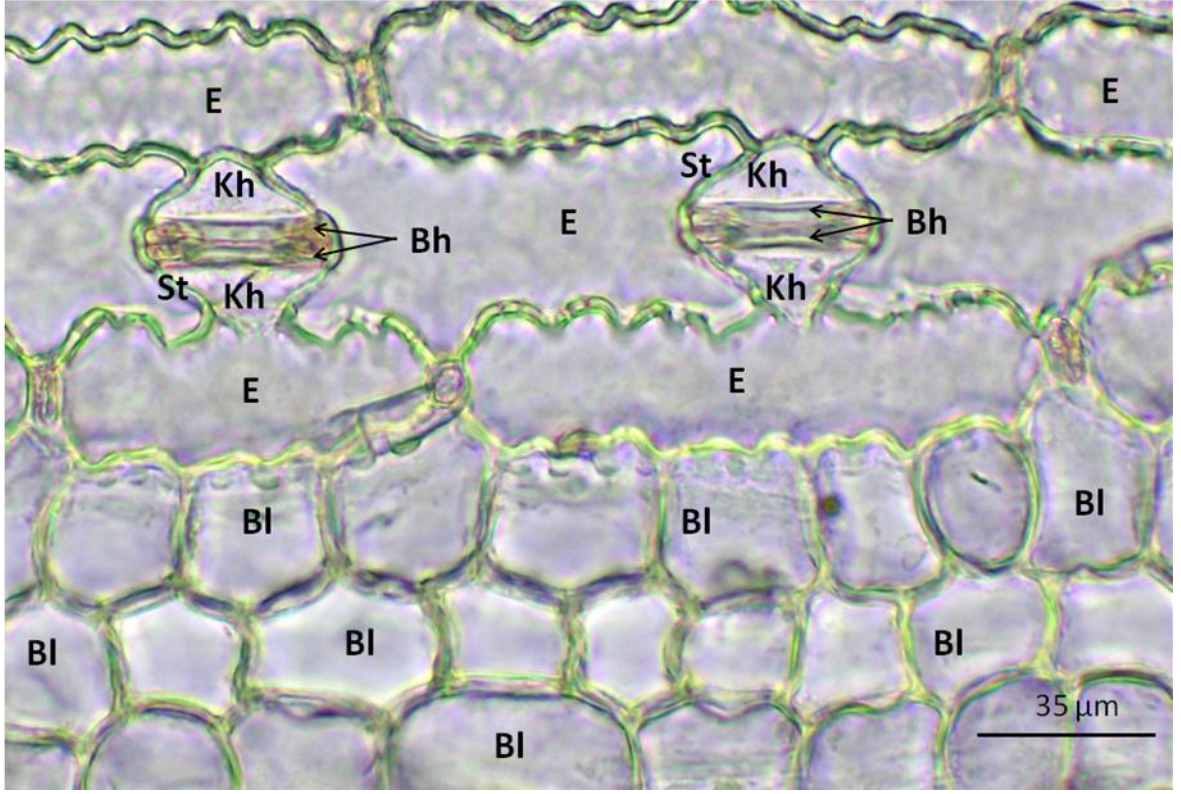
Şekil 44. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesiti (Özgün) (E: Epidermis, Ku: Kutikula, St: Stoma, Sk: Sklerenkima, Bl: Bulliform hücresi, Me: Mezofil, Oid: Olgun iletim demeti, Gid: Genç iletim demetleri, Ks: Ksilem, Fl: Floem, P: Parenkima).





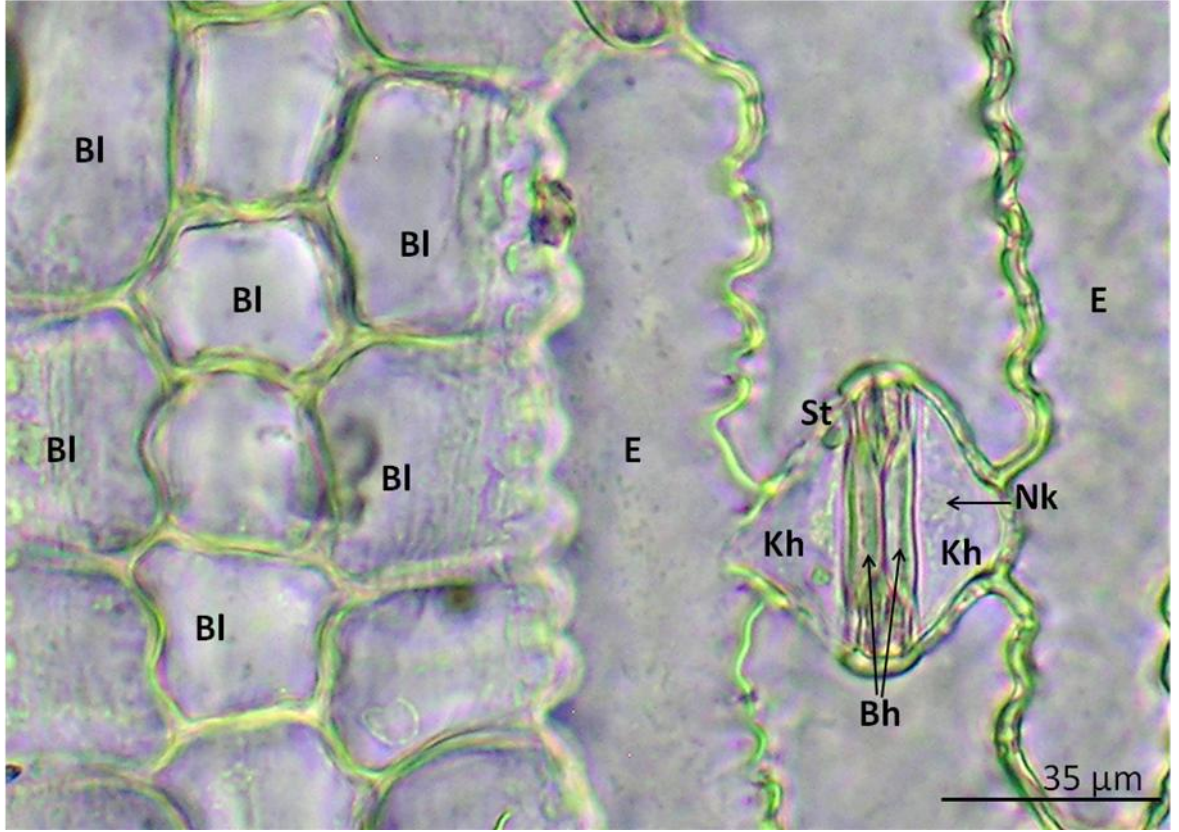
Şekil 45. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesitinde iletim demetleri ve stoma (Özgün) (E: Epidermis, Ku: Kutikula, Bl: Bulliform hücresi, Tk: Trikom, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Stb: Stoma altı boşluğu, Sk: Sklerenkima, Me: Mezofil, Kl: Kloroplast, Dk: Demet kını hücresi, Ks: Ksilem, Fl: Floem, P: Parenkima).

Yapraktan alınan yüzeysel kesitlerin bize gösterdiği gibi, hem alt hem üst yüzeyde ondüleli çeperli epidermis hücreleri arasında az sayıda stomalar tespit edilmiştir (Şekil 46, 47 ve 48). İki yüzey arasındaki en önemli fark ise, üst yüzeyde bulunan bulliform hücreleridir (Şekil 46).

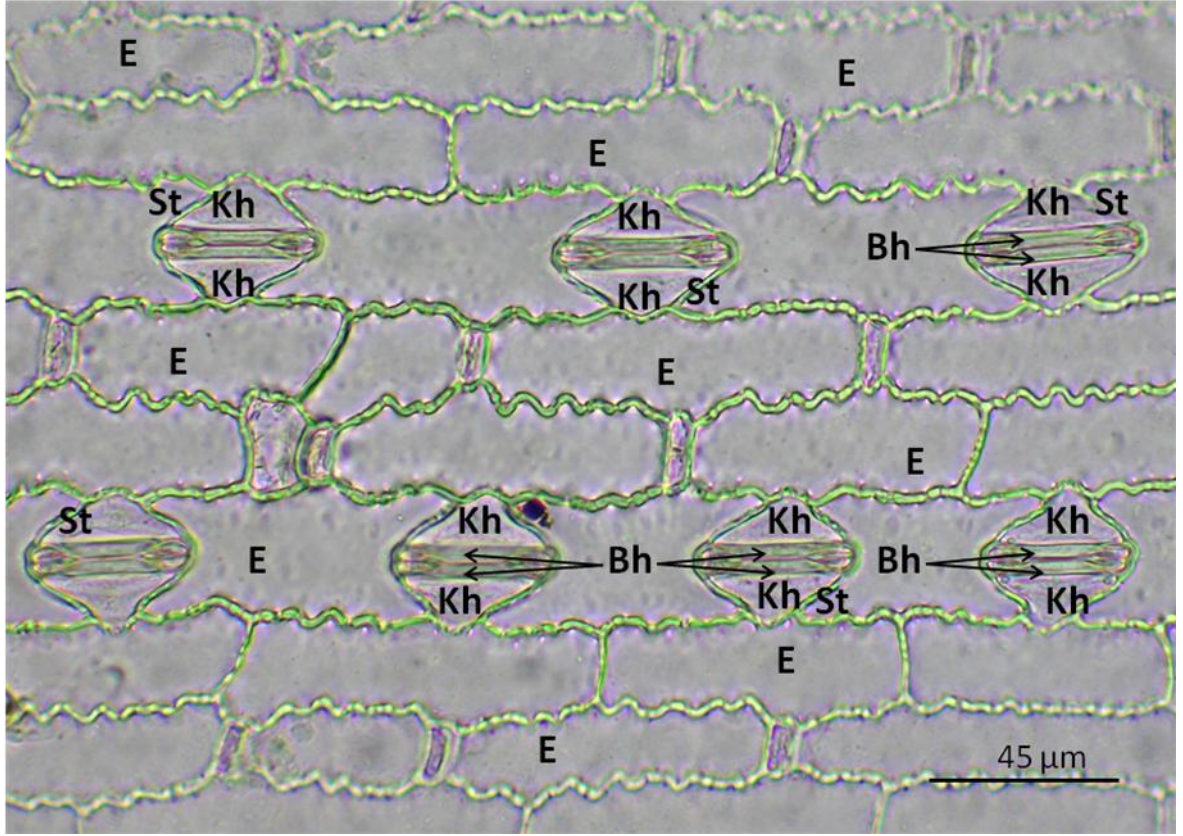


Şekil 46. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesiti (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Bl: Bulliform hücresi).





Şekil 47. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesitinde stoma (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Nk: Nukleus).



Şekil 48. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı alt yüzey kesitinde stomalar (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi).

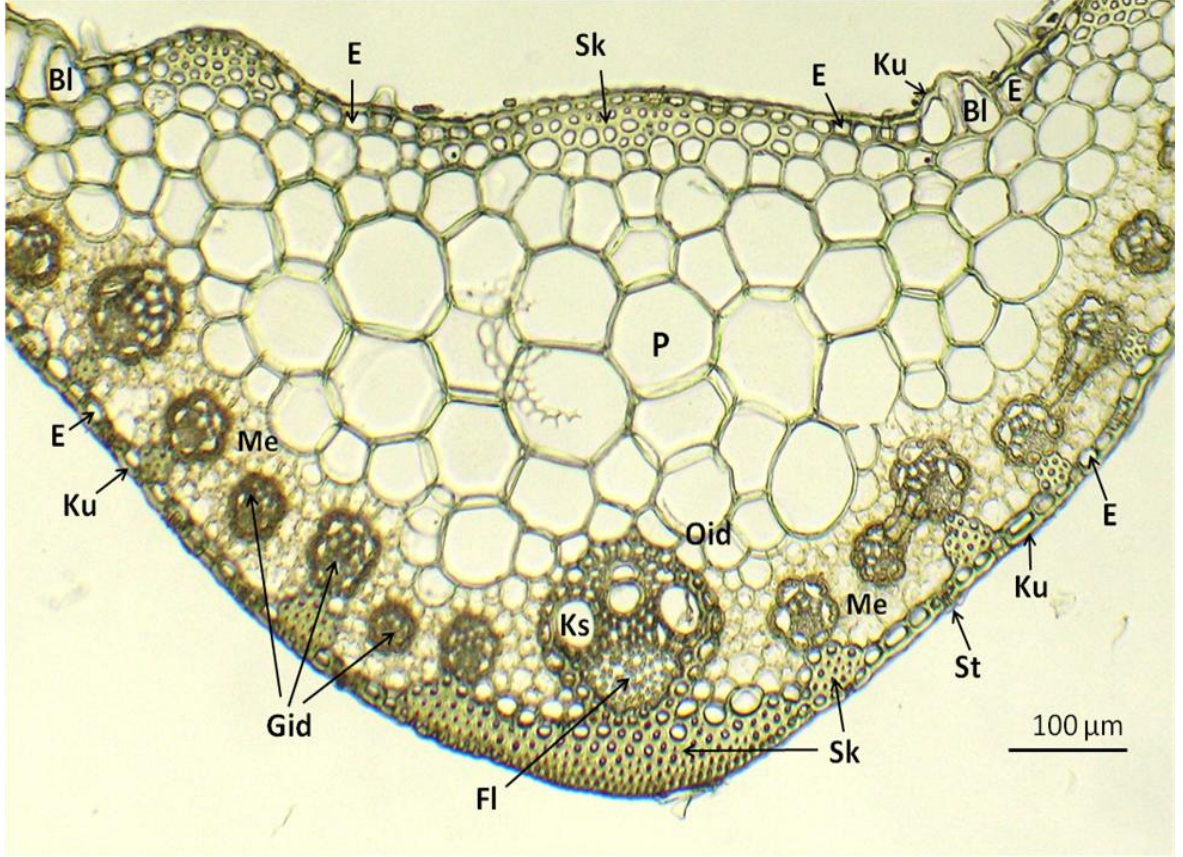
#### **4.3.1.6. 640 g Taban Külü Uygulama Grubu Yaprakta Anatomik Bulgular**

640 g kül uygulanan bu grupta, orta damar bölgesinden alınan enine kesitte üst epidermis hücrelerinin yuvarlak ve yassı şekillere, sklerenkimatik liflerin üzerinde küçülen, bulliform hücreleri yakınlarında irileşen yapılara sahip olduğu belirlenmiştir. Alt epidermis hücreleri, üst epidermis hücreleriyle kıyaslandığında, özellikler sklerenkimatik liflerin bulunduğu kısımlarda daha da küçüldüğü çok belirgin şekilde görülmektedir. Hem üst epidermisin hemen altında hem de alt epidermis ile iletim demetleri arasında sklerenkimatik liflerin çeperlerindeki kalınlaşmanın ve lümenlerindeki daralmanın iyice arttığı ve uygulama grupları arasındaki en gelişmiş seviyeye ulaştığı gözle görülür bir gerçektir. Bulliform hücreleri silindiriğe yakın şekillerde görülmektedir. Yaprığın her iki yüzeyini de kalınlığı iyice artan bir kutikula dokusu kaplamaktadır. Yaprak unifasiyal yapıdadır. Mezofil dokularında özelleşme görülmez. Mezofilin orta kısmında bulunan parenkimatik hücreler uygulama grupları arasındaki en geniş yapıya ulaşmıştır. Alt epidermise yakın bölgeye doğru itelenen mezofil tabakası ise yuvarlak veya silindirimsi

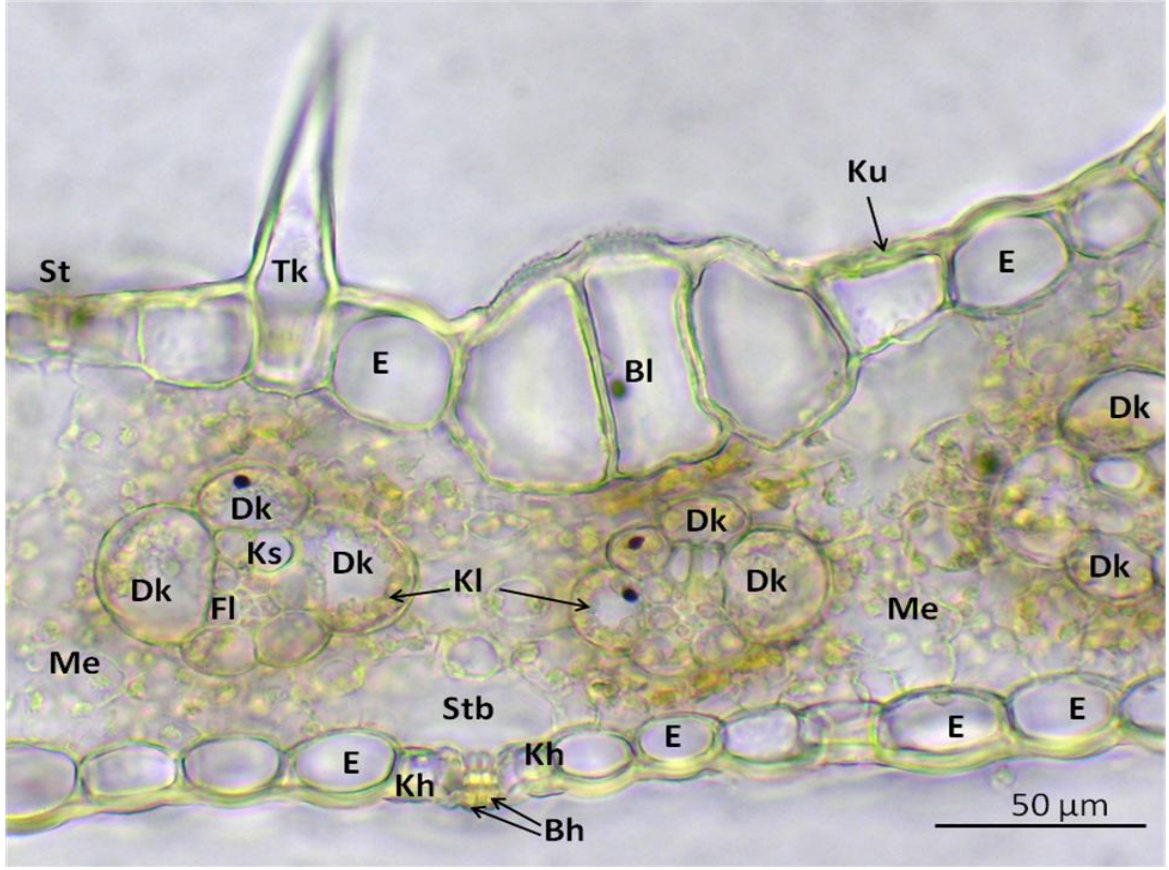


#### **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

hücrelerden oluşan, kloroplast içeren bir yapıya sahiptir. Ayrıca bu mezofil dokusu içinde tek sıra halinde diziliş gösteren iletim demetlerinde, yaprağın adaxial tarafına bakan kısımda ksilem, abaxial tarafta ise floem bulunmaktadır. Demet kını hücrelerinin çok belirgin şekilde kloroplast içerdiği görülmektedir (Şekil 49). Amfistomatik yapıdaki yaprakta gramineae tipi stomalar her iki yüzeyde de mevcuttur (Şekil 50).

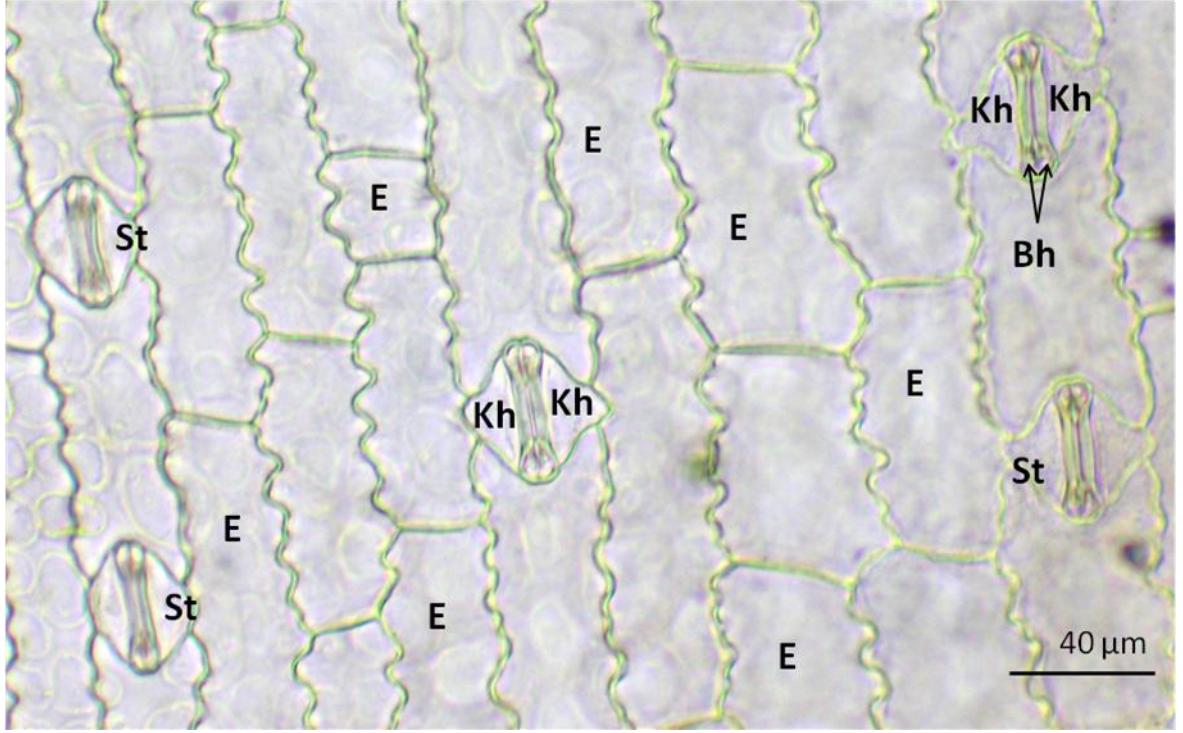


Şekil 49. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesiti (Özgün) (E: Epidermis, Ku: Kutikula, St: Stoma, Sk: Sklerenkima, Bl: Bulliform hücre, Me: Mezofil, Oid: Olgun iletim demeti, Gid: Genç iletim demetleri, Ks: Ksilem, Fl: Floem, P: Parenkima).



