



**KURAKLIĞIN BAZI MISIR GENOTİPLERİNDE
MEYDANA GETİRDİĞİ FİZYOLOJİK VE
BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİN DRONE
TEKNOLOJİSİ İLE BELİRLENMESİ**

Ceyhan HAFIZOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

**Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sefer DEMİRBAŞ
İkinci Danışman: Doç. Dr. Mehmet ŞENER**

2020

T.C.

TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KURAKLIĞIN BAZI MISIR GENOTİPLERİNDE MEYDANA
GETİRDİĞİ FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİKLİKLERİN
DRONE TEKNOLOJİSİ İLE BELİRLENMESİ**

Ceyhan HAFIZOĞLU

TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Sefer DEMİRBAŞ

İKİNCİ DANIŞMAN: Doç. Dr. Mehmet ŞENER

TEKİRDAĞ-2020

Her hakkı saklıdır.



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 eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Ceyhan HAFIZOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Sefer DEMİRBAŞ danışmanlığında ve Doç. Dr. Mehmet ŞENER ikinci danışmanlığında, Ceyhan HAFIZOĞLU tarafından hazırlanan “Kuraklığın Bazı Mısır Genotiplerinde Meydana Getirdiği Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişimlerin Drone Teknolojisiyle Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 30.01.2020 tarihinde Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Fevziye ÇELEBİ TOPRAK

İmza:

Üye : Doç. Dr. Mehmet ŞENER

İmza:

Üye : Doç. Dr. Hasan Murat VELİOĞLU

İmza:

Üye : Doç. Dr. Behiye Banu BİLGİN

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Sefer DEMİRBAŞ (Danışman)

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KURAKLIĞIN BAZI MISIR GENOTİPLERİNDE MEYDANA GETİRDİĞİ FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİKLİKLERİN DRONE TEKNOLOJİSİ İLE BELİRLENMESİ

Ceyhan HAFIZOĞLU

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sefer DEMİRBAŞ

Bitki büyüme ve gelişimini etkileyen stres faktörlerinin başında kuraklık gelmektedir. Bu tez çalışmasında, 2019 yılı yaz üretim sezonunda dört farklı mısır genotipi, üç farklı sulama uygulaması konusu altında fizyolojik, biyokimyasal ve uzaktan algılama teknolojileri destekli olarak araştırılmıştır. Kuraklık koşullarının etkisini arttırması ile doğru orantılı olarak bağıl su içeriği (BSİ) azalırken, protein ve molondialdehit (MDA) değerleri artmıştır. Spesifik yaprak alanı (SYA) ve süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi ise kuraklık ile azalma eğilimi göstermesine karşın genotipler arasında farklı yanıtların olduğu saptanmıştır. Hidrojen peroksit (H₂O₂) içeriği ise genotiplerde farklı değerlerde kendini ifade etmekle birlikte kuraklık seviyesindeki artışa paralel olarak değişmiştir. Normalize edilmiş fark bitki indeks (NDVI) değerleri ile verim arasında doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir. Tüm sulama konuları ortalaması alındığında en iyi verimin EKP-1 genotipinde olduğu bu genotipi sırasıyla EKP-3, EKP-2 ve EKP-4 genotiplerinin takip ettiği belirlenmiştir. EKP-3 genotipinin kuraklık performansı incelendiğinde biyokütle özellikleri açısından diğer genotiplere göre daha üstün olduğu tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasında ilk defa uzaktan algılama teknolojisi verileri ile biyokimyasal ve fizyolojik parametreleri ilişkilendirilmiştir. NDVI değeri ile BSİ ve SOD arasında pozitif, protein ve MDA parametreleri arasında ise negatif yönlü bir ilişki olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Mısır Kuraklık Stresi, Uzaktan Algılama, Drone, Reaktif Oksijen Türleri, Antioksidan Savunma Sistemi

2020, 55 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION OF PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHANGES CAUSED BY DROUGHT IN SOME CORN GENOTYPES BY DRONE TECHNOLOGY