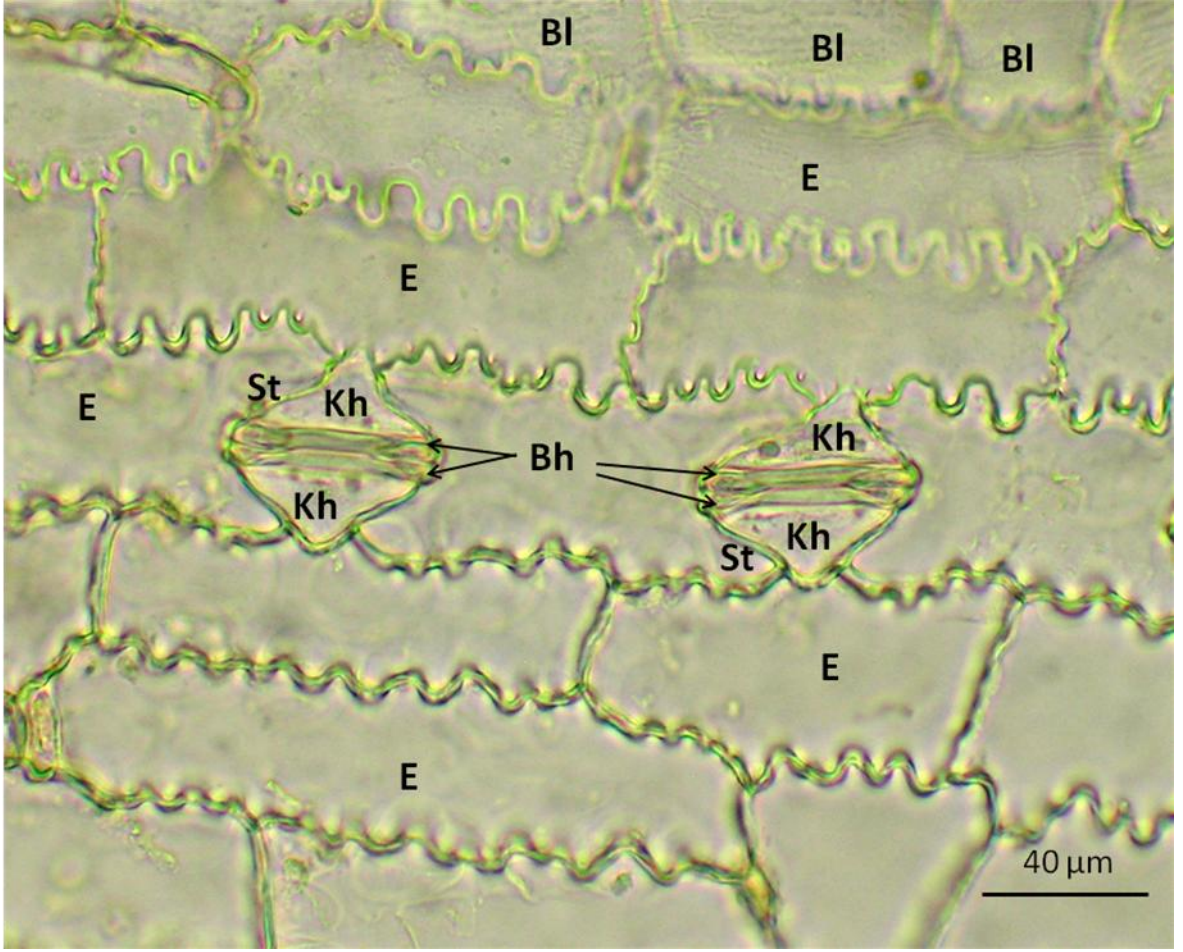
Şekil 50. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesitinde iletim demetleri (Özgün) (E: Epidermis, Ku: Kutikula, Bl: Bulliform hücre, Tk: Trikom, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Stb: Stoma altı boşluğu, Kl: Kloroplast, Me: Mezofil, Dk: Demet kımı hücresi, Ks: Ksilem, Fl: Floem, P: Parenkima).

Yapraktan alınan yüzeysel kesitlerde, her iki yüzeyde ondüleli çeperli epidermis hücreleri arasında gramineae tipi stomalar görüntülenmiştir (Şekil 51, 52 ve 53). Bulliform hücreleri ise, sadece yaprağın üst yüzeyinde görülmektedir (Şekil 52).

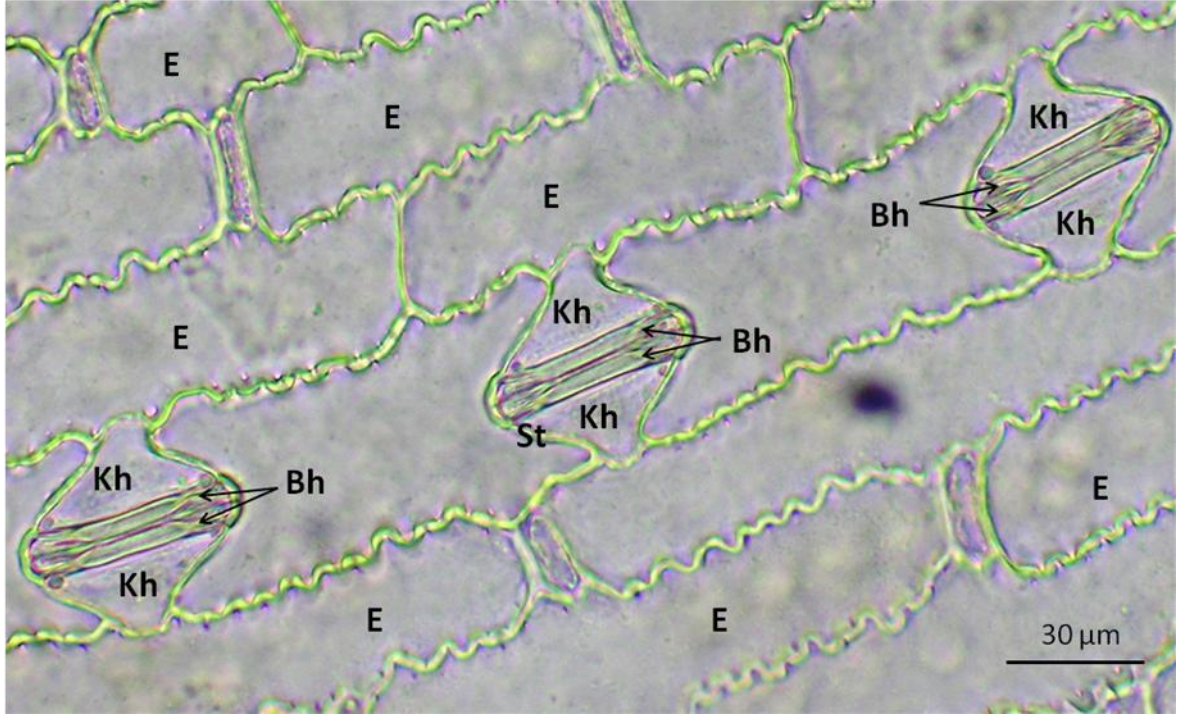


Şekil 51. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesiti (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi).





Şekil 52. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesitinde stomalar (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Bl: Bulliform hücresi).



Şekil 53. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı alt yüzey kesitinde stomalar (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Nk: Nukleus).

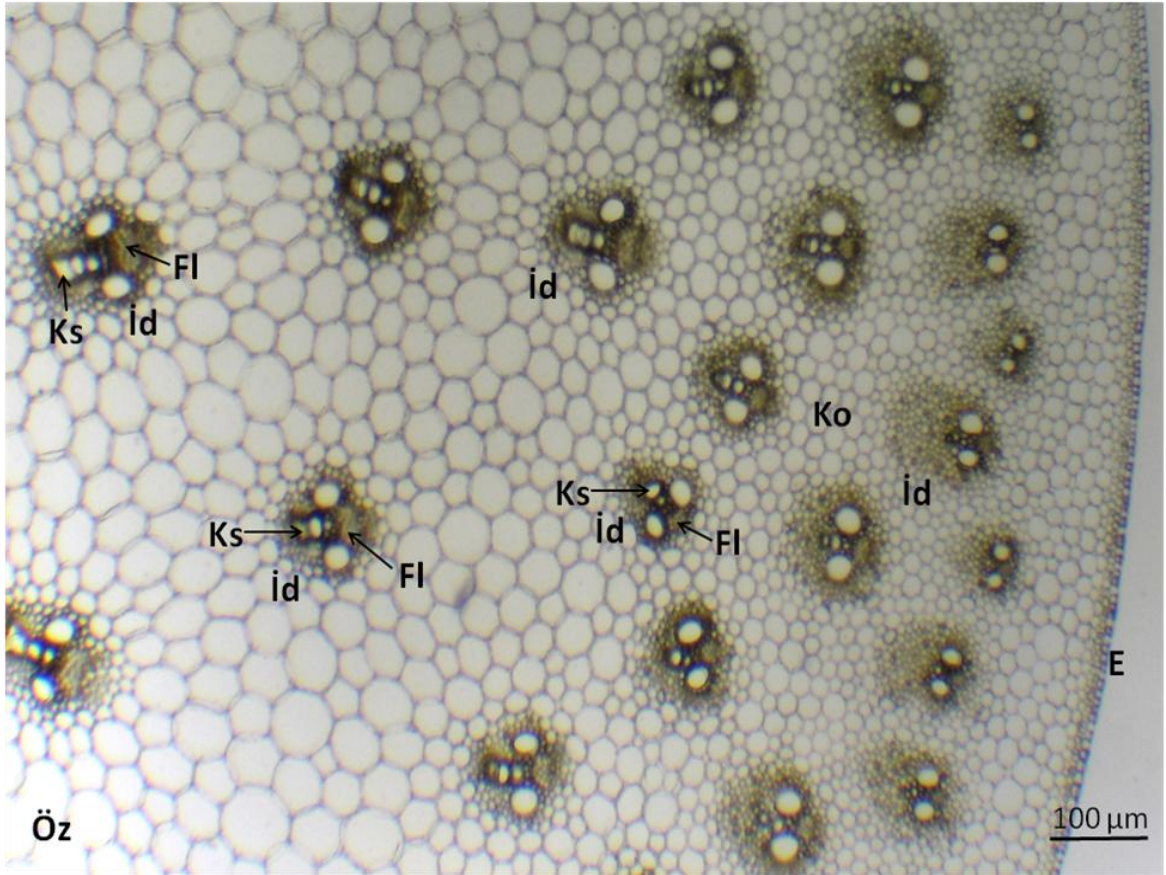
#### 4.3.2. Gövde Anatomik Özellikleri

*Zea mays*, yapısı iyi incelenmiş önemli bir tahıl bitkisi ve dünya çapında önemli bir gıda ürünüdür. Monokotil gövdesinde genellikle epidermin hemen altında iletim demetleri bir tek halka ile karakterizedir ve altında iletim demetleri helezonik bir dizi oluşturur. Mısır, ataktostelik olarak sınıflandırılan iletim demetleri içerir. Ataktostele, vasküler bitkilerde en evrimleşmiş iletim demeti olarak kabul edilir. Vasküler sistem, parenkimatik doku ile geniş bölgelere ayrılmış, ayrı ayrı birincil demetlerden oluşmaktadır. İletim demetleri birbirine çok benzer ve bu durum monokotiller için tipik bir yapı temsil etmektedir. Floem, vasküler parenkimatik hücrelerle birleşmiş, arkadaş hücreleri ile çevrili büyük çaplı birkaç kalburlu boruya indirgenmiştir. Floem parenkiması genelde floem çevresinde, ayrıca birkaç trakeide bağlı olarak büyük metaksilem damarları arasında yer almaktadır. Ksilem, her demette genellikle iki büyük metaksilem damarına indirgenmiştir. Protoksilem ise bir veya iki protoksilem damarı ile sınırlıdır ve bunlar genellikle monokotillerde görülen hızlı boyuna büyüme yani gövde uzaması sırasında tahrip olup arkalarında protoksilem lakunası bırakır (Cutler ve ark., 2007).

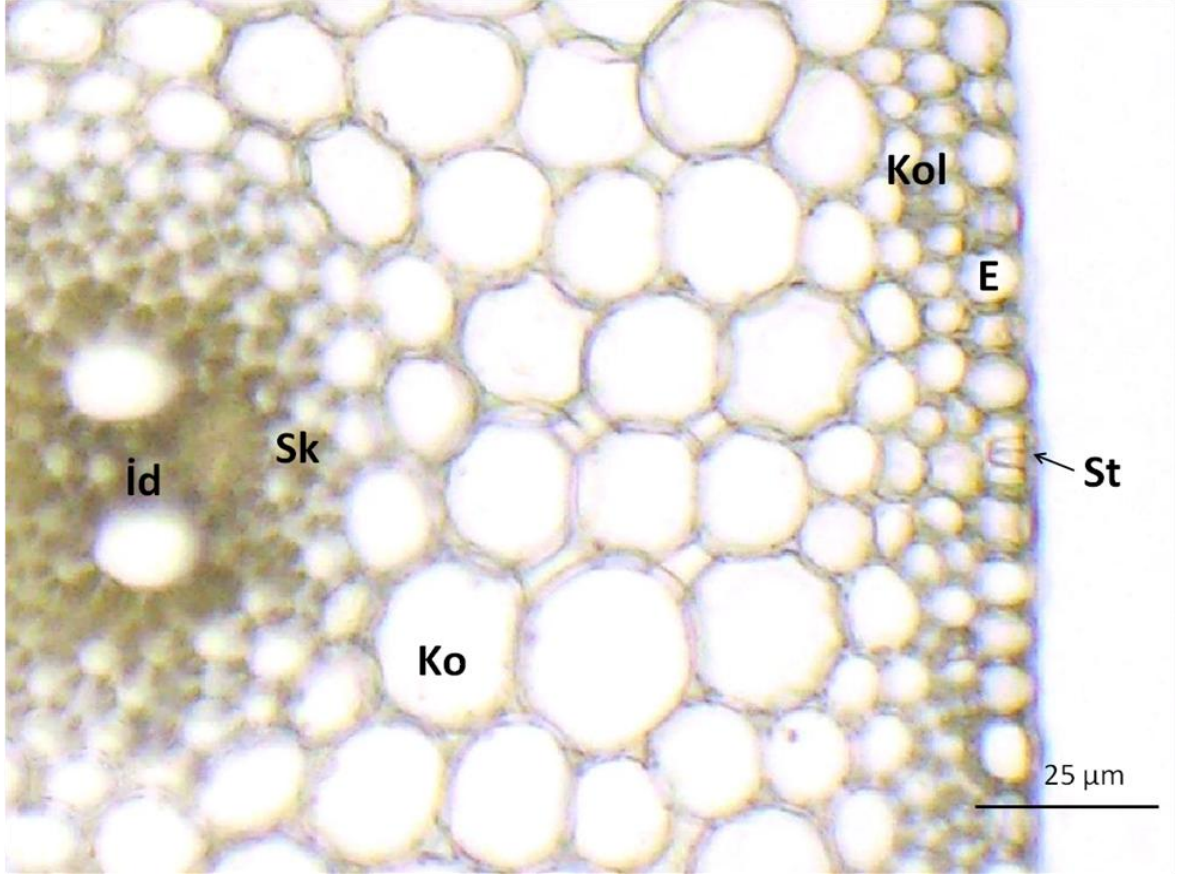


**4.3.2.1. Kontrol Grubu Gövdede Anatomik Bulgular**

Gövde enine kesitinde en üstte tek sıralı, yuvarlak ve kimi yerlerde yassılaştırmış hücrelerden oluşan epidermis yer almaktadır. Epidermisten hemen sonra 1-2 sıra kollenkima hücreleri görülmektedir. Kollenkima hücrelerinden sonra parenkimatik hücrelerden oluşan korteks bulunmaktadır. Kortekste dağınık dizilişli iletim demetleri yer almakta olup, demetler öze doğru seyrekleşmekte ve irileşmektedir. İletim demetleri yaprakta olduğu gibi kapalı kollateral tipte olup, kambiyum bulundurmazlar. İletim demetlerinde, epidermise bakan kısımda floem, öze doğru bakan kısımda ise ksilem bulunmaktadır. Merkezde parenkimatik öz yer alır (Şekil 54). Ayrıca epidermiste gramineae tipi stomalar mevcuttur (Şekil 55).

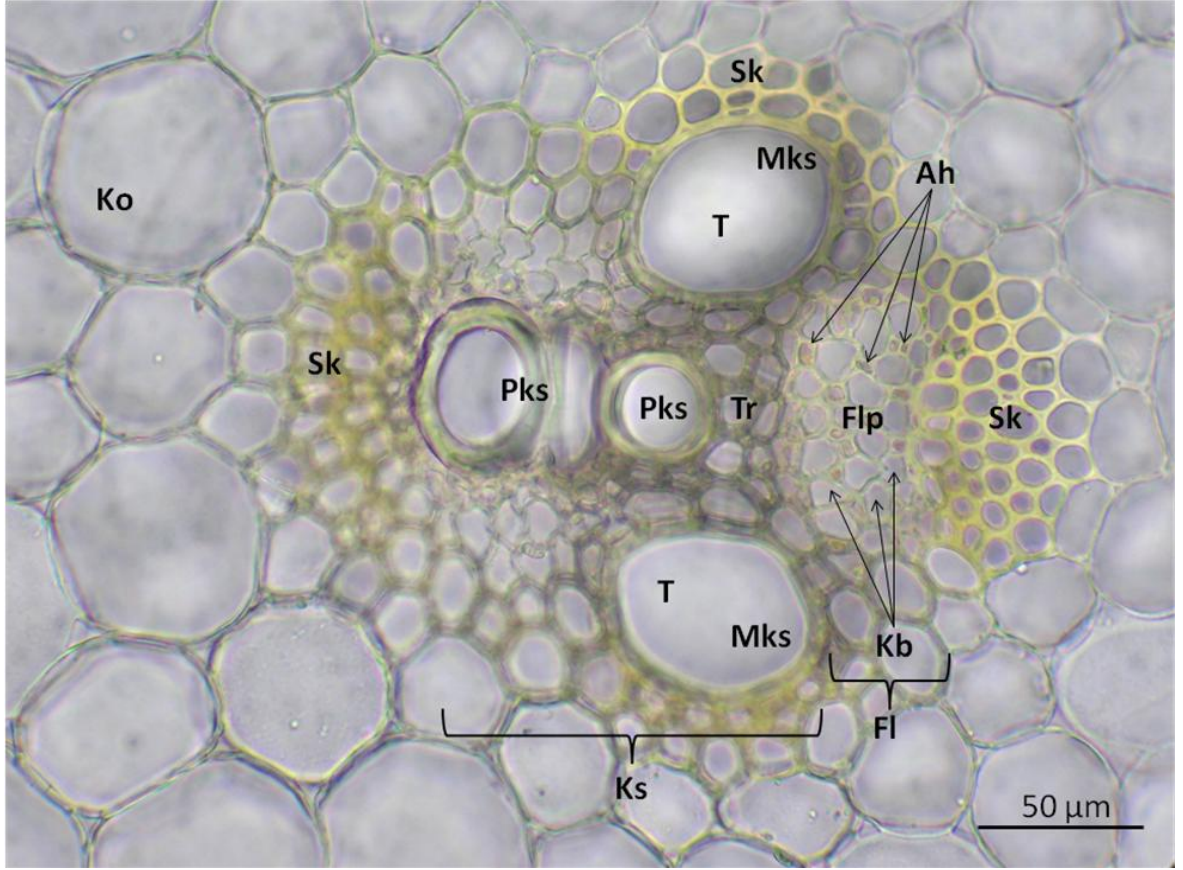


Şekil 54. Kontrol grubunda mısır gövdesi enine kesiti (Özgün) (E: Epidermis, Ko: Korteks, İd: İletim demeti, Ks: Ksilem, Fl: Floem).



Şekil 55. Kontrol grubunda mısır gövdesi enine kesitinde stoma ve korteks (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kol: Kollenkima, Ko: Korteks, İd: İletim demeti, Sk: Sklerenkima).

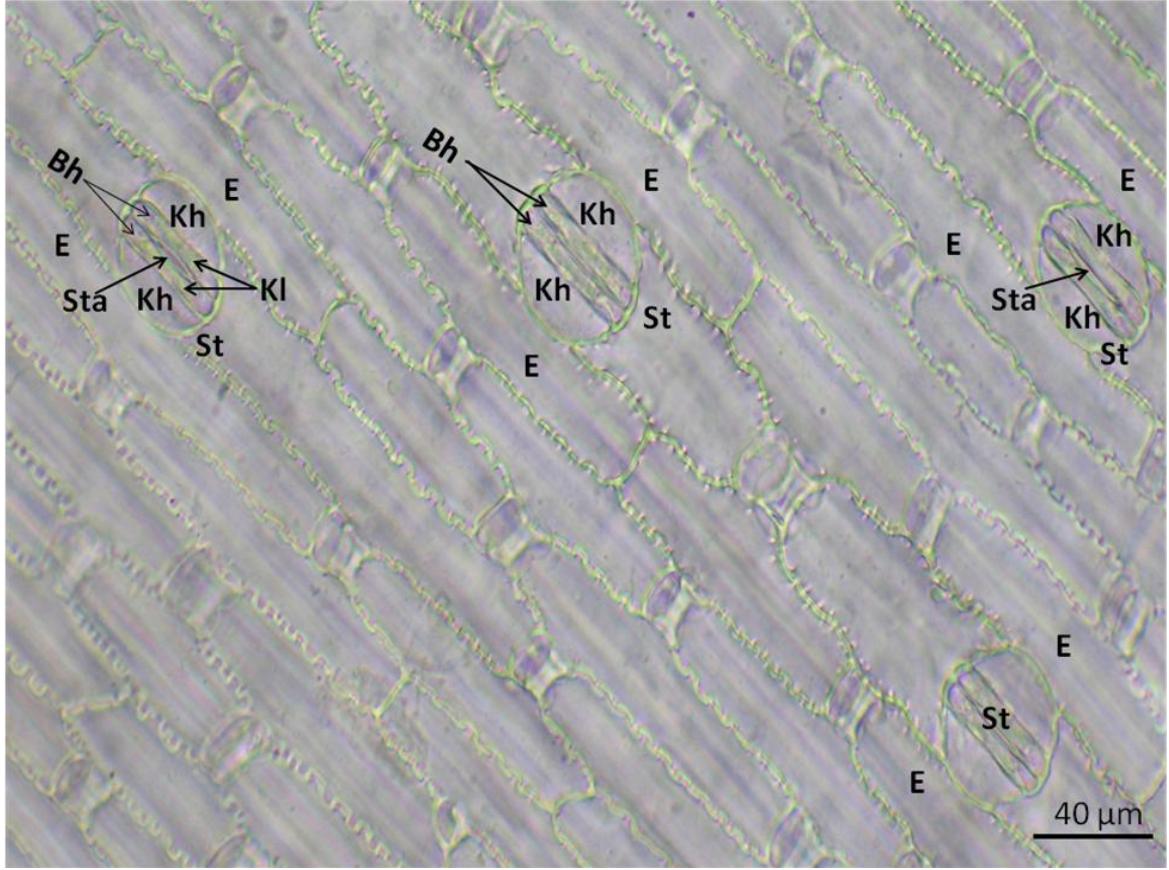
İletim demetleri daha yakından incelendiğinde, korteks içinde dağınık bir dizilişe sahip demetlerin çevresinde sklerenkimatik bir doku yer aldığı görülür. Ksilemin üzerinde bulunan floem, arkadaş hücreleri, kalburlu borular ve floem parenkimasından meydana gelmektedir. Ksilemde metaksilem olarak bilinen büyük trakelerin arasında trakeidler bulunmakta ve alt kısmında kalın çeperli protoksilem lakunası yer almaktadır (Şekil 56).



Şekil 56. Kontrol grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti (Özgün) (Sk: Sklerenkima, Fl: Floem, Ah: Arkadaş hücresi, Kb: Kalburlu boru, Flp: Floem parenkiması, Ks: Ksilem, T: Trake, Tr: Trakeid, Mks: Metaksilem, Pks: Protoksilem lakunası, Ko: Korteks).

Gövdeden alınan yüzeysel kesitlerde, epidermis hücreleri arasında az sayıda gramineae tipi stomaların bulunduğu tespit edilmiştir. Stomalar genelde açık durumdadırlar (Şekil 57).

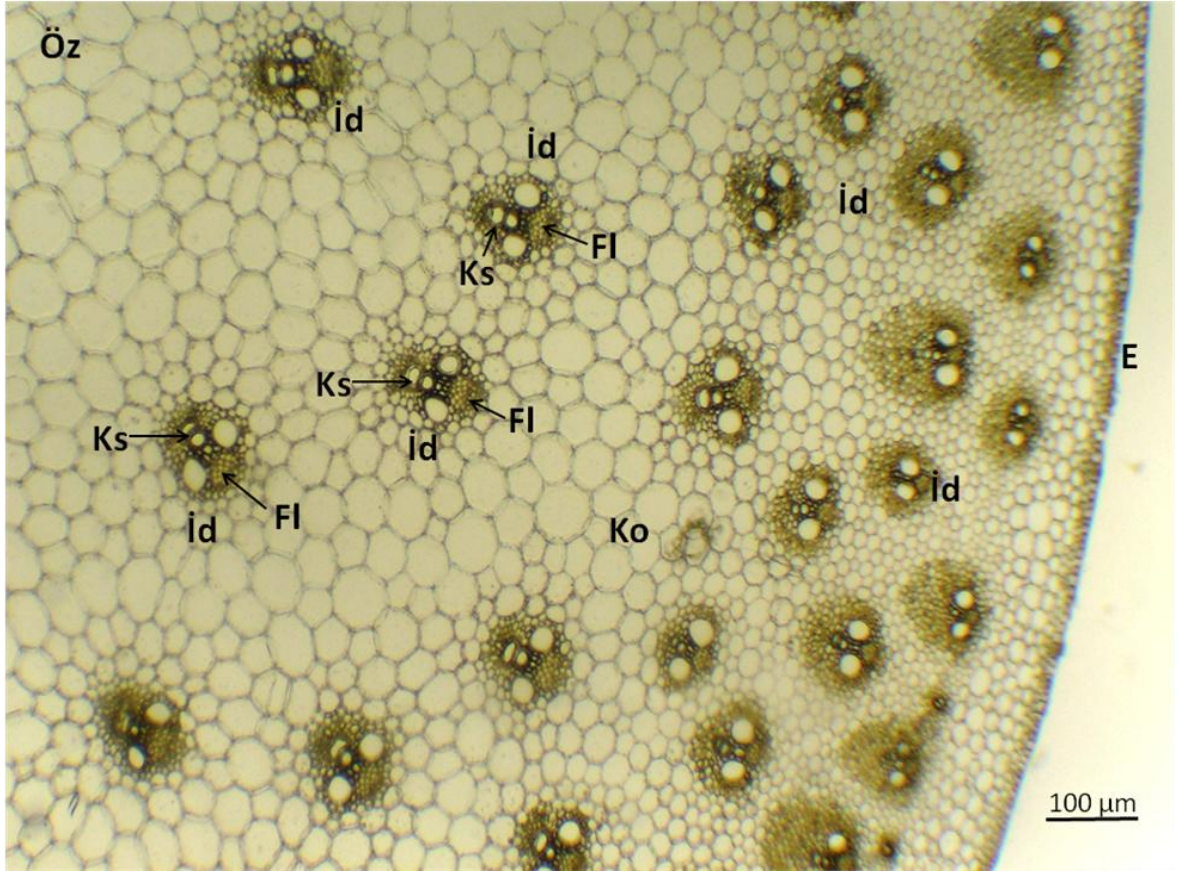




Şekil 57. Kontrol grubunda mısır gövdesi yüzeysel kesit (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kl: Kloroplast, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Sta: Stoma açıklığı).

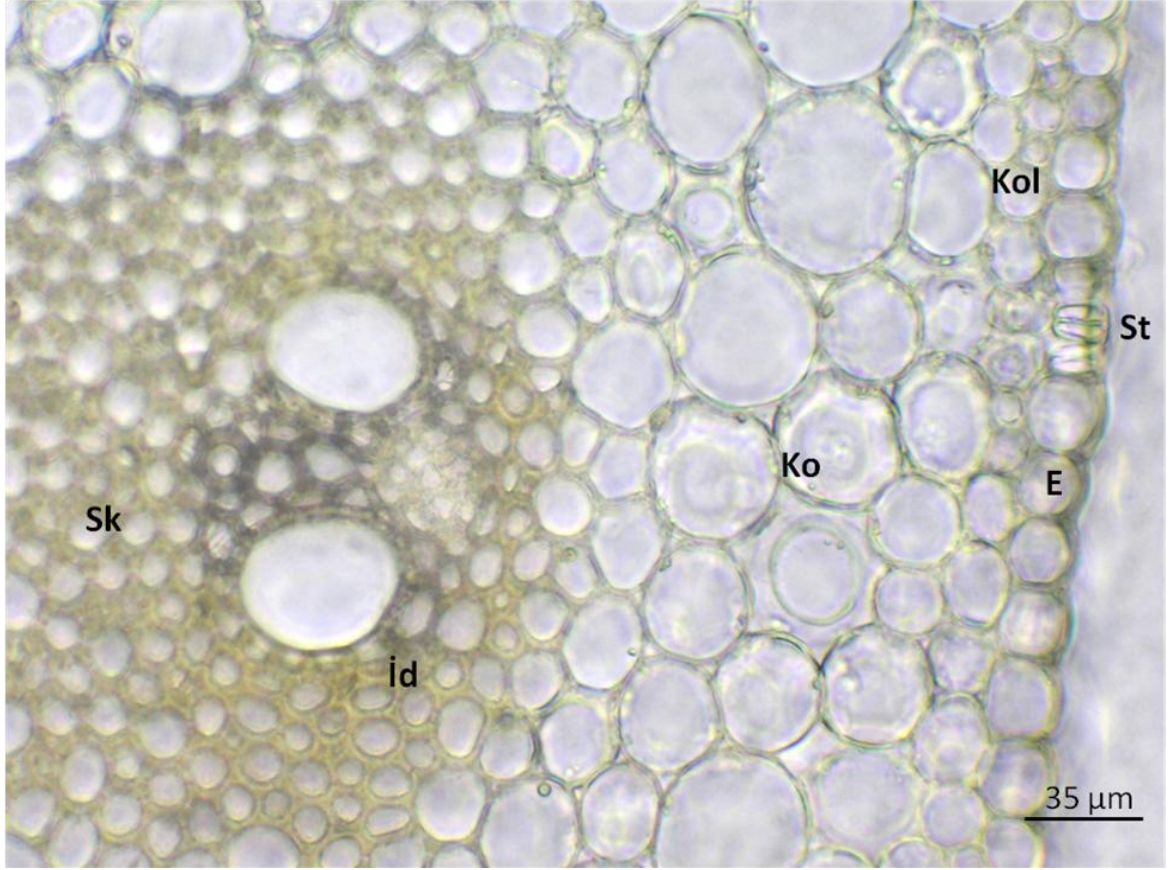
#### **4.3.2.2 40 g Taban Külü Uygulama Grubu Gövdede Anatomik Bulgular**

Gövde enine kesitinde en üstte tek sıralı, yuvarlak ve nadir olarak yassılaştırmış hücrelerden oluşan epidermis yer almaktadır. Epiderminin altında tek sıra halinde kollenkima hücreleri görülmektedir. Hemen ardında parenkimatik hücrelerden oluşan korteks bulunmaktadır. Öze doğru yaklaştıkça seyrekleşip, irileştiği tespit edilen iletim demetleri kortekste dağınık bir dizilişe sahiptir. Tıpkı yaprakta olduğu gibi kapalı kollateral tipte olan iletim demetleri, kambiyum bulundurmazlar. İletim demetlerinde epidermis tarafında floem, öze doğru ksilem bulunmaktadır. Merkezde parenkimatik öz yer alır (Şekil 58). Ayrıca epidermiste gramineae tipi stomalar mevcuttur (Şekil 59).



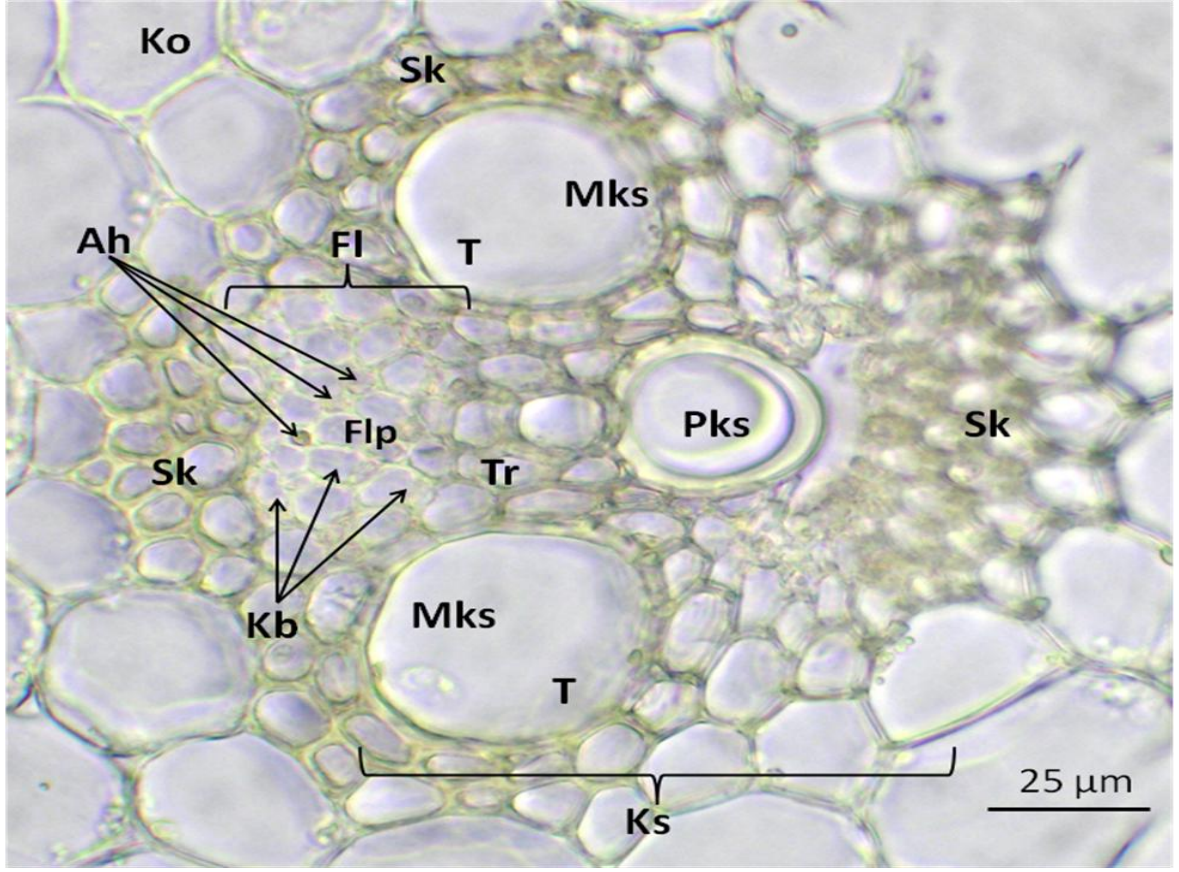
Şekil 58. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesiti (Özgün) (E: Epidermis, Ko: Korteks, İd: İletim demeti, Ks: Ksilem, Fl: Floem).





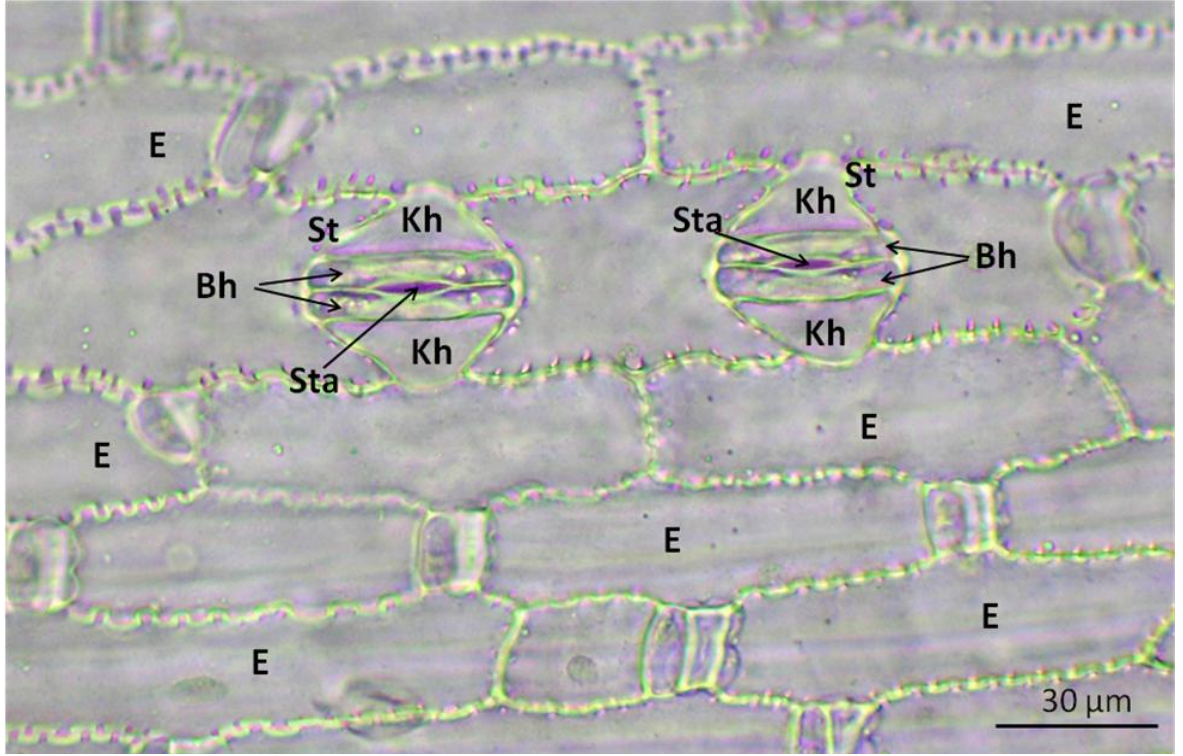
Şekil 59. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde stoma ve korteks (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kol: Kollenkiam, Ko: Korteks, İd: İletim demeti, Sk: Sklerenkima).

Gövdede, korteks içinde dağınık bir dizilişe sahip olan iletim demetleri incelendiğinde, sklerenkimatik bir doku ile çevrelediği görülmüştür. Ayrıca iletim demetlerinde floem, arkadaş hücreleri, kalburlu borulardan ve floem parenkiması, ksilem ise metaksilem olarak adlandırılan büyük trakeler, trakelerin arasında bulunan trakeidler ve alt kısmındaki kalın çeperli protoksilem lakunasından meydana gelmektedir (Şekil 60).



Şekil 60. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti (Özgün) (Sk: Sklerenkima, Fl: Floem, Ah: Arkadaş hücresi, Kb: kalburlu boru, FIp: Floem parenkiması, Ks: Ksilem, T: Trake, Tr: Trakeid, Mks: Metaksilem, Pks: Protoksilem lakunası, Ko: Korteks).

Alınan yüzeysel kesitlerde, epidermis hücreleri arasında genelde açık durumda az sayıda gramineae tipi stomaların bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 61).

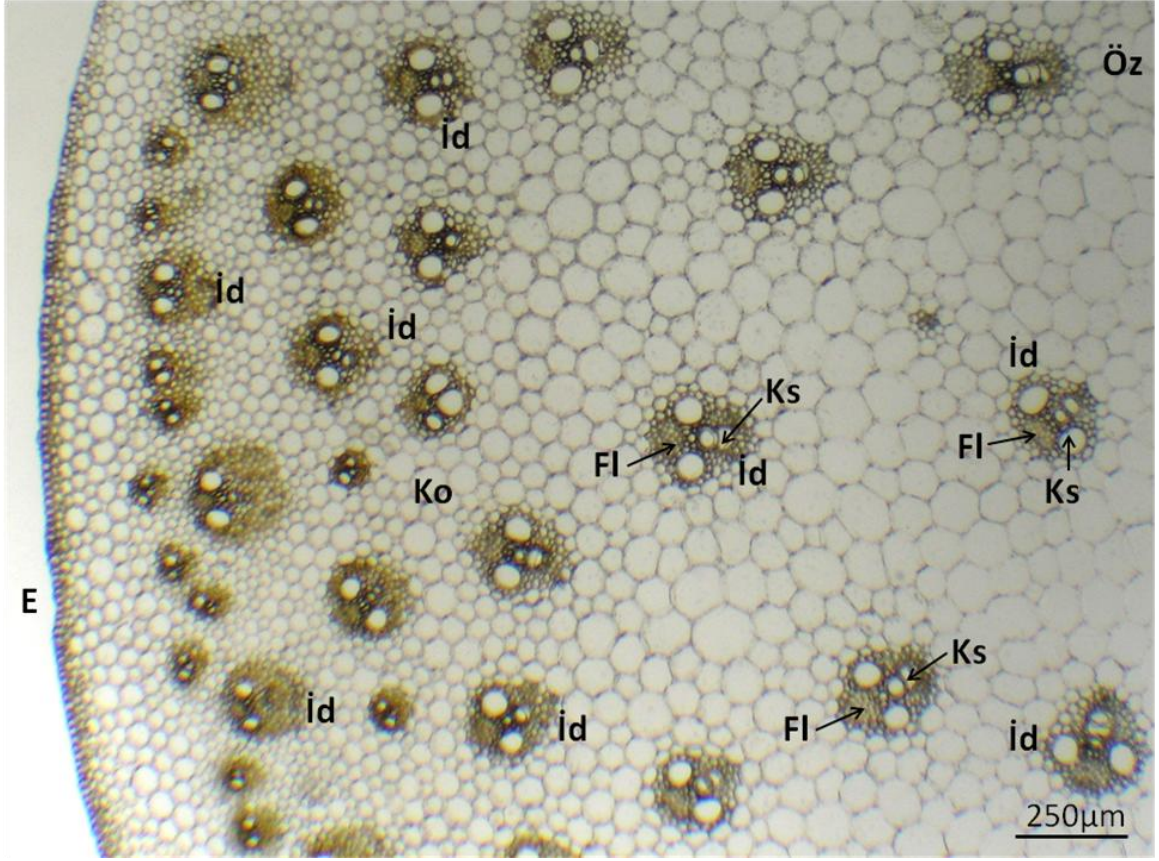


Şekil 61. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi yüzeysel kesit (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücre, Sta: Stoma açıklığı).

#### **4.3.2.3. 80 g Taban Külü Uygulama Grubu Gövdede Anatmik Bulgular**

Gövde enine kesitinde görüldüğü üzere en üstte tek sıralı, yuvarlak ve kimi yerlerde yassılaştırmış hücrelerden oluşan epidermis yer almaktadır. Epidermisi takiben, 1-2 sıra kollenkima hücreleri gelmektedir. İletim demetleri, kortekste dağınık bir diziliş göstermekte ve öze yaklaştıkça az sayıda ve daha iri bir hal almaktadır. İletim demetleri yapraktaki demetlerle benzerlik göstererek, kapalı kollateral tipte olup, kambiyum bulundurmazlar. Floem epidermise, ksilem ise öze bakan tarafta bulunmaktadır. Merkezde parenkimatik öz yer alır (Şekil 62). Ayrıca familya gereği beklenen bir özellik olarak, epidermiste gramineae tipi stomalar gözlenmiştir (Şekil 63).

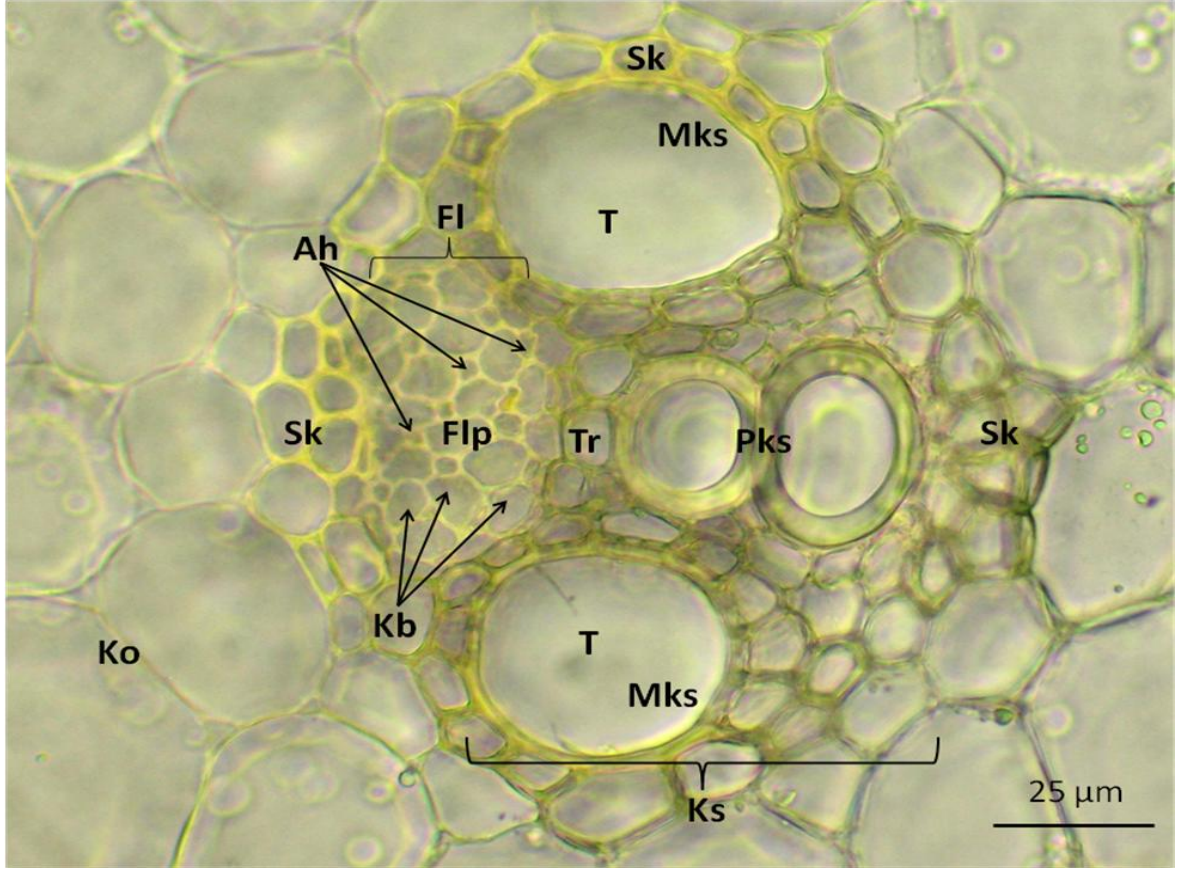




Şekil 62. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesiti (Özgün) (E: Epidermis, Ko: Korteks, İd: İletim demeti, Ks: Ksilem, Fl: Floem).