Ceyhan HAFIZOĞLU

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agricultural Biotechnology

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sefer DEMİRBAŞ

Drought is one of the stress factors affecting plant growth and development. In this thesis, physiological, biochemical and remote sensing technologies were researched under four different types of corn genotype and three different irrigation applications in the summer production season of 2019. Relative water content (BSI) decreased while protein and malondialdehyde (MDA) values increased with the increase of the effect of drought conditions. Although specific leaf area (SYA) and superoxide dismutase (SOD) activity tended to decrease with drought, different responses were found between varieties. The content of hydrogen peroxide (H_2O_2), on the other hand, varied in parallel with the increase in drought level, although it expresses different values in varieties. A linear relationship was determined between Normalized Difference Plant Index (NDVI) values and yield. When the average of all irrigation topics are taken, it is determined that the best yield is in the EKP-1 genotype, followed by EKP-3, EKP-2 and EKP-4 genotypes, respectively. When the drought performance of EKP-3 genotype is examined, it is determined that it is superior in terms of biomass compared to other genotypes. For the first time in this thesis, remote sensing technology data, biochemical, and physiological parameters were associated. It was determined that there was a positive correlation between NDVI value and BSI and SOD and a negative relationship between protein and MDA parameters.

Key words: Corn Drought Stress, Remote Sensing Technology, Drone, Reactive Oxygen Species, Antioxidant Defense System

2020, 55 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	vii
TEŞEKKÜR	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	2
2.1. Mısır Bitkisi ve Yetiştiriciliği	3
2.2. Kuraklık Stresi	3
2.3. Antioksidan Savunma Sistemi	6
2.4. Uzaktan Algılama Sistemleri ve Dronların Tarımda Kullanımı	8
3. KAYNAK ÖZETLERİ	13
3.1. Bitkilerde Stres Faktörleri.....	13
3.2. Bitki Stres Faktörleri Üzerine Drone ve Uzaktan Algılama Çalışmaları.....	17
4. MATERYAL VE YÖNTEM	19
4.1 Bitkisel Materyal.....	19
4.2 Bitkilerin Yetiştirilmesi	19
4.3. Kuraklık Uygulaması	21
4.4. Bitki Analiz Yöntemleri.....	22
4.4.1. Spesifik Yaprak Alanı (SYA)	22
4.4.2. Yaprak Bağlı Su İçeriği (BSİ) Belirlenmesi	23
4.4.3. Lipit Peroksidasyonu Miktarının Belirlenmesi	23
4.4.4. H ₂ O ₂ Miktarının Belirlenmesi.....	24
4.4.5. Toplam Protein Miktarının Belirlenmesi	24
4.4.6. SOD Aktivitesinin Belirlenmesi	24
4.5. Drone Çekimleri	25
4.6. Parsellerin Hasat Edilmesi	26
4.7. İstatistiksel Analiz.....	27
5. BULGULAR	28
5.1. Parsel Hasatları	28

5.2. Spesifik Yaprak Alanı (SYA)	29
5.3. Yaprak Bağlı Su İçeriği (BSİ)	30
5.4. Lipit Peroksidasyonu Miktarı	31
5.5. H ₂ O ₂ Miktarı	32
5.6. Toplam Protein Miktarı	33
5.7. SOD Aktivitesi.....	34
5.8. Drone Çekimleri	35
6. TARTIŞMA VE SONUÇ	38
KAYNAKLAR.....	42
ÖZGEÇMİŞ	47



ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. Dünya mısır verileri (milyon ton)	3
Çizelge 4.1. Sulama suyu miktarları (mm).....	21
Çizelge 6.1. Parametrelerin korelasyon matrisi.....	41



ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1. Uzaktan Algılama Sistemi (Anonim, 2019a)	9
Şekil 2.2. Drone parçaları (Anonim, 2019b)	10
Şekil 4.1. Deneme parselleri.....	19
Şekil 4.2 Mibzer ile tohum ekimi	20
Şekil 4.3. Deneme parselleri.....	20
Şekil 4.4. Mısır gelişim evreleri	22
Şekil 4.5. Yaprak numunuleri (a), Image J görüntüsü (b)	23
Şekil 4.6. Drone uçuşu öncesi kurulum (a) ve kamera bant (b) değerleri	25
Şekil 4.7. Micasense Red Edge kamera.....	26
Şekil 4.8. DJI Matrice 210 RTK.....	26
Şekil 4.9. Minigac nem ölçüm cihazı	27
Şekil 5.1. Hasat edilen koçanlar	28
Şekil 5.2. Deneme sonunda verim parametresindeki değişimler	29
Şekil 5.3. Mısır genotiplerine ait spesifik yaprak alanında meydana gelen değişimler	30
Şekil 5.4. Bağlı su içeriğinde meydana gelen değişimler.....	31
Şekil 5.5. Lipit peroksidasyonu miktarında meydana gelen değişimler.....	32
Şekil 5.6. H ₂ O ₂ miktarında meydana gelen değişimler	33
Şekil 5.7. Toplam protein miktarında meydana gelen değişimler.....	34
Şekil 5.8. SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler.....	35
Şekil 5.9. NDVI haritası (a) ve deneme parselleri (b).....	36
Şekil 5.10. NDVI değişimlerine ait sonuçlar.....	36

SİMGELER VE KISALTMALAR

μM	: Mikromolar
μm	: Mikrometre
MDA	: Molondialdehit
EKP	: Experimental (Deneysel)
TS	: Tam sulama
%50	: %50 kısıtlı sulama
KT	: Kuru tarım
NDVI	: Normalize edilmiş bitki gelişim indeksi
APX	: Askorbat peroksidaz
GPX	: Glutasyon peroksidaz
CAT	: Katalaz
H_2O_2	: Hidrojen peroksit
SOD	: Süperoksit dismutaz
BSİ	: Bağlı su içeriği
SYA	: Spesifik yaprak alanı
LAI	: Yaprak alanı İndeksi
Drone	: İnsansız hava aracı
ROT	: Aktif oksijen türleri
$^1\text{O}_2$: Singlet oksijen
O_2^-	: Süperoksit anyonu
IGC	: Uluslararası Tarım Konseyi

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam sırasında tez konusunu belirleyen, çalışmam boyunca benden yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, bilgisi ve öğrettikleri ile bana yol gösteren saygı değer tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Sefer DEMİRBAŞ'a, Doç. Dr. Mehmet ŞENER'e Tarımsal Biyoteknoloji bölüm başkanımız ve Ziraat Fakültesi dekanımız sayın Prof. Dr. Sezen ARAT'a , bölümümüz öğretim üyelerinden Prof. Dr. Fulya Özdil, Arş. Gör. Dr. Raziye IŞIK, Arş. Gör. Eyüp Erdem TEYKİN ve tez çalışmamda kullandığım mısır genotiplerinin temin edilmesinde yardımcı olan May Agro Tohumculuk A.Ş.'ye, verilerin istatistiksel olarak analiz edilmesinde yardımcı olan Aslı KEÇELİ'ye, denemenin ekimi ve bakımında yardımcı olan Sinan ZIRH ve Esat KARABAŞ'a aynı laboratuvarında birlikte çalıştığımız Elif Saadet ARICAN, Melda ATEŞ ve Mimoza JAKUPI arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu önemli çalışmanın birçok aşamasında kıymetli destekleri ve sabrı nedeniyle eşim Özlem HAFIZOĞLU'na yürekten teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca bana desteklerini esirgemeyen annem Bahriye HAFIZOĞLU, babam Mehmet HAFIZOĞLU, kardeşim Sibel HAFIZOĞLU, dedem (merhum) Arif HAFIZOĞLU ve babaannem (merhum) Selver HAFIZOĞLU'na sonsuz teşekkür ederim.