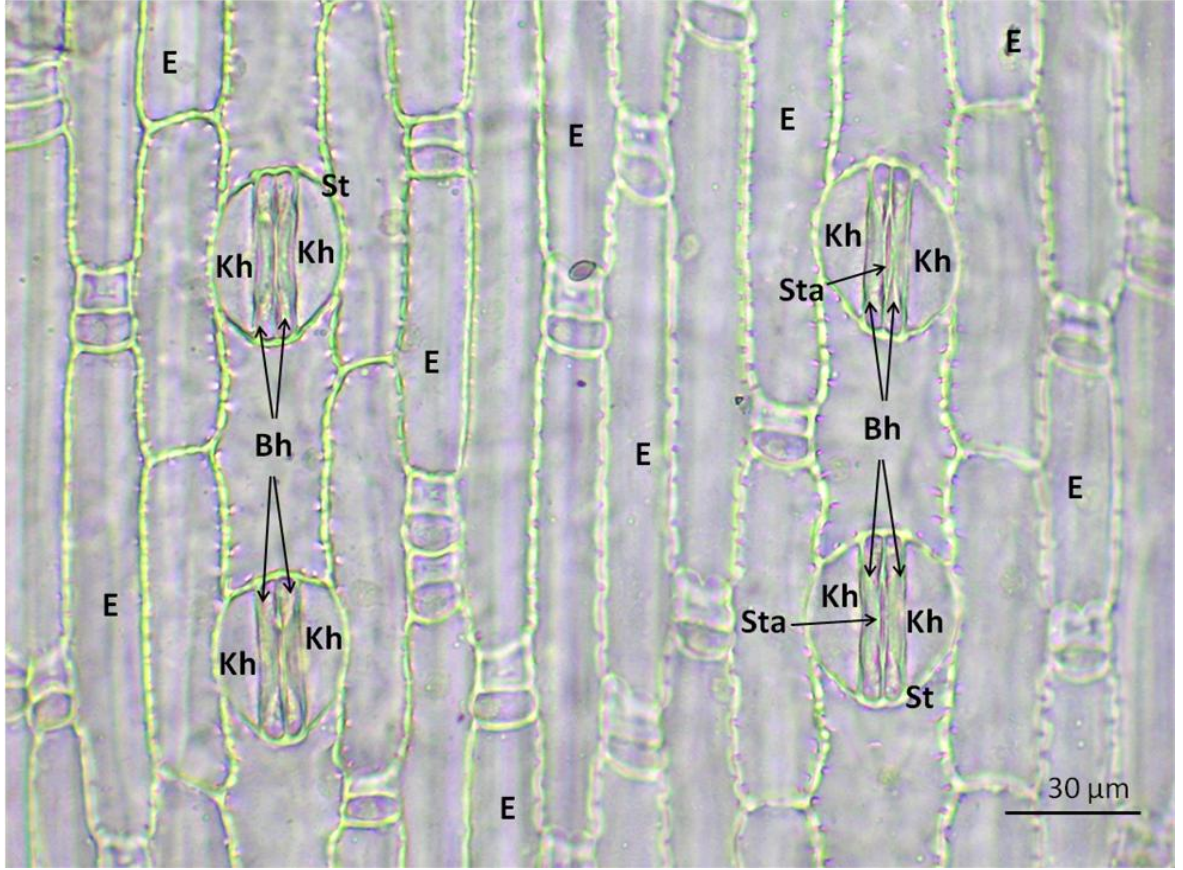






Şekil 64. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti (Özgün) (Sk: Sklerenkima, Fl: Floem, Ah: Arkadaş hücresi, Kb: kalburlu boru, Flp: Floem parenkiması, Ks: Ksilem, T: Trake, Tr: Trakeid, Mks: Metaksilem, Pks: Protoksilem lakunası, Ko: Korteks).

Gövdeden alınan yüzeysel kesitlerde, epidermis hücreleri arasında, genelde açık durumda olan, az sayıda gramineae tipi stoma tespit edilmiştir (Şekil 65).

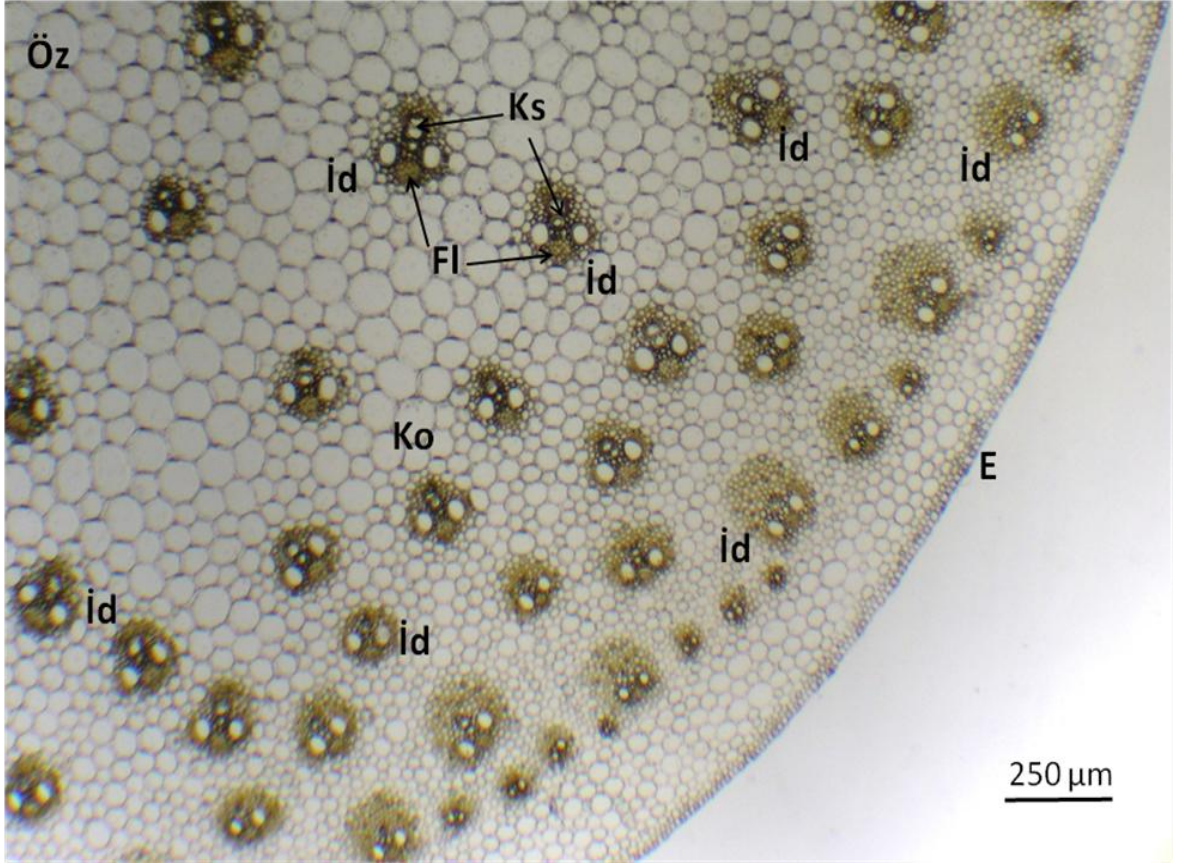


Şekil 65. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi yüzeysel kesit (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Sta: Stoma açıklığı).

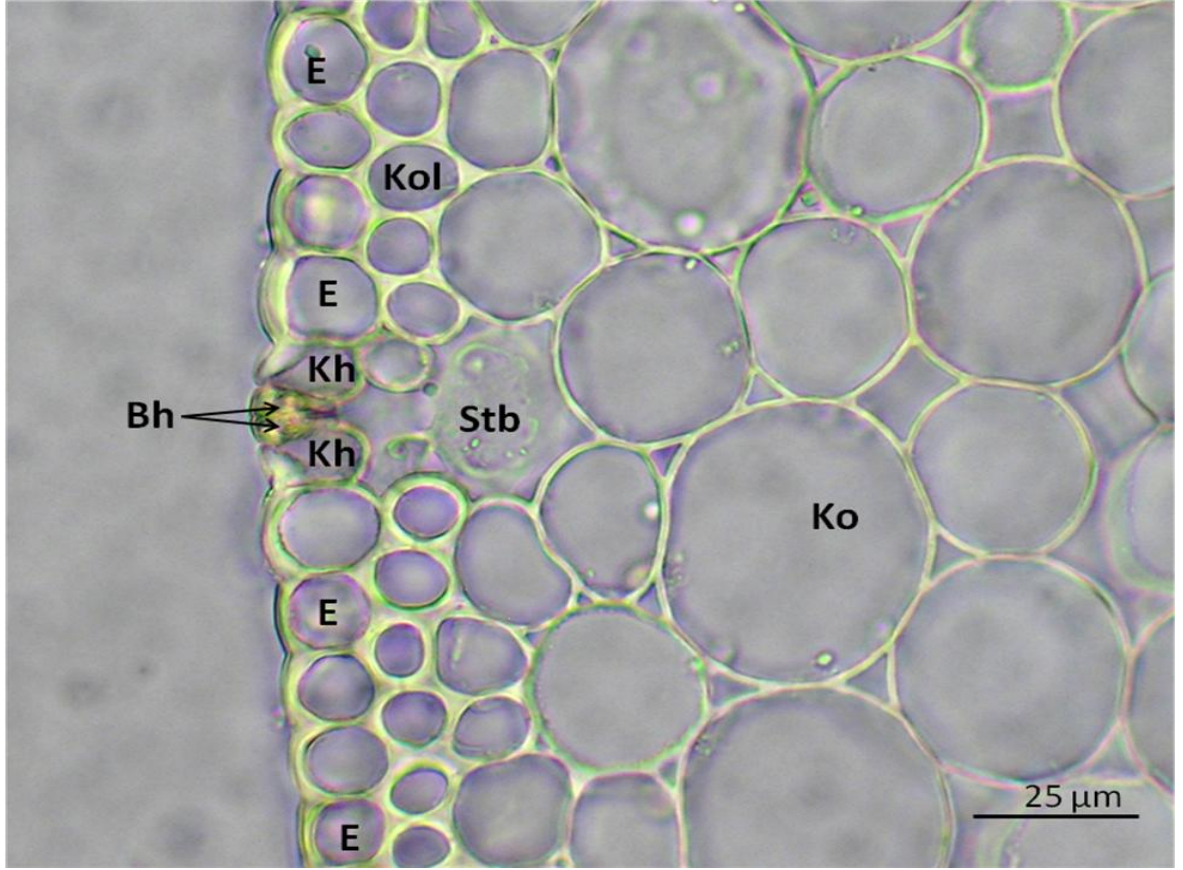
#### **4.3.2.4. 160 g Taban Külü Uygulama Grubu Gövdede Anatomik Bulgular**

Gövde enine kesitinde en üstte tek sıralı, yuvarlak ve kimi yerlerde yassılaştırmış hücrelerden oluşan epidermis yer almaktadır. Epidermis bitiminde 1-2 sıra kollenkima hücrelerine rastlanmaktadır. Kollenkima hücrelerinden sonra görülen parenkimatik hücrelerin oluşturduğu kortekste, dağınık dizilişli, öze yaklaştıkça sayıları azalan ve irileşen iletim demetleri yer almaktadır. İletim demetleri yaprakta olduğu gibi kapalı kollateral tipte olup, kambiyum bulundurmazlar. Epidermise bakan tarafta floem, öze doğru ksilem bulunmaktadır. Merkezde parenkimatik öz yer alır (Şekil 66). Ayrıca epidermiste gramineae tipi stomalar gözlemlenmiştir (Şekil 67).



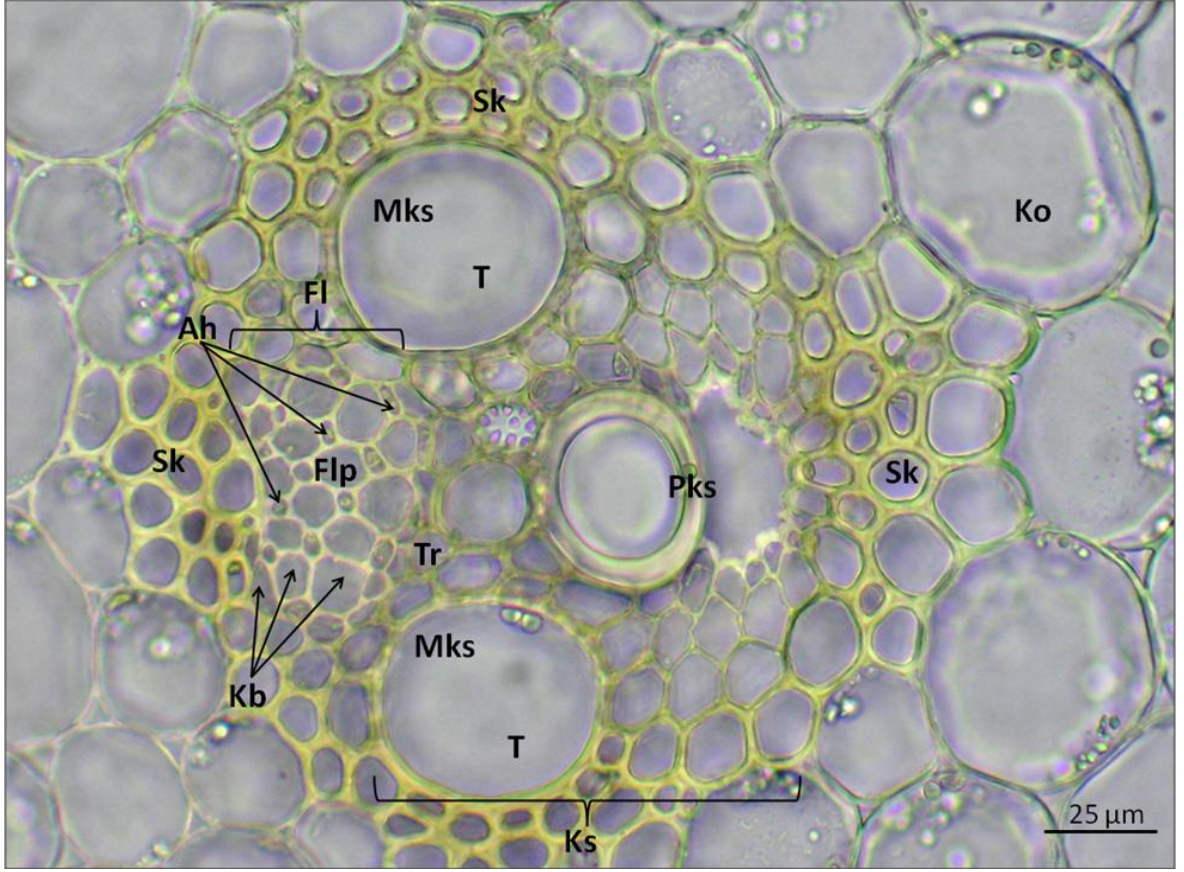


Şekil 66. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesiti (Özgün) (E: Epidermis, Ko: Korteks, İd: İletim demeti, Ks: Ksilem, Fl: Floem).



Şekil 67. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde stoma ve korteks (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Stb: Stoma altı boşluğu, Kol: Kollenkşma, Ko: Korteks, İd: İletim demeti, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi).

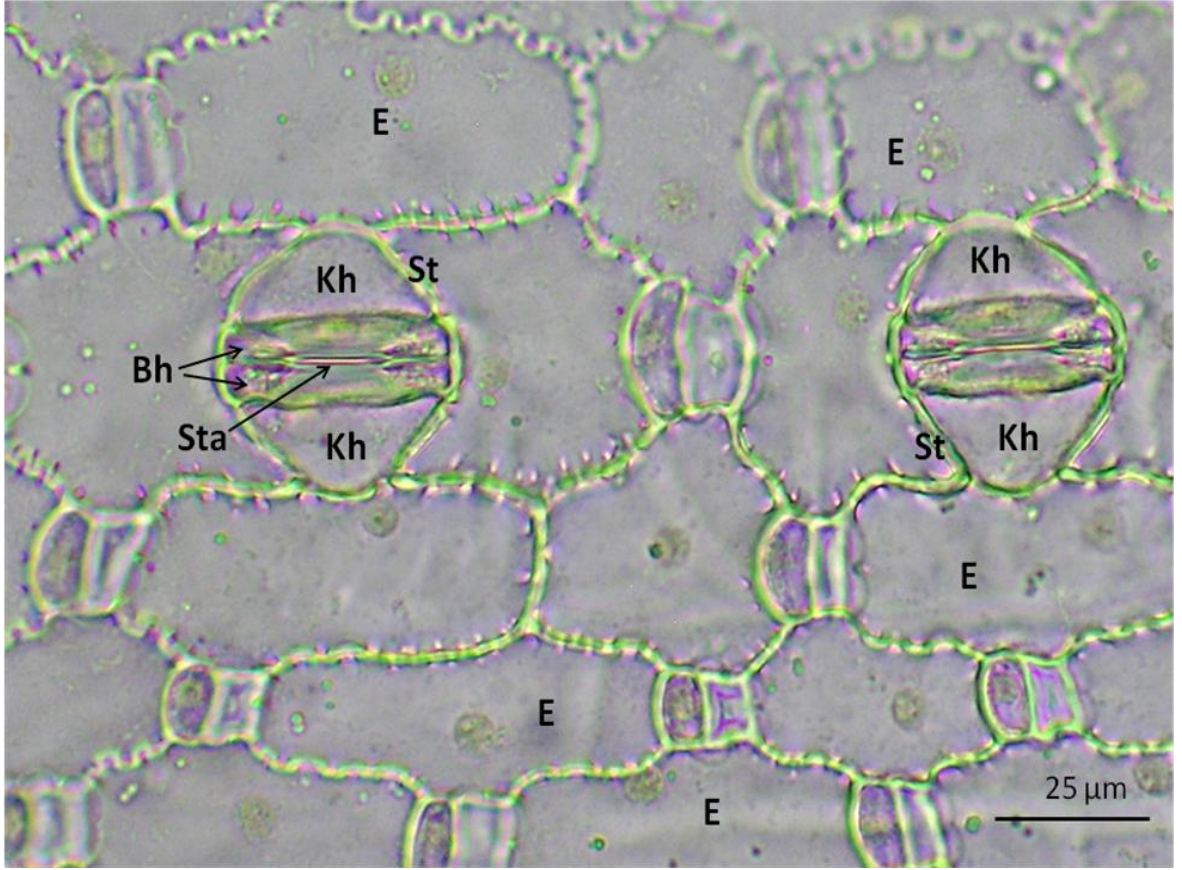
İletim demetleri daha yakından incelendiğinde, demetlerin çevresinde sklerenkimatik bir doku yer aldığı görülür. İletim demetlerinde floem, arkadaş hücreleri, kalburlu borular ve floem parenkimasından meydana gelmektedir. Ksilem ise mateksilem adındaki büyük trakeler, onların arasında bulunan trakeidler ve alt taraftaki kalın çeperli protoksilem lakunasından oluşmaktadır (Şekil 68).



Şekil 68. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti (Özgün) (Sk: Sklerenkima, Fl: Floem, Ah: Arkadaş hücresi, Kb: Kalburlu boru, Flp: Floem parenkiması, Ks: Ksilem, T: Trake, Tr: Trakeid, Mks: Metaksilem, Pks: Protoksilem lakunası, Ko: Korteks).

Gövde yüzeyinden alınan kesitlerde, epidermis hücreleri arasında az sayıda, kimi yerlerde açık gramineae tipi stomaya rastlanmıştır (Şekil 69).



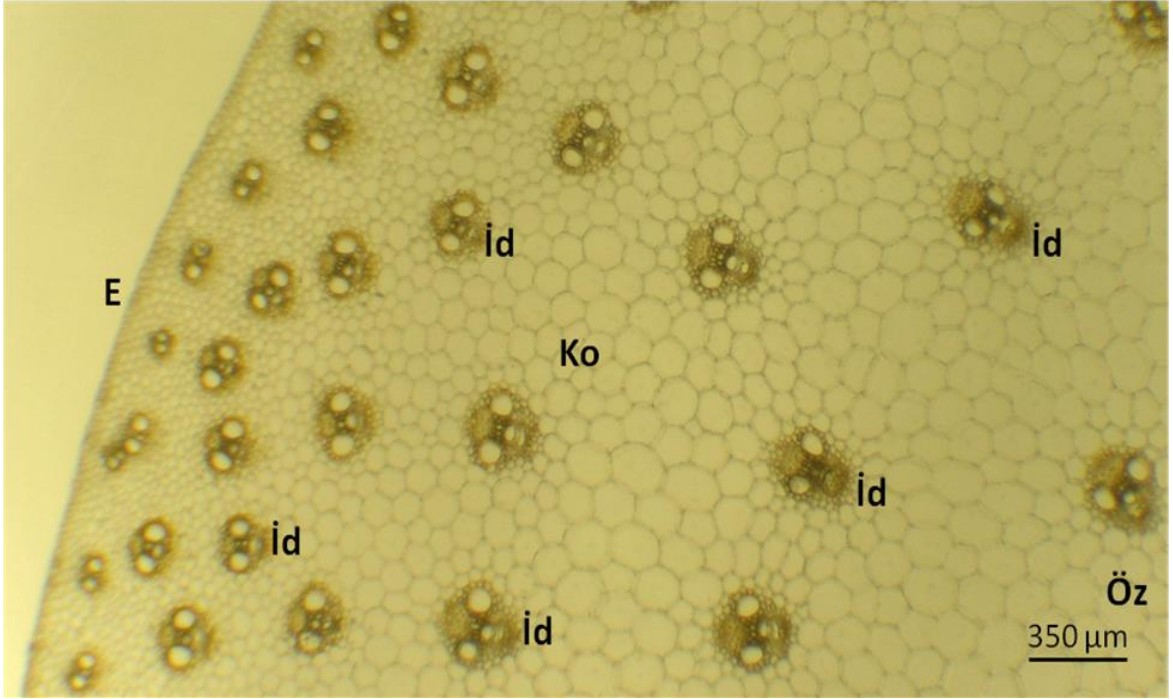


Şekil 69. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi yüzeysel kesit (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Sta: Stoma açıklığı).

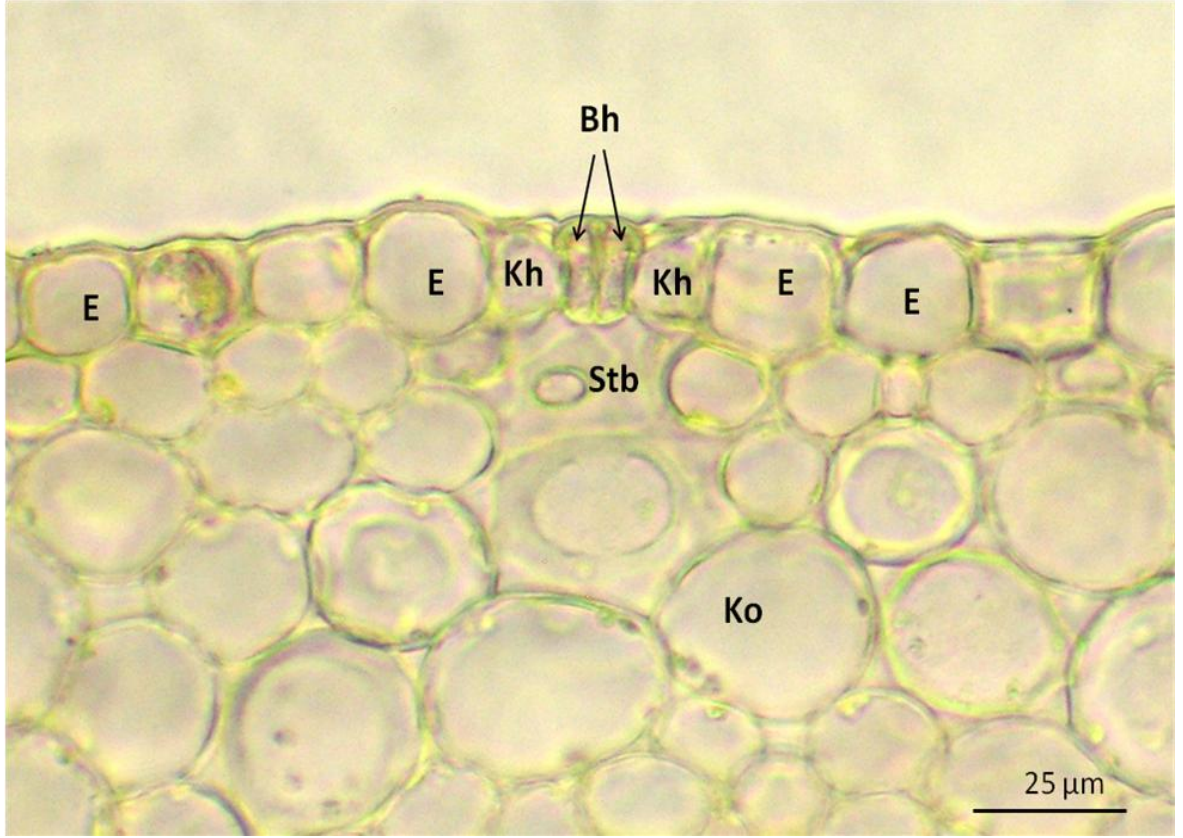
#### **4.3.2.5. 320 g Taban Külü Uygulama Grubu Gövdede Anatomik Bulgular**

Gövde enine kesitinde en üstte tek sıralı, yuvarlak ve kimi yerlerde yassılaştırmış hücrelerden oluşan epidermis yer almaktadır. Epidermisten hemen sonra, kimi yerlerde tek sıra kollenkima hücreleri görülmektedir. Kollenkima bitiminde parenkimatik hücrelerden meydana gelen kortekste, dağınık dizilişli iletim demetleri yer almakta olup, demetler öze doğru irileşmekte ve sayılarında azalma görülmektedir. İletim demetleri yaprakta olduğu gibi kapalı kollateral tipte olup, kambiyum bulundurmazlar. İletim demetlerinde epidermise yakın tarafta floem, öze yakın tarafta ise ksilem bulunmaktadır. Merkezde parenkimatik öz yer alır (Şekil 70). Ayrıca epidermiste gramineae tipi stomalar mevcuttur (Şekil 71).



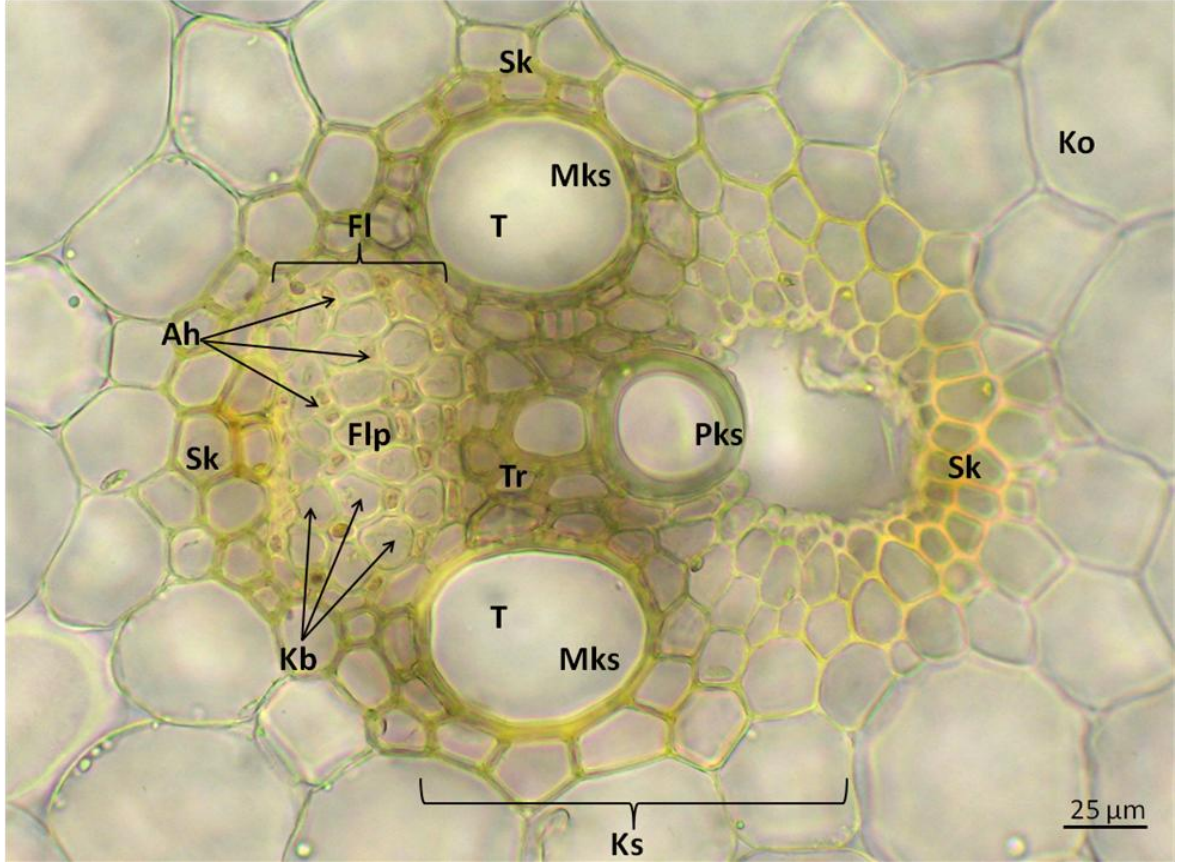


Şekil 70. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesiti (Özgün) (E: Epidermis, Ko: Korteks, İd: İletim demeti).



Şekil 71. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde stoma (Özgün) (E: Epidermis, Ko: Korteks, Stb: Stoma altı boşluğu, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi).

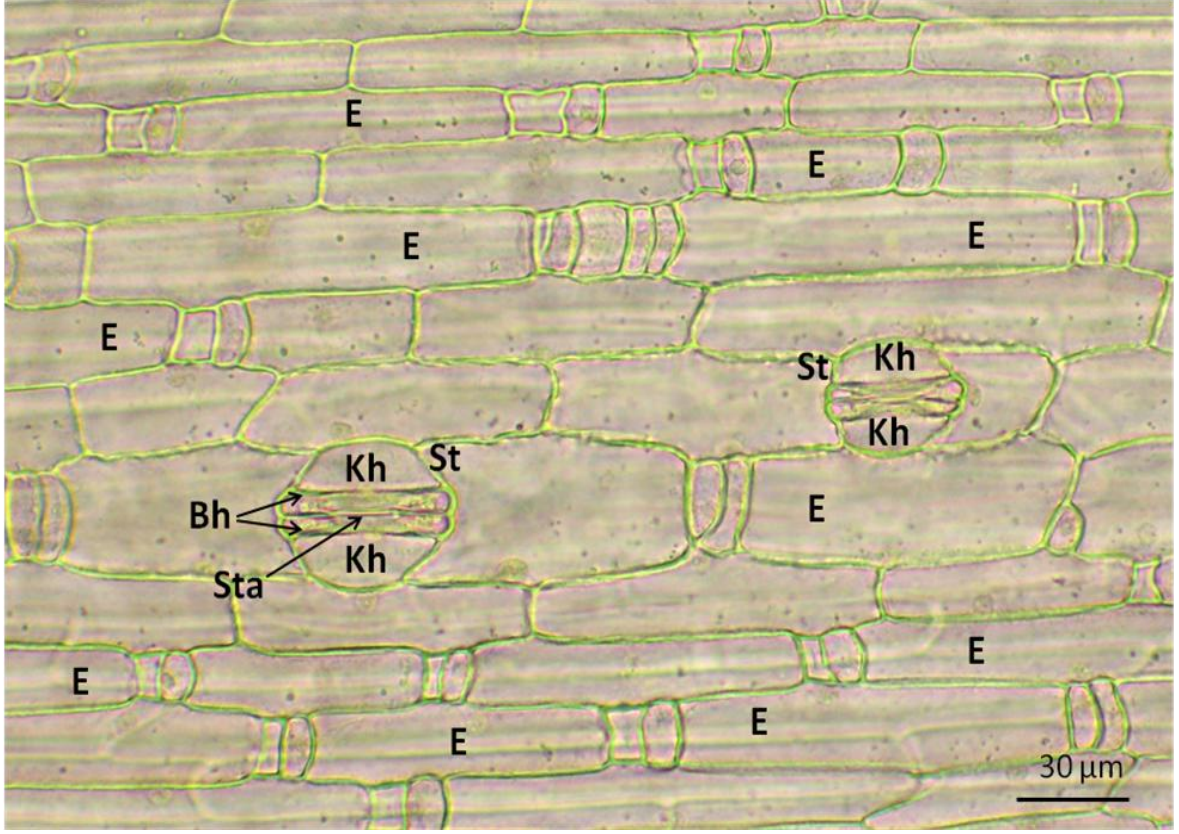
İletim demetleri derinlemesine incelendiğinde, ksilemin üzerinde bulunan floemin, arkadaş hücreleri, kalburlu borular ve floem parenkimasından meydana geldiği, ksilemde ise mateksilemlerin yani trakelerin, trakelerin arasındaki trakeidler ve alt kısımda kalın çeperli protoksilem lakunası bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca demetlerin çevresinde sklerenkimatik bir dokunun yer aldığı görülür (Şekil 72).



Şekil 72. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti (Özgün) (Sk: Sklerenkima, Fl: Floem, Ah: Arkadaş hücresi, Kb: kalburlu boru, Flp: Floem parenkiması, Ks: Ksilem, T: Trake, Tr: Trakeid, Mks: Metaksilem, Pks: Protoksilem lakunası, Ko: Korteks).

Gövde yüzeysel kesitlerinde başlıca gözlemlenenler ise, epidermis hücreleri arasında az sayıda gramineae tipi stomaların bulunduğu ve bu stomaların genelde açık durumda olduğudur (Şekil 73).



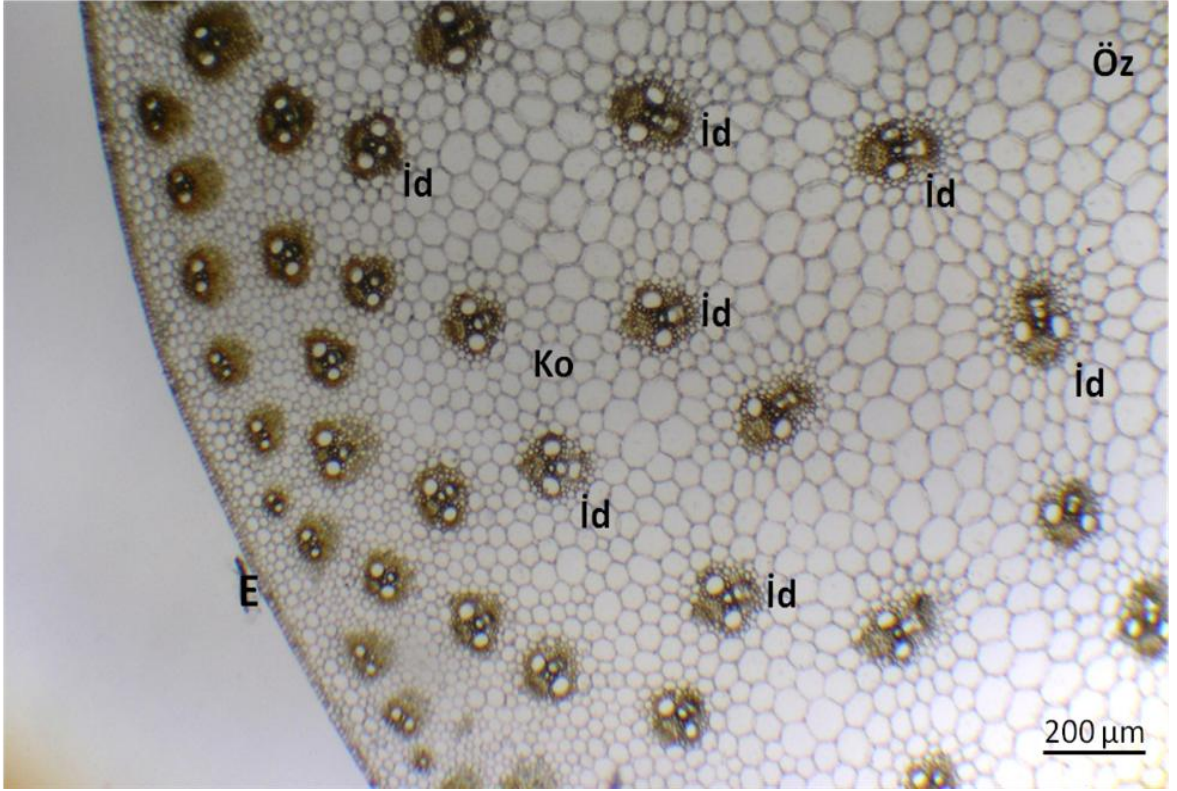


Şekil 73. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi yüzeysel kesit (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Sta: Stoma açıklığı).

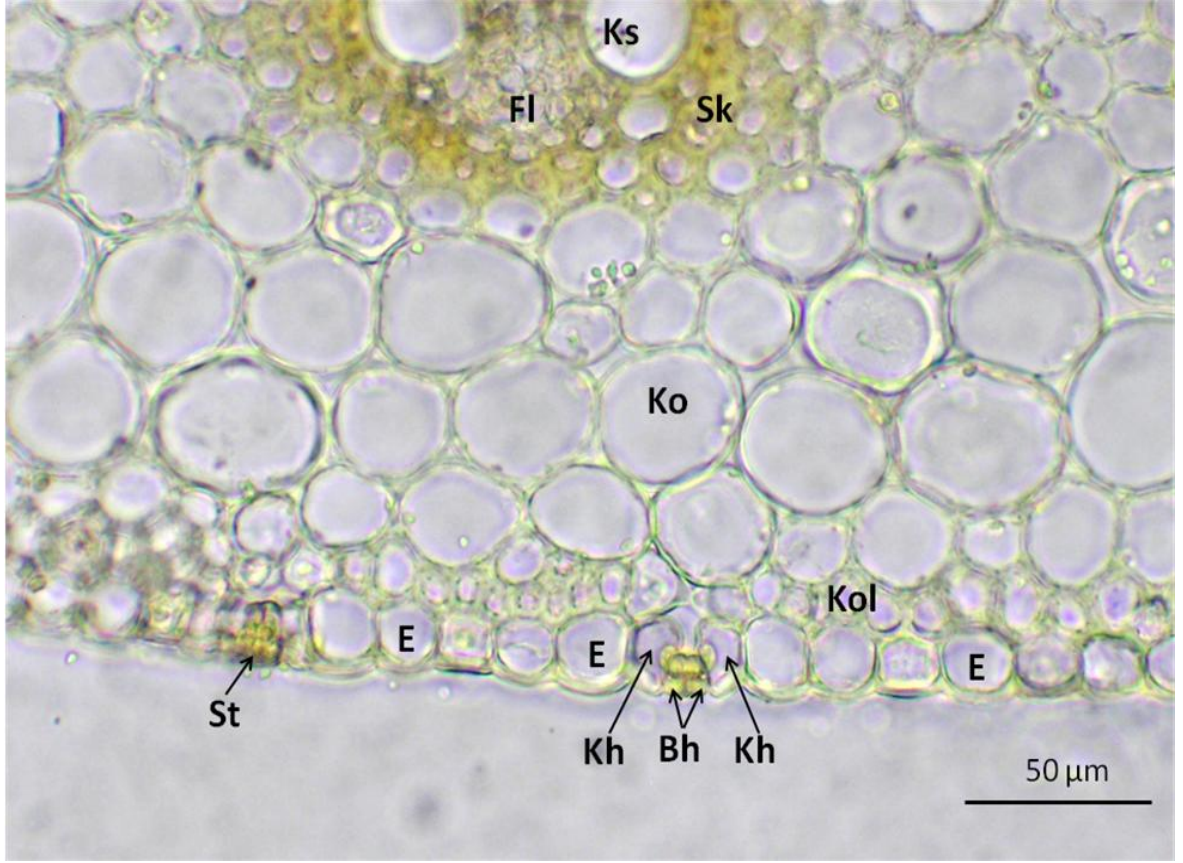
#### **4.3.2.6. 640 g Taban Külü Uygulama Grubu Gövdede Anatomik Bulgular**

Gövde enine kesitinde en üstte tek sıralı, yuvarlak ve kimi yerlerde yassılaştırmış hücrelerden oluşan epidermis yer almaktadır. Epidermisten hemen sonra 1-2 sıralı kollenkima hücreleri görülür. Ardından parenkimatik hücrelerden oluşan korteks gelmektedir. Kortekste dağınık dizilişli iletim demetleri yer almakta olup, demetler öze doğru irileşmektedir. İletim demetleri yaprakta olduğu gibi kapalı kollateral tipte olup, kambiyum bulundurmazlar. İletim demetlerinde epidermise bakan tarafta floem, öze doğru ksilem bulunmaktadır. Merkezde parenkimatik öz yer alır (Şekil 74). Ayrıca epidermiste gramineae tipi stomalar görülmektedir (Şekil 75).



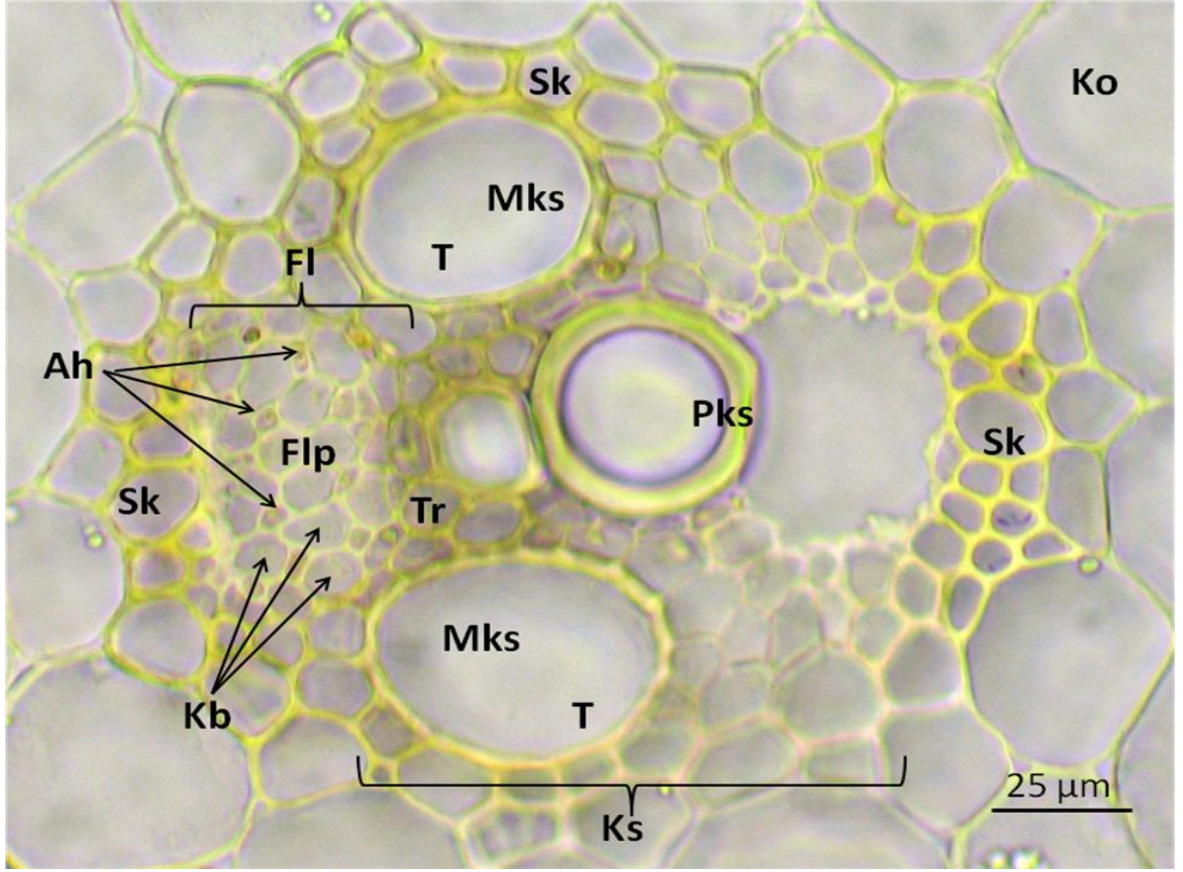


Şekil 74. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesiti (Özgün) (E: Epidermis, Ko: Korteks, İd: İletim demeti).