Ocak, 2020

Ceyhan HAFIZOĞLU

Ziraat Mühendisi

1. GİRİŞ

Bitkinin yaşadığı ortamda, bir veya daha fazla etkenin bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyerek verim düşüklüğü ile sonuçlanan bir dizi gerilemeye neden olması stres olarak tanımlanır. Kuraklık stresi, bitkinin gelişim performansını olumsuz yönde etkileyen en önemli abiyotik stres faktörlerinin başında gelmektedir. Bitkilerde çok sayıda fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeydeki olayları etkilemekte ve buna bağlı olarak bitkiler, sınırlı çevresel koşullara uyum sağlayacak tolerans mekanizmaları geliştirebilmektedirler. Kuraklık stresi temel olarak su eksikliği ve kuruma olarak ikiye ayrılır. Su eksikliği, stomalarda kapanmaya ve gaz değişiminde kısıtlamaya neden olan orta düzeydeki su kaybı olarak tanımlanmakla birlikte, kuruma ise metabolizma ve hücre yapısının tamamen bozulmasına ve enzimlerle katalizlenen reaksiyonların durmasına neden olabilecek aşırı miktardaki su kaybı olarak belirtilmektedir.

Dünyanın farklı ülkelerinde yaygın ekim alanlarına sahip olan mısır bitkisi kuraklık stresinden belirli bölgelerde etkilenmekle birlikte bölgesel ihtiyaçlar doğrultusunda üretim konularının önemli bölümünü oluşturmaktadır. Kuraklığa maruz kalan bitkilerde bazı morfolojik ve biyokimyasal değişimlerin olması kaçınılmazdır. Meydana gelen bu değişiklikler rakamsal olarak anlam kazanmakta ve yaşanan stres faktörünün tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır. Bununla birlikte günümüz tarımının yüksek teknoloji ile entegrasyonu ile sahada karşılaşılan güçlüklerin çözüme kavuşturulması, daha da elverişli duruma gelmektedir. Bu kapsamda, uzaktan algılama sistemleri tarımın kontrollü bir şekilde yapılması adına gelecekte üreticiler tarafından sık sık başvurulan bir yöntem olacaktır.

Bu tez çalışmasında, bazı mısır genotiplerinin kuraklığa karşı göstermiş oldukları stres toleranslarının drone teknolojisi ile fizyolojik ve biyokimyasal analizler aracılığıyla açıklanmasına yer verilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

Tarım veya ziraat, bitkisel ve hayvansal ürünlerin üretilmesi, bunların kalite ve verimlerinin yükseltilmesi, bu ürünlerin uygun koşullarda muhafazası, işlenip değerlendirilmesi ve pazarlanmasını ele alan uygulamalı bir bilim dalıdır. Temel amacı insanların yararına ekonomik değerler elde etmektir. Tarım, iki temel üretim dalından oluşur. Bunlar bitkisel üretim ve hayvansal üretilimdir. Bu iki temel tarımsal üretim dalı ve hatta tanımları arasındaki tek ayırım, kullandıkları materyalin birinde bitki diğgerinde ise hayvan materyali oluşudur (Doğın, Arslan ve Berkman, 2015).

Tarımın geçmişı günümüzden 10.000 yıl öncesine dayanmaktadır. Antik çağlarda, Bereketli Hilal ve çevresinde ilk örneklerine rastlanan tarım, öncesinde toplayıcılık ve avcılık ile geçinen toplumlari yerleşik yaşama geçirmiştir. İlk tarım örneklerinin ardından, zamanla birçok toplumun arasındaki etkileşimin bir sonucu olarak tüm dünyada yaygınlaşmıştır. Tarım sayesinde insanlık toplu yaşama geçmiş ve günümüzdeki devletler oluşmuştur. Gübreleme, ekme-biçme gibi tarımsal yöntemler her ne kadar eski olsa da son yüzyılda büyük bir ivme göstermiştir. Tarım, çevresindeki diğger teknolojik gelişmeleri kendisine entegre ederek hızla gelişmektedir. Makineleşmenin ve ıslah yöntemlerinin yaygınlaşması ile birim alandan elde edilen ürün artarak çok daha ekonomik üretim yapmanın yolu açılmıştır. Tarımın gelişimi incelendiğinde, hayvan gücü ile toprak işleme gelişerek yerini makinalara bırakmıştır. Günümüze geldiğimizde makinaların birbiri ile entegre şekilde çalışması ile bir aşama daha ileri gitmiştir. Dronlardan elde edilen veriler tarladaki ekipmana aktarılarak hassas tarımın yapılmasının önü açılmıştır. Böylece gerekli yerlere gerekli kültürel müdahaleler ekonomik ve doğru bir şekilde yapılabilmektedir (Adamchuka, 2004).