Şekil 75. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde stoma ve korteks (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Bh: Bekçi hücresi, Kh: Komşu hücre, Kol: Kollenkima, Ko: Korteks, Sk: Sklerenkima, Fl: Floem, Ks: Ksilem).

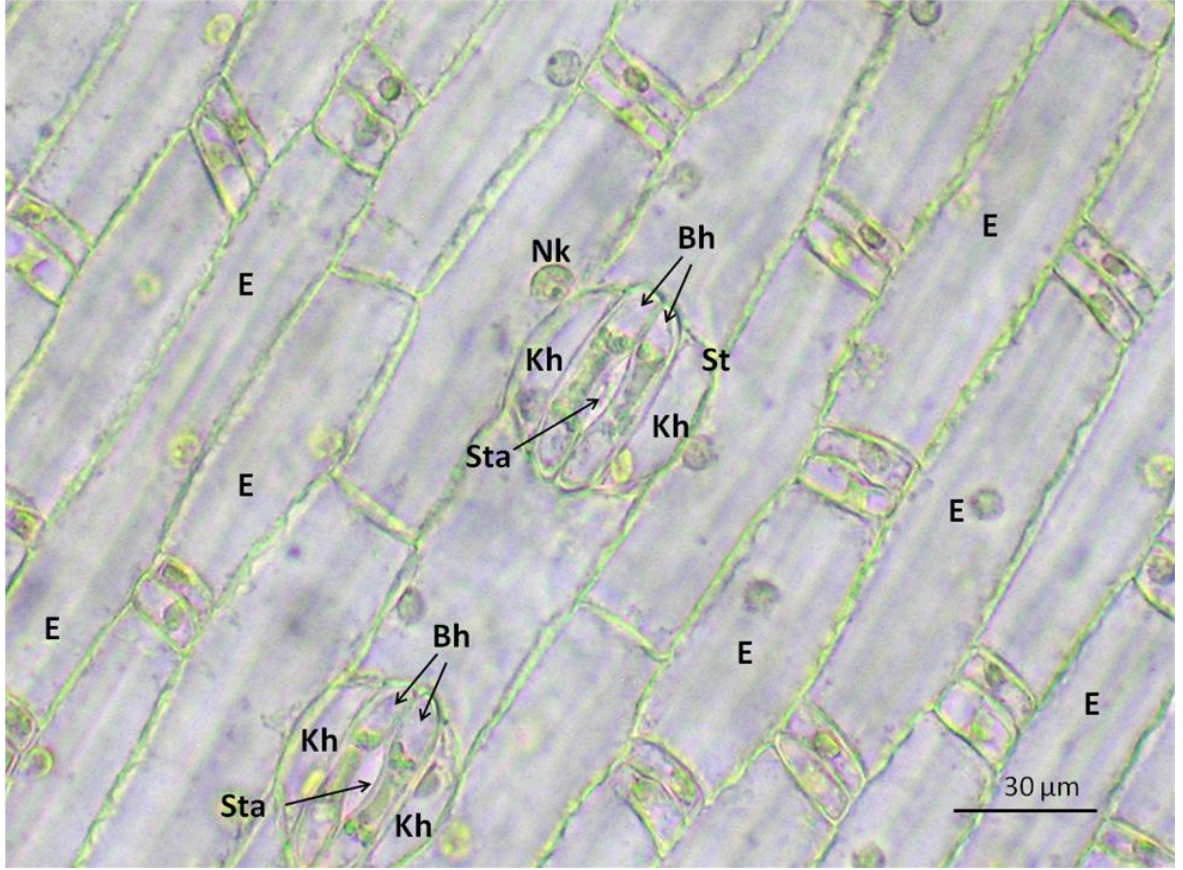
İletim demetleri daha yakından incelendiğinde, korteks içinde dağınık bir dizilişe sahip demetlerin çevresinde sklerenkimatik bir doku yer aldığı görülür. Ksilemin üzerinde bulunan floem, arkadaş hücreleri kalburlu borular ve floem parenkimasından meydana gelmektedir. Ksilemde büyük trakelerin diğer bir deyişle metaksilemlerin arasında trakeidler bulunmakta ve alt kısmında kalın çeperli protoksilem lakunası yer almaktadır (Şekil 76).



Şekil 76. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti (Özgün) (Sk: Sklerenkima, Fl: Floem, Ah: Arkadaş hücresi, Kb: kalburlu boru, Flp: Floem parenkiması, Ks: Ksilem, T: Trake, Tr: Trakeid, Mks: Metaksilem, Pks: Protoksilem lakunası, Ko: Korteks).

Gövdeden alınan yüzeysel kesitlerde, epidermis hücreleri arasında az sayıda gramineae tipi stomaların bulunduğu tespit edilmiştir. Stomalar genelde açık durumdadırlar (Şekil 77).





Şekil 77. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi yüzeysel kesit (Özgün) (E: Epidermis, St: Stoma, Kh: Komşu hücre, Bh: Bekçi hücresi, Sa: Stoma açıklığı, Nk. Nukleus).

#### **4.4 İstatistiksel Analiz Bulguları**

Çalışmada, ekim tarihinden itibaren 60 günlük dönemde yetiştirilen mısır (*Zea mays* L) bitkilerinden, bitki boyu ve yaprak eni ve boyu ölçümleri eşit periyotlarla 6 kez yapılmıştır. Bu ölçümlerden bitki boy ölçümleri Çizelge 12’de, yaprak eni ve boyu ölçümleri Çizelge 13’de verilmiştir.



**BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

Çizelge 12. Uygulama gruplarına göre bitki boyları (cm)

		Dönem No					
		1	2	3	4	5	6
Kontrol	Min	2,93	16,97	24,88	29,18	32,3	36,23
	Max	3,88	22,28	33,23	41,83	50,63	60,63
	Ortalama	3,4375	19,8375	30,2275	37,9125	44,445	51,9275
	Std sapma	0,3897328	2,18349	3,71732	5,89606	8,27883	10,7753
40	Min	5	22,08	30,88	34,7	37,13	40,63
	Max	5,84	25,68	35,48	40,18	46,23	53,95
	Ortalama	5,475	24,05	32,365	38,335	42,8675	48,34
	Std sapma	0,4125934	1,76828	2,15879	2,466	4,06517	5,83896
80	Min	2,12	19,92	26,74	32,78	36,53	41,53
	Max	2,5	23,24	30,54	37,14	43,28	50,58
	Ortalama	2,24	20,985	28,225	34,9	40,23	46,3225
	Std sapma	0,1766352	1,54328	1,68035	2,16173	3,01469	3,8895
160	Min	2,73	17,33	23,9	31,3	33,93	37,75
	Max	4,12	26,14	34,12	41,52	47,08	53,95
	Ortalama	3,4825	22,1425	28,215	34,73	39,615	45,645
	Std sapma	0,5989087	3,81564	4,27362	4,8084	5,69886	6,7954
320	Min	6,8	20,16	25,56	29,34	31,13	33,43
	Max	8,26	24,56	29,88	37,08	42,98	49,58
	Ortalama	7,52	22,37	27,38	32,53	36,4225	41,1525
	Std sapma	0,6918574	2,07007	1,81417	3,44807	5,16832	6,92612
640	Min	4,98	16,76	23,56	29,62	34,28	39,53
	Max	6,46	21,74	28,54	35,94	41,43	48,23
	Ortalama	5,745	19,335	25,41	32,11	37,635	43,7975
	Std sapma	0,6062728	2,03963	2,27183	2,71143	2,93526	3,61482

Bitki boylarından, tohum ekiminden itibaren 10'ar günlük aralıklarla belirlenen 6 dönemde ölçümler alınmıştır. Bu ölçümler, dönemler dikkate alınarak incelenirse, birinci dönemde; en düşük ölçüm, 2,12 cm ile 80 g kül uygulama grubunda, en yüksek ölçüm ise 6,46 cm ile 640 g kül uygulama grubunda görülür. Ortalama değerler incelendiğinde ise, en düşük ortalama  $2,24 \text{ cm} \pm 0,176635217$  ile 80 g kül uygulama grubunda, en yüksek ortalama ise  $7,52 \text{ cm} \pm 0,691857403$  ile 320 g kül uygulama grubunda olduğu tespit

#### **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

edilmiştir. İkinci dönemde; en düşük ölçüm, 16,76 cm ile 640 g kül uygulama grubunda, en yüksek ölçüm ise 26,14 cm ile 160 g kül uygulama grubunda görülür. Ortalama değerler incelendiğinde ise, en düşük ortalama  $19,335 \text{ cm} \pm 2,03963232$  ile 640 g kül uygulama grubunda, en yüksek ortalama ise  $24,05 \text{ cm} \pm 1,768275997$  ile 40 g kül uygulama grubunda olduğu tespit edilmiştir. Üçüncü dönemde; en düşük ölçüm, 23,56 cm ile 640 g kül uygulama grubunda, en yüksek ölçüm ise 35,48 cm ile 40 g kül uygulama grubunda görülür. Ortalama değerler incelendiğinde ise, en düşük ortalama  $25,41 \text{ cm} \pm 2,271827458$  ile 640 g kül uygulama grubunda, en yüksek ortalama ise  $32,365 \text{ cm} \pm 2,15878824$  ile 40 g kül uygulama grubunda olduğu tespit edilmiştir. Dördüncü dönemde; en düşük ölçüm ve en yüksek ölçüm, 29,18 cm ve 41,83 cm ile kontrol grubunda görülür. Ortalama değerler incelendiğinde ise, en düşük ortalama  $32,11 \text{ cm} \pm 2,711432586$  ile 640 g kül uygulama grubunda, en yüksek ortalama ise  $38,335 \text{ cm} \pm 2,466002163$  ile 40 g kül uygulama grubunda olduğu tespit edilmiştir. Beşinci dönemde; en düşük ölçüm, 31,13 cm ile 320 g kül uygulama grubunda, en yüksek ölçüm ise 50,63 cm ile kontrol grubunda görülür. Ortalama değerler incelendiğinde ise, en düşük ortalama  $36,4225 \text{ cm} \pm 5,168322584$  ile 320 g kül uygulama grubunda, en yüksek ortalama ise  $44,445 \text{ cm} \pm 8,278834459$  ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. Altıncı dönemde ise; en düşük ölçüm, 33,43 cm ile 320 g kül uygulama grubunda, en yüksek ölçüm ise 60,63 cm ile kontrol grubunda görülür. Ortalama değerler incelendiğinde ise, en düşük ortalama  $41,1525 \text{ cm} \pm 6,926116637$  ile 320 g kül uygulama grubunda, en yüksek ortalama ise  $51,9275 \text{ cm} \pm 10,77530007$  ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir.

Altıncı dönemde, yani bitkilerin en gelişmiş hallerinde alınan bitki boy ölçümlerinde ortalama değerler karşılaştırıldığında kontrole nazaran bitki boylarında 320 g kül uygulama grubuna kadar bir azalma gözlemlenmiştir. 320 g uygulamasında, 40 g uygulamasının biraz üstünde bir değer görülse de 640 g uygulamasında bitki boy ortalaması en düşük seviyede görülmektedir.

Çizelge 13. Uygulama gruplarına göre yaprak boyu ve eni (cm)

	Dönem No												
	1		2		3		4		5		6		
	Boy	En	Boy	En	Boy	En	Boy	En	Boy	En	Boy	En	
Kontrol	Min	5,88	1,4	10,05	1,66	15,22	1,95	20,86	2,26	25,57	2,51	30,27	2,77
	Max	7,72	1,6	12,34	1,88	21,13	2,48	31,89	3,24	40,87	3,88	49,84	4,52
	Ortalama	7,0775	1,525	11,4775	1,8	19,5475	2,31	28,3475	2,86	35,7075	3,335	43,0425	3,8025
40	Std sapma	0,82302	0,09574	1,07102	0,10456	2,88809	0,24262	5,05105	0,41976	6,88253	0,58221	8,71311	0,73722
	Min	7,18	1,5	10,17	1,6	16,46	1,78	23,32	1,99	29,61	2,18	35,33	2,35
	Max	8,04	1,6	11,18	1,74	18,58	2,15	27,13	2,64	34,97	3,09	42,1	3,5
80	Ortalama	7,5125	1,5375	10,685	1,69	17,6475	2,01	25,24	2,365	32,2025	2,6875	38,5325	2,98
	Std sapma	0,38483	0,04787	0,41413	0,06218	0,91256	0,16104	1,58082	0,27671	2,21298	0,38517	2,793	0,48642
	Min	6,34	1,45	10,08	1,6	16,36	1,83	23,21	2,08	29,49	2,31	35,2	2,52
160	Max	7,23	1,55	11,03	1,67	18,8	2,09	27,28	2,56	35,06	3	42,13	3,4
	Ortalama	6,8175	1,5	10,4025	1,645	17,6675	1,9725	25,595	2,325	32,8625	2,6475	39,1875	2,9425
	Std sapma	0,39373	0,04082	0,42664	0,03317	1,0767	0,13226	1,8897	0,25515	2,64829	0,36809	3,07856	0,47247
320	Min	6,23	1,4	9,98	1,66	17,36	1,97	25,41	2,24	32,79	2,49	39,4	2,72
	Max	7,68	1,6	10,99	1,79	18,23	2,39	27,23	3,05	35,48	3,65	42,98	4,2
	Ortalama	6,9875	1,5	10,4075	1,71	17,92	2,165	26,1125	2,6625	33,6225	3,1175	40,4525	3,5325
640	Std sapma	0,67322	0,08165	0,5096	0,05944	0,41207	0,19824	0,80018	0,38913	1,26278	0,56222	1,70062	0,72284
	Min	7,4	1,55	10,55	1,69	16,07	1,9	22,09	2,13	27,61	2,34	32,63	2,53
	Max	8,74	1,7	11,38	1,79	18,82	2,14	26,98	2,58	34,68	2,98	41,68	3,35
320	Ortalama	8,0425	1,6125	11,0475	1,7375	17,66	2,0025	24,8725	2,295	31,485	2,56	37,4975	2,8025
	Std sapma	0,54835	0,06292	0,40689	0,04113	1,28585	0,10012	2,47639	0,19975	3,58287	0,29303	4,59466	0,38222
	Min	6,54	1,4	10,24	1,62	18,07	2,07	25,67	2,57	32,63	3,02	38,96	3,42
640	Max	7,96	1,6	11,11	1,79	19,13	2,2	28,01	2,7	36,15	3,17	43,55	3,6
	Ortalama	7,3075	1,5	10,8125	1,7125	18,5325	2,16	26,9575	2,6475	34,6775	3,095	41,6975	3,5025
	Std sapma	0,58762	0,08165	0,39042	0,06994	0,44515	0,06055	0,97664	0,05737	1,51704	0,07141	2,01565	0,09106

## **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

Bitkilerdeki yaprakların boy ve en ölçümleri, bitki boy ölçümlerinin yapıldığı aynı dönemlerde, toplamda 6 kez yapılmıştır. Ölçüm dönemlerinde elde ettiğimiz verileri sırasıyla incelediğimizde, birinci dönemde; en düşük yaprak boyu ve eni ölçümleri, 5,88 cm ve 1,4 cm ile kontrol grubunda, en yüksek yaprak boyu ve eni ölçümleri ise, 8,74 cm ve 1,7 cm ile 320 g kül uygulama grubunda görülmüştür. Yaprak boy ve en ortalamalarına baktığımızda ise, en düşük boy ve en ortalaması,  $6,8175 \text{ cm} \pm 0,39373$  ve  $1,5 \text{ cm} \pm 0,04082$  ile 80 g kül uygulama grubunda, en yüksek boy ve en ortalaması,  $8,74 \text{ cm} \pm 8,0425$  ve  $1,7 \text{ cm} \pm 1,6125$  ile 320 g kül uygulama grubunda olduğu tespit edilmiştir. İkinci dönemde; en düşük yaprak boyu, 9,98 cm ile 160 g kül uygulama grubunda, en düşük yaprak eni ise, 1,6 cm ile hem 40 g, hem de 80 g kül uygulama grubunda görülmüştür. En yüksek yaprak boyu ve eni ise, 12,34 cm ve 1,88 cm ile kontrol grubunda olduğu belirlenmiştir. Yaprak boy ve en ortalamalarında en düşük veriler,  $10,4025 \text{ cm} \pm 0,42664$  ve  $1,645 \text{ cm} \pm 0,03317$  ile 80 g kül uygulama grubunda, en yüksek veriler ise,  $11,4775 \text{ cm} \pm 1,07102$  ve  $1,8 \text{ cm} \pm 0,10456$  ile kontrol grubunda belirlenmiştir. Üçüncü dönemde; en düşük yaprak boyu 15,22 cm ile kontrol grubunda, yaprak eni ise, 1,78 cm ile 40 g kül uygulama grubunda, en yüksek ölçümler ise, 21,13 cm ve 2,48 cm ile kontrol grubunda görülmüştür. Ortalama değerler incelendiğinde ise en düşük yaprak boy ortalaması,  $17,6475 \text{ cm} \pm 0,91256$  ile 40 g, yaprak en ortalaması ise  $1,9725 \text{ cm} \pm 0,13226$  ile 80 g kül uygulama grubunda görülmektedir. En yüksek yaprak boy ve en ortalaması ise,  $19,5475 \text{ cm} \pm 2,88809$  ve  $2,31 \text{ cm} \pm 0,24262$  ile kontrol grubunda tespit edilmiştir. Dördüncü dönemde; en düşük yaprak boyu 20,86 cm ile kontrol, yaprak eni ise 1,99 cm ile 40 g kül uygulama grubunda, en yüksek yaprak boy ve eni ise, 31,89 cm ve 3,24 cm ile kontrol grubunda görülmektedir. Ortalamalar incelendiğindeyse, en düşük yaprak boy ve en ortalaması,  $24,8725 \text{ cm} \pm 2,47639$  ve  $2,295 \text{ cm} \pm 0,19975$  ile 320 g kül uygulama grubunda, en yüksek ortalamalar ise,  $28,3475 \text{ cm} \pm 5,05105$  ve  $2,86 \text{ cm} \pm 0,41976$  ile kontrol grubunda olduğu belirlenmiştir. Beşinci dönemde; en düşük yaprak boyu 25,57 cm ile kontrol, yaprak eni ise 2,18 cm ile 40 g kül uygulama grubunda, en yüksek yaprak boy ve eni ise, 40,87 cm ve 3,88 cm ile kontrol grubunda görülmektedir. Ortalamalara bakıldığında, en düşük yaprak boy ve en ortalaması,  $31,485 \text{ cm} \pm 3,58287$  ve  $2,56 \text{ cm} \pm 0,29303$  ile 320 g kül uygulama grubunda, en yüksek ortalamalar ise,  $35,7075 \text{ cm} \pm 6,88253$  ve  $3,335 \text{ cm} \pm 0,58221$  ile kontrol grubunda görülmüştür. Altıncı dönemde de; en düşük yaprak boyu 30,27 cm ile kontrol, yaprak eni ise 2,35 cm ile 40 g kül uygulama grubunda, en yüksek yaprak boy ve eni ise, 49,84 cm ve 4,52 cm ile kontrol grubunda görülmektedir. Ortalamalarda ise, en



#### **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

düşük yaprak boy ve en ortalaması, 37,4975 cm  $\pm$  4,59466 ve 2,8025 cm  $\pm$  0,38222 ile 320 g kül uygulama grubunda, en yüksek boy ve en ortalaması ise, 43,0425 cm  $\pm$  8,71311 ve 3,8025 cm  $\pm$  0,73722 ile kontrol grubunda görülmüştür.

Yaprak en, boy verilerini, yaprakların en gelişmiş seviyede olduğu altıncı dönemdeki ortalama değerler üzerinden değerlendirirsek en doğru sonuca ulaşmamız mümkündür. Bu bağlamda yaprakların en ölçümlerinin ortalamaları incelendiğinde, ortalama değerlerin kontrol grubuna göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. 80 g ve 160 g uygulamalarında, 40 g uygulamasına göre ortalama en değerlerinde artış görülse bile, 320 g uygulamasında 40 g uygulamasından bile daha düşük bir değer görülmektedir. 640 g uygulamasında ise en ortalaması uygulamalar arasında en yüksek seviyeye ulaşmış olsa bile kontrol grubundaki en ortalamasının altında bir değerde kalmıştır.

Yaprak boy ortalamalarında da en yüksek değer, yaprak en ortalamalarında olduğu gibi kontrol grubunda görülmüştür. 40 ve 80 g uygulamalarında boy ortalamasının giderek azaldığı görülmüştür. 160 g uygulamasında ise boy ortalamasının artarak kontrol grubu değerlerine en yakın seviyeye ulaştığı gözlemlenmiştir. 320 g uygulamasında boy ortalaması, 80 g uygulama değerlerinde de düşük seviyede olup, en düşük boy ortalaması bu grupta görülmüştür. 640 g uygulamasında ise boy ortalamasında artış gözlemse 160 g uygulama grubu değerinden düşük seviyede kalmıştır.

Elde edilen bu veriler baz alınarak yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 14’de verilmiştir.

Çizelge 14. Bitki boyu, yaprak boyu ve eni bakımından dönemlere ilişkin tanıtıcı istatistikler ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (cm)

DÖNEM	BİTKİ BOYU		YAPRAK BOYU		YAPRAK ENİ	
	$\bar{X}$	$S_{\bar{X}}$	$\bar{X}$	$S_{\bar{X}}$	$\bar{X}$	$S_{\bar{X}}$
1	4.650 F	.380	7.291 F	.136	1.529 E	.015
2	21.453 E	.541	10.805 E	.132	1.716 E	.015
3	28.637 D	.685	18.163 D	.297	2.103 D	.038
4	35.086 C	.851	26.188 C	.523	2.526 C	.069
5	40.202 B	1.103	33.426 B	.709	2.907 B	.096
6	46.198 A	1.407	40.068 A	.902	3.260 A	.123

NOT: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P $\leq$ 0.05).  $\bar{X}$  = Ortalama,  $S_{\bar{X}}$  = Standart hata

#### **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

Çizelge 14’de, Dönem ve Uygulamanın, bitki boyu, yaprak boyu ve eni üzerine birlikte etkisini araştırmak amacıyla yapılan analiz sonucunda üç özellik bakımından da yalnızca dönemin ( $P=0.000$ ) önemli bir etkisinin olduğu, Uygulama ( $P>0.07$ ) ve Uygulama x Dönem ( $P>0.08$ ) etkilerinin önemli olmadığı görülmüştür.

Birbirini takip eden periyodik ölçüm dönemleri arasında zamanın ilerlediği göz önünde bulundurulup ve bitkilerinde bu zaman aralığında büyüdüğü de düşünülürse bu sonucun çıkması beklenilmektedir.