Türkiye özelinde tarım değerlendirildiğinde sahip olunan ekilebilir alanlar büyük bir avantaj sunmaktadır. Ancak teknolojinin yeterince adapte edilememesi birim alandan elde edilen verimin sınırlı kalmasına neden olmaktadır. Islah açısından ise Türkiye’de yerinde ıslah çalışmaları yürüten firmalar sayesinde bölgenin isteklerine uygun verimli ve dayanıklı ürünlerin geliştirilme çalışmaları devam etmektedir. Özel sektör bazında yenilikler mümkün olduğunca yakından takip edilmekle birlikte ekonomik ve ekolojik katma değerleri iyi analiz edilebilmektedir. Doğaya olan saygı ve sürdürülebilir bir tarım anlayışı katma değeri olan tüm yeniliklere olanak sağlamaktadır.

2.1. Mısır Bitkisi ve Yetiştiriciliği

Orijini ve gen merkezi Amerika kıtası olan mısır (*Zea mays L. 2n=20*) bitkisi gerek Dünya'da ve gerekse Türkiye'de bitkisel kökenli proteinlerin yeterli ve ekonomik üretimi için büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde ve dünya çapında ciddi bir öneme sahip olan mısır, insan gıdası, hayvan yemi ve endüstri ham maddesi olarak kullanılan da bir bitkidir. Sap ve yaprakları hayvan yemi olarak değerlendirilmekte, kâğıt yapımı ve küçük çapta hasır el işleri yapımında da kullanılmaktadır. Bu tüketim alanlarının yanı sıra çerezlik olarak da tüketilmektedir. Mısır dünyada hububat ürünleri içerisinde ekim alanı bakımından ikinci, üretim ve verimde ise ilk sırada yer almaktadır. Dünya mısır üretiminin %38'si ABD'de, %21'i Çin'de, %15'i ise Güney Amerika'da yapılmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2018). Çizelge 2.1. dünya mısır üretimi hem ekiliş alanlarındaki daralma hem de verimdeki düşüşe bağlı olarak 2017/2018 piyasa yılında bir önceki yıla kıyasla 33 milyon ton azalışla 1.045 milyon ton seviyesine gerilemiştir (Anonim, 2020).

Çizelge 2.1. Dünya mısır verileri (milyon ton)

	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19*	2019/20*
Üretim	876	873	999	1027	984	1134	1091	1129	1111
Tüketim	875	870	951	998	974	1093	1119	1146	1150
Ticaret	99	100	122	125	136	137	153	165	168

*: IGC tahmini

2.2. Kuraklık Stresi

Kuraklık koşulları bitkilerde hücrelerin bölünmesini ve büyümesini azaltarak bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca turgor basıncının ve transpirasyonun azalması mineral madde alımını engellemekte, bu durum ise büyüme ve gelişmede azalmaya neden olabilmektedir. Bu nedenle kuraklık, tarımsal üretim için en önemli sınırlayıcı faktörler arasında ön plana çıkmaktadır (Capell, 2004). Diğer bir önemli husus olan tuzluluk, sulanan tarım alanlarında kaliteli su kullanımının kısıtlı olması nedeniyle meydana gelmektedir. Bunun sonucu olarak ürünün verim ve kalitesinde düşüşler gözlemlenmektedir. Kuraklık ve tuzluluk sorunlarının ortadan kaldırılmasına yönelik olarak kullanılacak yöntemlerin güçlüğü ve masraflı olması ve özellikle ekonomik öneme sahip kültür bitkilerinin çoğunun kuraklığa ve tuzluluğa karşı duyarlı olması nedeniyle kuraklık stresi koşullarına toleranslı bireylerin seçilmesi veya ıslahını ön plana çıkarmaktadır (Kuşvuran, 2010).