Hem yaprakta alt ve üst yüzeylerdeki stomaların, hem de gövdede bulunan stomaların uygulamalar bazında indekslenmesinde  $0,166 \text{ mm}^2$ ’lik birim alanda 3 tekrarlı 50 ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda elde edilen veriler, yaprak bazında Çizelge 15’de, gövde bazında Çizelge 16’da verilmiştir.

Çizelge 15. Yaprakta uygulama gruplarına göre stoma indeksi

	Kontrol		40		80		160		320		640	
	üst	alt	üst	alt	üst	alt	üst	alt	üst	alt	üst	alt
Min	7,609	19,767	5,05	16,66	4,761	17,241	8,602	20,548	3,906	18,987	5,405	3,225
Max	23,232	30,526	22,093	29,787	26,027	32,53	24,21	31	28,767	34,615	28,767	33,333
Ortalama	14,2833	24,3288	12,3955	23,6711	12,917	24,273	15,2379	25,7885	15,2811	24,6671	12,6402	21,3107
Std sapma	4,15237	2,35509	3,36413	2,54735	4,26398	3,49154	3,84972	2,5766	4,16289	3,11236	3,98463	4,76335

Çizelge 16. Gövdede uygulama gruplarına göre stoma indeksi

	Kontrol		40		80		160		320		640	
	üst	alt	üst	alt	üst	alt	üst	alt	üst	alt	üst	alt
Min	0,704	0,729	0,84	0,943	0,746	0,719						
Max	15,596	12,149	10,526	13,084	12,72	10,81						
Ortalama	6,33111	5,13787	4,61444	6,13388	5,28484	4,71342						
Std sapma	3,31951	2,30389	2,29372	2,52795	2,80313	2,31283						

## **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

Yaprakta uygulama gruplarına göre stoma indeksi verileri incelendiğinde, üst yüzeyde en düşük stoma indeksi 3,906 ile 320 g kül uygulama grubunda, en yüksek stoma indeksi ise 28,767 ile 320 ve 640 g kül uygulama grubunda görülmüştür. Ortalama değerlere göre en düşük değer  $12,3955 \pm 3,36413$  ile 40 g kül uygulama grubunda, en yüksek değer ise  $15,2811 \pm 4,16289$  320 g kül uygulama grubunda tespit edilmiştir. Alt yüzeyde en düşük stoma indeksi 3,225 ve en yüksek stoma indeksi ise 33,333 ile 640 g kül uygulama grubunda görülmüştür. Ortalama değerlere göre alt yüzeyde en düşük değer  $21,3107 \pm 4,76335$  ile 640 g kül uygulama grubunda, en yüksek değer ise  $25,7885 \pm 2,5766$  ile 160 g kül uygulama grubunda görülmüştür.

Yaprak üst yüzey stoma indeksi veriler ortalama değerler bazında incelendiğinde, 80 g uygulamasında stoma indeksi ortalaması sırası ile 640 ve 40 g uygulamalarının değerine göre biraz yüksek olsa bile, üç uygulamanında stoma indeksi ortalamaları kontrol grubu ortalamasından daha düşüktür. 160 ve 320 g uygulama gruplarında ortalamaların giderek arttığı ve kontrol grubu stoma indeksi ortamasından yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yaprak alt yüzey stoma indeksi ortalamalarında ise, kontrol grubu ortalamasından düşük değerler, büyükten küçüğe 80, 40 ve 640 g uygulamalarında görülmüştür. 160 g uygulamasında alt yüzey stoma indeksi ortalaması en yüksek değerde görülmüştür. 320 g uygulamasındaki ortalama değer 160 g uygulaması değerinden düşük olsa da kontrol grubu alt yüzey stoma indeksi ortalamasından büyüktür.

Gövdede uygulama gruplarına göre stoma indeksi verileri değerlendirildiğinde, en düşük 0,704 ve en yüksek 15,596 değerlerinin ikisinde kontrol grubunda gözlenmiştir. Ortalama değer olarak en düşük  $4,6144 \pm 2,29372$  ile 80 g kül uygulama grubunda, en yüksek ise  $6,33111 \pm 3,31951$  ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir.

Gövdede stoma indeksi ortalamaları incelendiğinde uygulama grubu değerlerinin kontrol grubu değerinde daha düşük olduğu görülmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta 40 ve 80 g uygulama gruplarının ortalama değerleri kontrole göre giderek düşerken, 160 g uygulamasında ortalama stoma indeksi neredeyse kontrol grubu değeri seviyesine kadar yükselmiştir. Buna rağmen 320 ve 640 g uygulamaları değerlerinde tekrar bir düşüş olduğu belirlenmiştir.

Son hasatla birlikte yapılan yaprak iletim demeti en-boy ölçümleri Çizelge 17’de, gövde iletim demeti en-boy ölçümleri Çizelge 18’de ve bulliform hücreleri en-boy ölçümleri Çizelge 19’da verilmiştir.



Çizelge 17. Uygulama gruplarına göre yaprakta iletim demetleri boy-en ölçümleri

	Kontrol		40		80		160		320		640	
	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)
Min	35	37,5	27,5	37,5	37,5	42,5	32,5	40	35	35	40	42,5
Max	212,5	187,5	152,5	140	212,5	170	212,5	170	187,5	152,5	187,5	160
Ortalama	70,5833	72,25	60,1667	63,4444	77,4722	76,4722	79,8889	78,6111	86,8889	82,8889	77,1667	79,8611
Std sapma	37,8681	33,3416	25,4256	23,5584	42,0982	32,9493	45,9221	38,2318	46,6012	37,5719	38,6303	34,1168

Çizelge 18. Uygulama gruplarına göre gövdede iletim demetleri boy-en ölçümleri

	Kontrol		40		80		160		320		640	
	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)
Min	87,5	87,5	50	60	112,5	100	110	120	87,5	80	100	90
Max	350	270	255	250	287,5	262,5	335	300	340	300	275	225
Ortalama	224,778	203,844	178,972	169,528	202,528	190,361	221,194	192,917	200,722	179,528	186,083	169,083
Std sapma	64,0012	39,9158	50,3428	37,3694	40,6504	30,1274	52,9405	30,8431	60,7748	43,5017	47,4298	25,1636

Çizelge 19. Uygulama gruplarına göre bulliform hücrelerinin boy-en ölçümleri

	Kontrol		40		80		160		320		640	
	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)	Boy (µm)	En (µm)
Min	40	37,5	40	45	37,5	62,5	47,5	50	42,5	45	42,5	50
Max	90	240	87,5	267,5	112,5	462,5	87,5	400	105	375	80	332,5
Ortalama	59,5833	114,75	58,2222	115,75	65,2778	146,667	62,9444	126,75	64,25	131,761	62,3333	130,444
Std sapma	7,81861	54,0963	9,95245	46,4973	13,3579	75,6507	8,40995	57,785	9,66758	79,4357	8,14027	67,7172

## **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

Yaprak iletim demeti verileri boy açısından incelendiğinde, en düşük değer 27,5 µm ile 40 g kül uygulama grubunda, en yüksek değer ise 212,5 µm ile 80 ve 160 g kül uygulama grubunda görülmüştür. Ortalama boy değerleri bakımından en düşük 60,1667 µm ±25,4256 ile 40 g kül uygulama grubunda, en yüksek değer ise 86,8889 µm ±46,6012 ile 320 g kül uygulama grubunda tespit edilmiştir. Yapraktaki iletim demetleri en ölçüm verileri incelendiğinde, en düşük değer 35 µm ile 320 g kül uygulama grubunda, en yüksek değer 187,5 µm ile kontrol grubunda belirlenmiştir. Ortalama en değerleri bakımından en düşük 63,44 µm ±23,5584 ile 40 g kül uygulama grubunda, en yüksek değer ise 82,8889 µm ±37,5719 ile 320 g kül uygulama grubunda tespit edilmiştir.

Yaprakta iletim demeti boy ve en ölçümleri ortalama değerler üzerinden değerlendirildiğinde, 40 g uygulama grubundan hem en hem de boy ortalamasının kontrol grubuna göre daha düşük seviyede olduğu görülmektedir. 80 g uygulamasından başlamak üzere sırasıyla 160 ve 320 g uygulamalarında boy ve en ortalamalarında artış olduğu belirlenmiş ve en yüksek ortalama değerler 320 g uygulamasında görülmüştür. 640 g uygulamasında değerler kontrol grubuna nazaran yüksek olmasına karşın boy ortalaması 80 g uygulama grubu değerinden, en ortalaması ise 320 g uygulama grubu değerinden düşüktür.

Gövde iletim demeti verileri boy açısından incelendiğinde, en düşük değer 50 µm ile 40 g kül uygulama grubunda, en yüksek değer 350 µm ile kontrol grubunda görülmüştür. Ortalama boy değerleri arasında en düşük değer 178,972 µm ±50,3428 ile 40 g kül uygulama grubunda, en yüksek değer ise 224,778 µm ±64,0012 ile kontrol grubunda belirlenmiştir. Bu veriler en açısından incelendiğinde, en düşük değer 60 µm ile 40 g kül uygulama grubunda, en yüksek değer 300 µm ile 160 ve 320 g kül uygulama gruplarında tespit edilmiştir. Ortalama en değerleri bakımından ise, en düşük değer 169,083 µm ±25,1636 640 g kül uygulama grubunda, en yüksek değer ise 203,844 µm ±39,9158 ile kontrol grubunda görülmüştür.

Gövdede iletim demeti boy ve en ortalamaları incelendiğinde, uygulama gruplarının ortalamalarının kontrol grubu ortalamalarına göre daha düşük olduğu görülmektedir. 40, 80 ve 160 g uygulamalarında boy ve en ortalamalarının kendi aralarında sırasıyla arttığı belirlenmiştir. 320 g uygulamasında hem boy hem de en ortalamasının, 80 g uygulama grubu değerlerinden düşük olduğu bulunmuştur. 640 g uygulama grubunda ise boy ortalaması 320 g uygulaması, en ortalaması ise 40 g uygulaması değerlerinden daha düşüktür.

## **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

Uygulama gruplarına göre bulliform hücrelerinin boy-en ölçümleri verilere göre, boy bakımından en düşük değer 37,5 µm ile en yüksek değer 112,5 µm 80 g kül uygulama grubunda görülmüştür. Ortalama boy değeri bakımından incelenirse, en düşük 58,2222 µm±9,95245 değeri ile 40 g kül uygulama grubunda, en yüksek 65,2778 µm±13,3579 değeri ile 80 g kül uygulama grubunda belirlenmiştir. En bakımından incelenen verilere göre, en düşük 37,5 µm ile kontrol grubu, en yüksek değer olarak ise 462,5 µm ile 80 g kül uygulama grubunda görülmüştür. Ortalama en değeri bakımından incelenirse, en düşük 114,75 µm±54,0963 ile kontrol grubunda, en büyük değer ise 146,667 µm±75,6507 ile 80 g kül uygulama grubunda görülmüştür.

Bulliform hücrelerinin boy ortalamaları incelendiğinde, 40 g uygulama grubu hariç diğer grupların boy ortalamalarının kontrol grubundan daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Bu gruplar, boy ortalamasına göre küçükten büyüğe doğru 640, 160, 320 ve 80 g uygulama grupları olarak sıralanabilir. En ortalamaları karşılaştırıldığında ise, bütün grupların kontrol grubundan daha büyük değerlere sahip olduğu görülür ve bu gruplar küçükten büyüğe 40, 160, 640, 320 ve 80 g uygulama grupları şeklinde sıralanır.

Bu üç veri birlikte değerlendirildiği, yaprakta bulliform hücreleri, yaprakta iletim demetleri ve gövdede iletim demetlerinin uygulamalara göre en ve boyları arasındaki korelasyon kat sayıları Çizelge 20’de verilmiştir.

Çizelge 20. Yaprakta bulliform hücreleri, yaprakta iletim demeti ve gövdede iletim demetlerinin uygulamalara göre en ve boyları arasındaki korelasyon kat sayıları

UYGULAMA	Bulliform		Y. İletim Demeti		G. İletim Demeti	
	r	P	r	P	r	P
Kontrol	0.615	0.000	0.978	0.000	0.795	0.000
40	0.424	0.019	0.964	0.000	0.791	0.000
80	0.280	0.135	0.984	0.000	0.794	0.000
160	0.680	0.000	0.978	0.000	0.680	0.000
320	0.568	0.001	0.987	0.000	0.873	0.000
640	0.318	0.086	0.961	0.000	0.780	0.000
GENEL	0.495		0.977		0.791	

r = En ve boy arasındaki korelasyon kat sayısı

P= Önemlilik düzeyi

Yaprakta bulliform hücreleri, yaprakta iletim demetleri ve gövdede iletim demetlerinin uygulamalara göre en ve boyları arasındaki korelasyon kat sayıları

## **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

bakımından uygulamalar arasında önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür ( $P>0.10$ ). Korelasyon katsayıları arasında uygulamalara göre farklılık bulunmadığından dolayı Yaprakta bulliform hücreleri, Yaprakta İletim demeti ve Gövdede İletim demetlerinin en ve boyları arasındaki ilişki için korelasyon kat sayıları tahmin edilmiştir. Buna göre en ve boy özellikleri arasındaki en güçlü ilişkinin Y. İletim demetlerinde ( $r=0.977$ ) ve en zayıf ilişkininde Bulliform hücrelerinde ( $r=0.495$ ) olduğu görülmüştür.

Bu çalışma, termik santral taban külü ve uçucu külü gibi toz atıkların gübre olarak kullanılıp, kullanılamayacağına tespit edilmesi, eğer kullanılabilirliği varsa bu küllerin taşınması ve depolanması sırasında ortaya çıkabilecek çevresel zararları en az düzeye indirilmesi ve hatta çevreye faydalı olacak şekilde kullanım alanlarına sahip olup olmadığına belirlenmesi için öncül bir çalışma olması amacıyla yapılmıştır.

Bu küllerin kullanımının olumlu etkilerinin olduğu daha önce yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Örneğin, termik santral uçucu küllerinin bitkilerde kuru madde miktarları üzerine olumlu etkileri olduğuna ilişkin sonuçlar sıklıkla rapor edilmektedir. Termik santral uçucu küllerinin buğday bitkisine etkilerinin araştırıldığı bir saksı denemesinde %50 oranında uygulanan uçucu kül, bitkinin boyunu, yaprak alanını, başak uzunluğunu ve bitki kuru madde miktarını arttırmış, toprak+uçucu kül uygulaması, toprak+%10 kompost ve toprak+%0,6 N-P-K uygulamaları ile karşılaştırılabilir düzeyde bulunmuştur. Uçucu küllerin bertaraf edilmesinde ve değerlendirilmesinde bu yöntemin uygulanabilirliği yüksek bulunmuştur (Tripathy ve Sahu, 1997).

Uçucu küllerin tarım topraklarına uygulanmasıyla beraber toprak tekstürü, yoğunluğu, su tutma kapasitesi, pH ve toprakta kabuklanma üzerine olumlu etkiler gözlenmekte; bitki gelişmesi ve verim de artmaktadır. Toprağa %25 oranında uygulanan uçucu kül, kontrol ile karıştırıldığında lahana bitkisinde %29, domateste %40, patates ve bezelyede %45 ve patlıcanda %50-60 verim artışına yol açmıştır. 10 ton/ha uçucu kül ilavesiyle buğday verimi 2,15 t/ha'dan 2,45 t/ha'a, pamuk verimi ise 1245 kg/ha'dan 1443 kg/ha'a yükselmiştir. Verim artışlarının yanı sıra bitki kuru maddesi miktarında da artış kaydedilmiştir. Uçucu kül uygulamasının dezavantajları olarak da, yeraltı suyu kirlenmesi, bitkilerin ağır metal alımlarında artış, radyoaktif bulaşma gösterilmiştir (Adriano ve ark., 2002; Uğur ve ark., 2003; Mishra, 2004).

Hindistan'da uçucu küllerin toprak ve bitki üzerine etkilerinin araştırıldığı tarla denemesi şeklinde düzenlenen diğer bir çalışmada, 10-50 t/ha arasında değişen dozlarda uçucu kül toprağa karıştırılmış ve uçucu külün buğday (*Triticum aestivum* L.), hardal



## **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

(*Brassica juncea* L.), mercimek (*Lens esculenta* Moench.), pirinç (*Oryza sativa* L.) ve mısır (*Zea mays* L.) bitkilerinin verim ve gelişmeleri ile toprağın bazı önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kül uygulaması toprak özellikleri ile verim üzerine olumlu etkiler yapmıştır (Kalra ve ark., 2003).

Termik santral uçucu küllerinin elementsel zenginliklerinden yararlanmak amacıyla yapılan tarımsal uygulamalarda toprak ve bitkinin tepkisi bakımından olumlu sonuçlar alınmıştır. Uçucu küllerin toprağın temel fizikokimyasal özelliklerini olumlu etkilediği, onların bitki besin elementi ve diğer elementlerce zengin oldukları ancak azot ve bazen de elverişli fosfor (toprakta fiksasyona uğramamış) yönünden fakir oldukları bildirilmektedir. Uçucu küllerin kontrollü şartlarda, tarımsal alanlarda etkili ve güvenilir bir şekilde uygulanabilirliğinin bulunduğu ve uygulamaların toprak düzenlemesi üzerine olumlu etkilerinin bulunduğu bildirilmiştir (Gupta ve ark., 2002).

Bütün istatistiksel analiz sonuçlarına göre taban külü uygulamasının anatomik ve morfolojik parametreler üzerinde etkileri incelendiğinde; bitki boyu, yaprak boyu ve eni, gövde stoma indeksi, gövde iletim demetlerinin boyu ve eni gibi parametrelerde tüm uygulama gruplarında kontrol grubu değerlerinin altında iken, yaprak stoma indeksinde ise sadece 160 ve 320 g uygulama gruplarında kontrol grubundan daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür.

Yaprak iletim demetlerinin boy ve en, bulliform hücrelerinin ise boy gelişiminde sadece 40 g uygulama grubunun, kontrol grubuna göre olumsuz etkilere sebep olduğu görülmüştür.

Klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid miktarlarında tüm uygulama gruplarının, kontrol grubuna göre daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Yaprak iletim demetlerinin boy ve en gelişiminde kontrol grubuna göre tüm uygulama gruplarının olumlu, özellikle de 320 g uygulama grubunda çok olumlu etkileri olduğu görülmüştür.

Bulliform hücrelerinin boy ve en gelişiminde ise, kontrol grubuna göre tüm uygulama gruplarında olumlu etkileri olduğu görülmüş ve en yüksek değerler 80 g uygulama grubunda tespit edilmiştir.

Çimlenen tohum sayısı ve çimlenme yüzdeleri incelendiğinde, 80 ve 160 g uygulamalarından, kontrol grubuna göre daha düşük sonuçlar alınmıştır. Diğer kül uygulamalarında ise kontrol grubuna göre daha yüksek rakamlara ulaşmıştır.

#### **BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Mustafa Eray BOZYEL**

Uygulanan taban külü dozlarının, ölçümü yapılan parametreler üzerinde kontrol grubuna göre en yüksek ve en düşük değerler göz önünde bulundurularak, olumlu veya olumsuz yönde etkilerinin teker teker değerlendirilmesi daha sağlıklı bir sonucun elde edilmesinde yardımcı olacaktır.

Buna göre; 40 g taban külünün, yaprak üst yüzey stoma indeksi, yaprak iletim demetlerinin boy ve en, gövde iletim demetlerinin boy ve bulliform hücrelerinin ise boy gelişiminde olumsuz etkilere sebep olduğu görülmüştür. Ayrıca yapraktaki karotenoid miktarı üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

80 g taban külünün, tohumların çimlenme yüzdesi ve gövde stoma indeksi üzerinde olumsuz etkiye sahip olmasına karşın, bulliform hücrelerinin boy ve en gelişiminde olumlu sonuçlara sebep olduğu gözlemlenmiştir.

160 g taban külünün sadece yaprak üst ve alt yüzey stoma indekslerine olumlu bir etkisi vardır.

320 g taban külünün ise hem tohumların çimlenme yüzdesi, hem de yaprak iletim demetlerinin boy ve en gelişiminde olumlu etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte hem bitki boy gelişim, hem de yaprak boy ve en gelişimine olumsuz etkide bulunduğu açık bir şekilde görülmektedir.

640 g taban külünün, klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları üzerinde olumlu etkisi olmasına rağmen yaprak alt yüzey stoma indeksi ve gövde iletim demetleri en gelişimi üzerinde olumsuz etkiye neden olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Bu sonuçlara ilaveten anatomik bulgular incelendiğinde, yaprakta sklerenkimatik liflerinde lignin artışına bağlı olarak çeperlerindeki kalınlaşmaların, sklerenkimatik dokunun yoğunluğundaki artışın, epidermisteki kutikula kalınlığındaki artışın ve demet kını hücrelerindeki kloroplast sayısındaki gözle görülebilir artışın uygulanan taban külü miktarıyla doğru orantılı olduğu görülmüştür.

## **BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER**

Dünyada ve ülkemizde artan nüfusa, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşmasına ve gelir seviyesinin yükselmesine paralel olarak enerji tüketimi de artmaktadır. Bu tüketimi karşılayabilmek için enerji üretiminin hangi kaynaklardan sağlanacağı, bu kaynaklardan hangi oranlarda faydalanılacağı, kaynakların yenilenebilir olması, ülkelerin enerji politikalarını belirlemede en önemli ve önceliği yüksek konulardır. Ayrıca, sürdürülebilir bir kalkınmanın olabilmesi için kullanılacak enerji kaynaklarının çevreye zarar vermemesi de büyük önem taşımaktadır. Başlıca enerji üretim kaynakları olarak geçmişte olduğu gibi günümüzde de fosil kökenli yakıtlar kullanılmaktadır. Bu yakıtlar çoğunlukla termik santrallerde yakılarak enerji üretimi sağlanmaktadır. Bu yakıtların yanmasıyla açığa çıkan atıklar çevreye zarar verecek yapıdadırlar. Bu atıklardan başlıcaları zehirli SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> ve CO<sub>x</sub> gazları ve toz atık diye adlandırılan uçucu kül ve taban külleridir. Termik santrallerle ilgili başlıca problemlerden biri bu gazların bacalardan filtrelenmeden, doğrudan havaya karışması ve havadaki miktar artışına bağlı olarak asit yağmurları riskinde de artışa sebep olmasıdır. Ayrıca küllerin depolanması en büyük problemlerden biridir. Çan Termik Santrali istisnai bir durum teşkil ediyor bile olsa, ülkemiz genelinde termik santrallerin bacalarından çevreye uçucu küller yayılmakta veya kazan içinde kalan taban küllerini deponi alanlarında, açık havada depo edilmeye çalışılmaktadır. Bu durum çevreye büyük zarar vermektedir. İnsanlar, bu küllere maruz kalan bitkiler, hayvanlar veya kirlenen yeraltı sularıyla doğrudan veya dolaylı olarak olumsuz etkilenmektedirler. Bu küllerin oluşumunu engellemek zor olması nedeniyle, farklı alanlarda kullanımı ön plana alınarak, bu kirlilik problemi ortadan kaldırılabilir. Bu alanların başlıcaları inşaat sektörü ve tarımsal alanlar olarak ön görülmektedir. Tarımsal alanlarda kullanımlarda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada da, problemin çözülmesinde katkıda bulunulmak amacıyla, Çanakkale bölgesinde kurulu bulunan Çan Termik Santrali'nden kaynaklanan taban küllerinin tarımsal amaçlı, özellikle gübre olarak kullanılıp, kullanılmayacağı incelenmiştir. Elde edilen anatomik bulgular ve yapılan analizler sonucunda, uygulanan farklı kül miktarlarına bağlı olarak, yaprakta, sklerenkimatik liflerde lignin birikimine bağlı çeper kalınlaşmalarında, sklerenkimatik dokuda, kutikula kalınlığında ve demet kını hücrelerindeki kloroplast sayısında artış görülmesine ve çimlenme yüzdesi, yapraktaki klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve

karotenoid miktarı, yaprak üst ve alt yüzey stoma indeksi, bulliform hücreleri boy ve en gelişimi ve yaprak iletim demetleri boy ve en gelişimi parametrelerinde olumlu etkilere sebep olduğu belirlenmesine rağmen, bu küllerin bitkinin genel gelişimine ket vurucu özellikte bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, örnek bir çalışma olarak kabul edilip, kapsamı genişletilip, ağır metal analizleri yapılarak bitki gelişiminde inhibe edici etkisi olanların belirlenmesi gibi farklı parametreler ilave edilerek, küçük doz aralıklarında, farklı bitkiler üzerinde, uzun bir sürece yayılan ve sıkı kontrol edilen, çok tekrarlı denemelerle yapılmasıyla daha sağlıklı sonuçlara ulaşılabileceği düşünülmektedir. Böyle bir çalışma sonucunda, bu santralin çevreye, bitkilere, havaya, toprağa, yeraltı sularına olumlu veya olumsuz etkileri daha iyi gözlemlenebilir ve kesinleştirilmiş sonuçlara ulaşılabilir.



## KAYNAKLAR

- Adriano D.C., Weber J., Bolan N.S., Paramasivam S., Koo B.J., Sajwan K.S., 2002. Effects of High Rates of Coal Fly Ash on Soil, Turfgrass, and Ground Water Quality. *Water Air and Soil Pollution* 139 (1-4): 365-385.
- Anonim, 2004. *2004 Türkiye Enerji Raporu*, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.
- Arnon D.I., 1949. Copper Enzymes in Isolated Chloroplast Polyphenol Oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.*, 24: 1-15.
- Avcı S., 2005. Türkiye'de Termik Santraller ve Çevresel Etkileri. *İ.Ü. Coğ. Derg.*, 13: 1-26.
- Baba A., Gurdal G. ve Sengunalp F., 2008. Effects of Leachant Temperature and pH on Leachability of Metals from Fly Ash. A Case Study: Can Thermal Power Plant, Province of Canakkale, Turkey. *Environ Monit Assess*, 139: 287-298.
- Bayat O., 1998. Characterisation of Turkish Fly Ashes, *Fuel*, 77: 1059-1066.
- Benson G.O. ve Pearce, R.B., 1987. Corn Perspective and Culture. In: Watson S.A. ve Ramstad P.E., (eds.) *Corn: Chemistry and Technology*, American Association of Cereal Chemistry, St. Paul, Minnesota, USA. 1-29.
- Bhattacharjee U. ve Kandpal T.C., 2002. Potential of Fly Ash Utilisation in India. *Energy* 27 (2): 151-166.
- Boylu F. ve Ateşok G., 1999. Çevre Dostu Yeni Bir Enerji Hammaddesi: Kömür-Su Karışımları. *Türkiye'de Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Sempozyumu*, Ankara. 154-162.
- Brenner C., 1991. *Biotechnology and Developing Country Agriculture: The Case of Maize*. OECD Publications, Paris, 102 p.

- Bulut Y., 2004, Soma Termik Santralin'de Yanan Kömürlerin ve Katı Atıkların Mineralojisi, Petrografisi ve Element İçeriği, Manisa Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Cutler D.F., Botha C.E.J. ve Stevenson D.W., 2007. *Plant Anatomy An Applied Approach*. Blackwell, Oxford. 302 p.
- Doğan Ö., 2007. Afşin/Elbistan Termik Santrali Uçucu Küllerinden Çöktürülmüş Kalsiyum Karbonat (CaCO<sub>3</sub>) Kazanım Koşullarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- DPT, 2000. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 23 Temmuz 2011. <http://ekutup.dpt.gov.tr/plan/plan.asp>.
- Ekinci E., Pogson B. ve Fells I., 1984. Sulfur Diokside Capture by the Inorganic Matrix of a Low Grade Fuel in a FBC, *Journal of the Institute of Energy*, 368-372.
- Elçi Ş., Kolsarıcı Ö., ve Geçit H.H., 1987. *Tarla Bitkileri*, A.Ü. Ziraat Fak. Yay., 1008, Ofset Basım, 30, 238s.
- Esenlik S., 2005. Orhaneli Termik Santralında Yanan Kömürlerin ve Katı Atıkların Mineralojisi ve Petrografisi, Bursa-Türkiye, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- FAOSTAT, 2011. Maize Production Data. 20 Temmuz 2011, <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx#ancor>.
- Finkelman R.B. ve Gross P.M.K., 1999. The Types of Data Needed for Assessing The Environmental and Human Health Impacts Of Coal, *International Journal of Coal Geology*, 40: 91-101.
- Goldemberg J. ve Johansson T.B., 2004. World Energy Assessment: Overview Update. New York: United Nations Development Programme.
- Gupta D.K., Rai U.N., Tripathi R.D. ve Inouhe M., 2002. Impacts of Fly-Ash on Soil and Plant Responses. *Journal of Plant Research*, 115: 401-409.

- Gür F., 2006. Batı Anadolu Termik Santralleri Çevresinde Radyoaktif Ve Ağır Metal Kirliliğinin Biyomonitörlerle Saptanması.(Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir.
- Henry A.F., Thomas L.R., James C.H. ve Uschi M.G., 1998. Characterization of Fly ash from Israel with Reference to Its Possible Utilization, *Fuel*, 215 – 223.
- Henttonen J., Kojo I.V. ve Kortela U., 1992. Optimising Control of NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> Emissions in the FBC Process, *Journal of the Institute of Energy*: 118-121.
- Ilgar R., 2008. Çan Termik Santral Projesi. *Marmara Coğ. Derg.* 17: 154-171.
- Iyer R.S. ve Scott J.A., 1999. Power Station Fly Ash-a Review of Value – Added Utilization Outside of the Construction Industry, *Resources Consevation and Recycling*, 31 (3): 217-228.
- Kalra N., Jain M.C., Joshi H.C., Chaudhary R., Kumar S., Pathak H., Sharma S.K., Kumar V., Kumar R, Harit R.C., Khan S.A. ve Hussain M.Z., 2003. Soil Properties and Crop Productivity As Influenced by Flyash Incorporation in Soil. *Environmental Monitoring and Assessment* 87: 93-109.
- Karaca A., Türkmen C., Arcak S., Haktanı, K., Topçuoğlu B. ve Yıldız H., 2009. Çayırhan Termik Santralı Emisyonlarının Yöre Topraklarının Bazı Ağır Metal ve Kükürt Kapsamlarına Etkilerinin Belirlenmesi. *A. Ü. Çevre Bil. Derg.*, 1 (1): 17-25.
- Karaöz M.Ö., 1996. Kaz Dağı Ormanlarındaki Ağaç Türlerinde Görülen Kurumalar İle Yapraklardaki Kükürt Miktarları Arasındaki İlişkiler, Yerleşim ve Çevre Sorunları: Çanakkale İli Sempozyumu, 9-13 Eylül 1996, DEÜ Müh. Fak. Basım Ünitesi, İzmir.
- Karayığit A.I., Gayer R.A. Querol, X. ve Onacak, T., 2000. Contents of Major and Trace Elements in Feed Coals From Turkish Coal-Fired Power Plants, *International Journal of Coal Geology*, 44: 169-184.
- Karayığit A.İ., 2002. Sivas-Kangal termik santralına beslenen linyitlerde ve yanma sonucu oluşan katı atıklarda bazı HAPs elementlerin dağılımı ve orijini, Türkiye, TÜBİTAK, YDABÇAG-100Y006 nolu proje, 117s.

- Kaygusuz K., 2002. Environmental Impacts of Energy Utilisation and Renewable Energy Policies in Turkey, *Energy Policy*, 30: 689-698.
- Kaygusuz K., 2003, Energy Policy and Climate Change in Turkey, *Energy Conversion and Management*, 44: 1671-1688.
- Kefelioğlu S., 1998. Türkiye Uçucu Küllerinin Özellikleri ve Kullanma İmkanları, Teknoloji, Ankara.
- Kırdım Ö., 2006. Seyitömer (Kütahya-Türkiye) Termik Santralında Yanan Kömürlerin Ve Oluşan Katı Atıkların Mineralojisi Ve Petrografisi. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Kırtok Y., 1998, *Mısır Üretimi ve Kullanımı*, Kocaoluk Basım ve Yayınevi, İstanbul.
- Kocaçıtak S., 1977. Termik Santral Uçucu Küllerinin Hafif Yapı Malzemesi Yapımında Kullanılma Olanaklarının Araştırılması, DSİ Yayın No: 646. 47 s.
- Kolukısa S., 1999. Uçucu Kül İçeren Alüminyum Matrisli Kompozit Üretimi Özellikleri ve Mikroyapı Karakterizasyonu. Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kruger R.A., 1997. Fly Ash Beneficiation in South Africa: Creating New Opportunities in the Market Place, *Fuel* 76 (8): 777-779.
- Kün E., 1997. *Tahıllar II (Sıcak İklim Tahılları)*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Ders kitabı, Yayın No: 1360. Ders kitabı: 394. Ankara.
- Mehta P.K. ve Monteiro P.J.M., 1986. *Concrete- Structure, Properties, and Materials*, Prentice-Hall, New Jersey. 548 p.
- Meidner H. ve Mansfield T.A., 1968. *Physiology of Stomata*. Graw-Hill, New York. 178 p.
- Mishra U.C., 2004. Environmental Impact of Coal Industry and Thermal Power Plants in India. *Journal of Environmental Radioactivity*, 72: 35-40.
- Morrison R.E., 1970. A Review of Ash Specifications. Symposium on Fly Ash Utilization. 24-31.



- Onocak T., 1999. Türkiye'deki Termik Santrallara Beslenen Kömürlerin ve Yanma Sonucu Oluşan Katı Atıkların Çevresel Etkileri. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Ovens P.L., 1979. Fly Ash and Its Usage in Concrete. *Concrete*, 13(7): 21-26.
- Palmer C.A., Tuncalı E., Denen K.O., Coburn T.C. ve Finkelman R.B., 2004. Characterization of Turkish Coals: A Nationwide Perspective. *International Journal of Coal Geology*, 60: 85-115.
- Say N.P., 2006. Lignite-fired thermal power plants and SO<sub>2</sub> pollution in Turkey, *Energy Policy*, 34 (17): 2690-2701.
- Sayın C., Mencet M.N. ve Ozkan, B., 2005. Assessing of Energy Policies Based on Turkish Agriculture: Current Status and Some Implications. *Energy Policy*, 33: 2361-2373.
- Seals R.K., 1977. Properties of Bottom Ash Slag and Fly Ash, Tech and Uti. of Power Plant Ash.
- Seçmen Ö., Gemici Y., Görk G., Bekat L. ve Leblebici E., 2004. *Tohumlu Bitkiler Sistematiği*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir. 317-319.
- Silva J., Freitas T.R.O, Heuser V., Marinho J.R., Bittencourt F., Cerski C.T.S., Kliemann L.C. ve Erdtmann B., 2000. Effects of Chronic Exposure to Coal in Wild Rodents (Ctenomys Torquatus) Evaluated by Multiple Methods And Tissues. *Mu.t Res.*, 470: 39-51.
- Sirkeci A., 2000. Rusya'da Enerji ve Kimya Alanlarında Kömür Kullanımındaki Problemler, In: Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri V Kitabı, ed. Önal G. ve Dinçer H., Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı Yayınları, İstanbul, 113-136.
- Şengül Ü., 1999. Kangal Termik Santrali Uçucu Küllerinin Analitik ve Çevresel Olarak İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Şengül Ü., 2002. Kangal Termik Santralinde Uçucu Kül Atımının Çevresel Etkileri. *Ekoloji*. 11 (44): 21-34.

- Tripathy A ve Sahu R.K., 1997. Effect of Coal Fly Ash on Growth and Yield of Wheat. *Journal of Environmental Biology*, 18 (2): 131-135.
- Tokyay M. ve Erdoğan K., 1998, Türkiye Termik Santrallerinden Elde Edilen Uçucu Küllerin Karakterizasyonu, TÇMB yayınları, No: 98. Ankara.
- Tokyay M., 1993. Betonda Uçucu Kül Kullanımı. *Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanımı Sempozyumu*, Ankara.
- Tolunay D., 1996. Çan'da (Çanakkale) Kurulacak Termik Santralın Çevresindeki Kara Ekosistemleri Üzerinde Yapabileceği Etkiler. *Yerleşim ve Çevre Sorunları: Çanakkale İli Sempozyumu, 9-13 Eylül 1996*, DEÜ Müh. Fak. Basım Ünitesi, İzmir.
- Tuna A.T. ve Girgin A.R. 2005. Mısırdaki (*Zea mays* L.) Gelişme, Mineral Beslenme ve Ağır Metal İçeriği Üzerine Termik Santral Uçucu Küllerinin Etkisi. *Ekoloji Dergisi* 14 (57): 7-15.
- Tunç M., Çamdalı Ü. ve Parmaksızoğlu, C., 2006. Comparison of Turkey's Electrical Energy Consumption and Production with Some European Countries and Optimization of Future Electrical Power Supply Investments in Turkey, *Energy Policy*, 34: 50-59.
- TÜİK, 2011. Bitkisel Üretim ve Tarımsal Fiyat İstatistikleri. 23 Temmuz 2011, <http://www.tuik.gov.tr/Start.do>.
- Türker P., Erdoğan B., Katnaş F. ve Yeğinobalı A., 2003. Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri. Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, AR-GE Enst., Ankara. 76 s.
- Uğur A., Özden B., Saç M.M. ve Yener G., 2003. Biomonitöring of <sup>210</sup>Po and <sup>210</sup>Pb Using Lichens and Mosses Around A Uraniferous Coal-Fired Power Plant in Western Turkey. *Atmospheric Environment*, 37(16): 2237-2245.
- Verma C.L., Handa S.K., Jain S.K. ve Yadav R.K., 1998. Techno-commercial Perspective Study for Sintered Fly Ash Lightweight Aggregates in India. *Construction and Building Materials*, 12(6-7): 341-346.

- Yılmaz Ş., 1992. Seyitömer Termik Santral Atık Uçucu Küllerinin Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yılmazel H., 2010. Çatalağızı Termik Santralinde (Çates) Kullanılan Lavvar Artıklarındaki Kömürün Kazanımında Optimum Flotasyon Koşullarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Yüksek E., 2006. Kömür Yakıtlı Termik Santral Küllerinde Radyoaktif Dengenin Araştırılması ve Radyolojik Açıdan İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana.

## ÇİZELGELER

## Sayfa No

Çizelge 1. Enerji kaynaklarına göre Türkiye ve dünya elektrik enerjisi üretimi....	5
Çizelge 2. Türkiye'nin toplam termik kapasitesi içinde fosil yakıtların dağılımı..	6
Çizelge 3. Kömür yakıtlı termik santrallerin üretim ve yakıt özellikleri .....	8
Çizelge 4. Türkiye'deki toplam linyit rezervi .....	9
Çizelge 5. Dünyada mısır üretimi .....	21
Çizelge 6. Türkiye'de mısır üretimi .....	22
Çizelge 7. Toprak materyali analiz verileri.....	29
Çizelge 8. Çan Termik Santral taban külü analiz verileri.....	30
Çizelge 9. Saksılar bazında çimlenen tohum sayısı ve çimlenme yüzdeleri.....	34
Çizelge 10. Gruplar bazında çimlenen tohum sayısı ve çimlenme yüzdeleri.....	34
Çizelge 11. Klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid miktarları.....	46
Çizelge 12. Uygulama gruplarına göre bitki boyları .....	102
Çizelge 13. Uygulama gruplarına göre yaprak boyu ve eni.....	104
Çizelge 14. Bitki boyu, yaprak boyu ve eni bakımından dönemlere ilişkin tanıtıcı istatistikler ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	106
Çizelge 15. Yaprakta uygulama gruplarına göre stoma indeksi.....	108
Çizelge 16. Gövdede uygulama gruplarına göre stoma indeksi.....	108
Çizelge 17. Uygulama gruplarına göre yaprakta iletim demetleri boy-en ölçümleri.....	110
Çizelge 18. Uygulama gruplarına göre gövdede iletim demetleri boy-en ölçümleri.....	110
Çizelge 19. Uygulama gruplarına göre bulliform hücrelerinin boy-en ölçümleri..	110
Çizelge 20. Yaprakta bulliform hücreleri, yaprakta İletim demeti ve gövdede İletim demetlerinin uygulamalara göre en ve boyları arasındaki korelasyon kat sayıları.....	112

## ŞEKİLLER

## Sayfa No

Şekil 1. Türkiye’deki termik santrallerde kullanılan fosil yakıtların dağılımı.....	5
Şekil 2. Mevcut ve yapımı planlanan kömür yakıtlı termik santraller .....	10
Şekil 3. Çan Temik Santrali .....	12
Şekil 4. Sera krokisi ve saksıların yerleşim düzeni .....	30
Şekil 5. Saksılar bazında çimlenen tohum sayısı ve çimlenme yüzdeleri .....	35
Şekil 6. Gruplar bazında çimlenen tohum sayısı ve çimlenme yüzdeleri .....	36
Şekil 7. Bitkilerin genel görünümü.....	37
Şekil 8. Kontrol grubu bitkileri.....	37
Şekil 9. 40 g kül uygulama grubu bitkileri.....	38
Şekil 10. 80 g kül uygulama grubu bitkileri.....	38
Şekil 11. 160 g kül uygulama grubu bitkileri.....	39
Şekil 12. 320 g kül uygulama grubu bitkileri.....	39
Şekil 13. 640 g kül uygulama grubu bitkileri.....	40
Şekil 14. Bitkilerin genel görünümü.....	40
Şekil 15. Kontrol grubu bitkileri.....	41
Şekil 16. 40 g kül uygulama grubu bitkileri.....	41
Şekil 17. 80 g kül uygulama grubu bitkileri.....	42
Şekil 18. 160 g kül uygulama grubu bitkileri.....	42
Şekil 19. 320 g kül uygulama grubu bitkileri.....	43
Şekil 20. 640 g kül uygulama grubu bitkileri.....	43
Şekil 21. Sera ön cepheden görünüm.....	44
Şekil 22. Sera yan cepheden görünüm.....	44



Şekil 23. Sera yan cephesinden bitkilerin görünümü.....	45
Şekil 24. Kontrol grubunda mısır yaprağı enine kesiti.....	48
Şekil 25. Kontrol grubunda mısır yaprağı enine kesitinde iletim demetleri.....	49
Şekil 26. Kontrol grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesiti.....	50
Şekil 27. Kontrol grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesitinde stomalar.....	51
Şekil 28. Kontrol grubunda mısır yaprağı alt yüzey kesitinde stomalar.....	52
Şekil 29. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesiti.....	53
Şekil 30. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesitinde iletim demetleri.....	54
Şekil 31. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesiti.....	55
Şekil 32. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesitinde stomalar.....	56
Şekil 33. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı alt yüzey kesitinde stomalar.....	57
Şekil 34. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesiti.....	58
Şekil 35. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesitinde iletim demetleri ve stoma.....	59
Şekil 36. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesiti.....	60
Şekil 37. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesitinde stomalar.....	61
Şekil 38. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı alt yüzey kesitinde stomalar.....	62
Şekil 39. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesiti .....	63
Şekil 40. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesitinde iletim demetleri.....	64
Şekil 41. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesiti.....	65
Şekil 42. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesitinde stomalar.....	66
Şekil 43. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı alt yüzey kesitinde stomalar .....	67

Şekil 44. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesiti.....	68
Şekil 45. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesitinde iletim demetleri ve stoma.....	69
Şekil 46. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesiti.....	70
Şekil 47. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesitinde stoma.....	71
Şekil 48. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı alt yüzey kesitinde stomalar.....	72
Şekil 49. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesiti.....	73
Şekil 50. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı enine kesitinde iletim demetleri.....	74
Şekil 51. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesiti.....	75
Şekil 52. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı üst yüzey kesitinde stomalar.....	76
Şekil 53. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır yaprağı alt yüzey kesitinde stomalar.....	77
Şekil 54. Kontrol grubunda mısır gövdesi enine kesiti.....	78
Şekil 55. Kontrol grubunda mısır gövdesi enine kesitinde stoma ve korteks.....	79
Şekil 56. Kontrol grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti.....	80
Şekil 57. Kontrol grubunda mısır gövdesi yüzeysel kesit.....	81
Şekil 58. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesiti.....	82
Şekil 59. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde stoma ve korteks.....	83
Şekil 60. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti.....	84
Şekil 61. 40 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi yüzeysel kesit.....	85
Şekil 62. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesiti.....	86
Şekil 63. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti, stoma ve korteks.....	87

Şekil 64. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti .....	88
Şekil 65. 80 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi yüzeysel kesit .....	89
Şekil 66. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesiti .....	90
Şekil 67. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde stoma ve korteks.....	91
Şekil 68. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti.....	92
Şekil 69. 160 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi yüzeysel kesit.....	93
Şekil 70. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesiti .....	94
Şekil 71. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde stoma.....	95
Şekil 72. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti.....	96
Şekil 73. 320 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi yüzeysel kesit.....	97
Şekil 74. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesiti.....	98
Şekil 75. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde stoma ve korteks.....	99
Şekil 76. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi enine kesitinde iletim demeti.....	100
Şekil 77. 640 g taban külü uygulama grubunda mısır gövdesi yüzeysel kesit.....	101

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER:

Adı Soyadı: Mustafa Eray BOZYEL  
Doğum Yeri: Yeşilhisar / KAYSERİ  
Doğum Tarihi: 27.04.1986

### EĞİTİM DURUMU:

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Biyoloji Bölümü  
Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri  
Enstitüsü, Biyoloji ABD  
Yabancı Dil: İngilizce

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ:

### İŞ DENEYİMİ:

### İLETİŞİM:

e- posta: m.eraybozyel@gmail.com