Fizyolojik yanıtlar, kökten gelen sinyallerin tanınmasında, turgor kaybı ve ozmotik düzenlemede, yaprak su potansiyelinde, stoma iletkenliğinde, içsel CO₂ konsantrasyonunda, net fotosentezde ve büyüme oranında azalmayı içermektedir. Yaprak nispi su içeriği, kurak koşullarda daha uzun tane dolun süresi ve daha yüksek verim potansiyeli ile ilişkili olan, ölçümü basit, çabuk sonuç veren bir özellik olarak tanımlanmıştır (Schonfeld, John, Carver ve Mornhinweg, 1988). Yaprakların (turgor halinde) taşıyabileceği su miktarının örnekleme anında ne kadarını taşıdığına göstergesi (örnekleme anında içerdiği suyun, taşıyabileceği toplam su içeriğine oranı) olan nispi su içeriği, dolaylı olarak bitkilerin aynı koşullarda topraktan ne kadar su alabildikleri hakkında da bilgi vermektedir (Çekiç, 2007).

Kuraklık stresinin biyokimyasal ve fizyolojik çözümler ile daha kolay anlaşılabilirliğini ve bu kapsamda geliştirilecek çözümlerin etkin olacağını belirtmiştir (Maazou, Tu, Qiu ve Liu, 2016).

Bitkilerin kuraklık şartları altında göstermiş oldukları gelişim performansları, kuraklık toleransları hakkında bilgi veren temel unsurlardan biridir. Ekolojinin sürekli ve sert bir şekilde değişmesi bitkileri de bu olumsuz koşullara uyum sağlamaları ya da yok olmaları noktasında zorlamaktadır. Ancak bitkiler de olumsuz koşullara kendi savunma sistemlerini aktive ederek cevap vermeye çalışmaktadır. Reaktif oksijen türlerinin (ROT) varlığı kadar bitki içerisinde antioksidan savunma sistemleri de önem arz etmektedir. Genetik dayanım potansiyelleri ışığında genotipler kombine savunma mekanizmalarını aktif hale getirerek zorlu koşullardan minimum zarar ile bertaraf etmek için mücadele ederler. Mısır bitkisinin kuraklık koşullarından olumsuz etkilenmesi sonucunda özellikle verim üzerine olumsuz sonuçlar meydana gelmektedir (Aslam, Maqbool ve Cengiz, 2015).

Amerika'da mısır genotipleri üzerine yapılan çalışmada, kuraklık stresine toleransı yüksek olan genotiplerin tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir. Farklı kuraklık stresi şartları altında verim performansları incelenen genotipler, göstermiş oldukları verim performanslarına göre değerlendirilmişlerdir. İslah faaliyetleri sonrası geliştirilen AQUA max olarak adlandırılan ve kuraklık stresine toleransı yüksek genotiplerin zorlu kuraklık şartları altında normal genotiplere göre daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte ıslah faaliyetlerinin değişen çevre ve iklim koşulları ile orantılı olarak kuraklık stresine dayanıklı genotiplerin geliştirilmesi hedefi ile şekillendiği de belirtilmektedir (Gaffney vd. 2015).

Kuraklık dünyanın farklı coğrafyalarında etkilerini yakından hissettiren bir olgu olarak ön plana çıkmaktadır. Ülkelerin kuraklık yönetim stratejilerinde kriz durumu gerçekleşmeden gerekli önlemlerin ve planlamaların yapılması hedef alınmaktadır. Bu yöntem kuraklığın etkileri ile karşılaşıldıktan sonra alınacak tedbirlerden çok daha başarılı sonuçlar vermektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı ülkeler kuraklık üzerine yönetim stratejilerini geliştirmek için çabalamakta, optimum sulama programlarının uygulanması, tarımda etkin su kullanımı ve adaptasyon stratejilerini birincil noktalar olarak değerlendirmektedir (Mengü, Anaç ve Özçakal, 2011).

Su azlığına bağlı olarak mısır bitkisinde verim kaybının Amerika'nın birçok yerinde gerçekleştiği belirtilmektedir. Su eksikliğinin verime etkisi, yaşanan su eksiklik miktarı ve mısır bitkisinin fizyolojik özellikleri ile stres faktörü ile mücadele etme oranıyla yakından ilişkilidir. Kurak koşullara karşı dayanımı olan genotipler su azlığı ile mücadelede ön plana çıkarak verim azalmasından en az oranda etkilenmektedir. Sınırlı terleme özelliği gösteren genotiplerin kurak koşullar altında iyi bir performans gösterebileceği vurgulanmıştır (Messina vd., 2015).

Bitkiler yaşamlarını sürdürebilmek için çevresel faktörler açısından uygun değerlerin dışındaki etkileri, stres faktörü olarak algılayarak metabolizmalarında gerekli fizyolojik cevapları oluşturmak adına gerekli tepki mekanizmalarını tetiklerler. Bitkiler stres faktörünü belirledikten sonra, bu faktöre karşı biyokimyasal ve fiziksel tepkiler oluşturarak en az zarar ile stres faktörünü bertaraf etmeye çalışırlar. Bu yanıt yeteneği yüksek olan bitkilerin zorlu çevresel şartlara karşısındaki hayatta kalma oranları da artmaktadır (Korkmaz ve Durmaz, 2017).

Son yüzyıl içerisinde bitkilerdeki hastalık dayanımı, kalite ve verim üzerine çok sayıda ilerleme kaydedilmiştir. Konvansiyonel ıslahın, genetik mühendisliği ve fizyolojik çalışmalar ile entegre edilmesi bu hususta çok önemli yer tutmaktadır. Ayrıca ıslahçıların bitkilerin biyokimyasal mekanizmalar özelindeki tepkilerini değerlendirerek karar mekanizmalarını şekillendirmeleri, ıslah çalışmalarına büyük bir hız ve güvenilirlik katmıştır. Farklı çevresel koşullar altında üst seviyede performans gösterebilecek genotiplerin seçilmesi ve pazara sunulması tarım ve geçimini çiftçilik üzerinde sağlayan toplumlar için büyük bir katma değerdir (Ashraf ve Akram, 2009).

Avrupa havzalarında gerçekleştirilen çalışmalar, sıcaklık, yağış ve akışların önemli ölçüde değişeceğini göstermektedir (Limbrick, Whitehead, Butterfield ve Reynard, 2000). Ülkemizin de içinde bulunduğu Güney Avrupa ve Akdeniz kuşağında yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde 2100 yılına kadar, 3,0-3,5 °C lik artış, yıllık toplam yağış miktarında ise %15-30 oranında azalma öngörülmektedir (Christensen, 2007). Tüm bu olumsuzluklar ile, ülkemizde ve dünyada kuraklığın şiddetinin gün geçtikçe daha çok hissedileceği açık bir şekilde görülmektedir (Kadioğlu, 2008). Kuraklık ve sıcaklık stresinin bitkiler için oluşturduğu bu riskli durum, ticari olarak üretimi yapılan ürünlerinde bölgesel olarak konumlandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Klasik ıslah faaliyetlerine moleküler belirteçlerin eklenmesi kuraklığa ve sıcaklığa toleransı drone entegrasyonu bu alandaki çalışmalara güç verecektir.

2.3. Antioksidan Savunma Sistemi

Bitki hücrelerinde oksijenin (O_2) suya tam olarak indirgenmesi, gerekli enerjinin açığa çıkmasını sağlarken; oksijenin tam olarak indirgenememesi ise oldukça reaktif olan ve DNA, proteinler ve lipitler gibi birçok makro moleküle zarar veren aktif oksijen türlerinin (AOT) oluşumuna neden olmaktadır. Kloroplast ve mitokondrilerdeki redoks reaksiyonları sırasında, bazı stres faktörleri nedeniyle elektronların asıl alıcı molekül yerine moleküler oksijene (O_2) verilmesi sonucu AOT'ler oluşmaya başlar. Ağır metaller, kuraklık, yüksek ve düşük sıcaklık, mekanik yaralanma, UV ışık, fotoinhibisyona yol açan yüksek ışık yoğunluğu, patojen enfeksiyonu ve hava kirliliği gibi stres faktörlerinin de AOT oluşumuna neden olduğu bilinmektedir (Bray, Bailey ve Weretilnyk, 2000). Başlıca AOT; tekil oksijen (1O_2), süperoksit anyonu (O_2^-), H_2O_2 ve hidroksil radikali (OH^\cdot) olmak üzere sıralanabilir. 1O_2 , elektron taşıma sisteminde görevli olan O_2 molekülünün fazladan enerji alması sonucu kendi dönüş yönünün tersi yönde olan farklı bir yörüngeye yer değiştirmesi neticesi oluşabileceği gibi; 1O_2 radikalinin nitrik oksit (NO) ile reaksiyonu ve H_2O_2 'in hipoklorit (ClO^-) ile reaksiyonu sonucunda da oluşabilir. O_2^- , kloroplastta, fotosistem I ve II'de elektron taşıma sisteminde görev alan moleküler oksijenin (O_2) bir elektron transferi sonucu indirgenmesi ile kararsız bir yapı olan O_2^- radikali oluşur. H_2O_2 , O_2^- çevresindeki moleküllerden bir elektron alması veya moleküler oksijenin çevresindeki moleküllerden iki elektron alması sonucu oluşan peroksidin iki proton (H^+) ile birleşmesi sonucu meydana gelir. OH^\cdot , Fenton reaksiyonu ve Haber-Weiss reaksiyonu sonucu H_2O_2 oluşmaktadır. Ayrıca, suyun yüksek enerjili iyonize edici radyasyona maruz kalması sonucunda oluşur. Bitkilerde AOT seviyesindeki artış oksidatif hücre hasarı olarak bilinen zarara neden olmaktadır. Bu zarar

antioksidan enzimlerin aktivitesinde meydana gelen artış ile baskılanabilmektedir. Stres faktörlerinin etkisi altında meydana gelen oksidatif stres, AOT seviyesinin ölçülmesi ve MDA miktarı üzerinden lipid peroksidasyonu seviyesinin ölçülmesi ile belirlenebilir (Labudda, 2013).

Kuraklık koşullarına hassas olan genotipler kuraklık stresi altında ROT'un miktarının artmasını önleyememektedir. Bu durumda bitkilerde oksidatif stres başlamakla birlikte hücre duvarı zararları, metabolizma olumsuzlukları baş göstermektedir. Kurak koşullara toleranslı olan genotipler ise ROT'un kuraklık stresi altında artmaya başlaması ile antioksidan savunma sistemlerinin etkinliğini arttırarak denge durumuna gelmesini sağlamaktadır. Geliştirmiş oldukları bu savunma mekanizması genotiplerin metabolizmasında meydana gelebilecek olumsuzlukları en aza indirgemektedir. Hayati öneme sahip antioksidan savunma sistemi H₂O₂ gibi oksidatif stres unsurlarının azaltılması görevini ne kadar iyi ve hızlı bir şekilde yerine getirirse olumsuz şartları o derece az zararla atlatmış olacaktır (Laxa, Liebthal, Telman, Chibani ve Dietz, 2019).

Kuraklık stresi bitkinin morfolojik yapılarında gerilemelere neden olmakla birlikte, nispi nem içeriğinin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca antioksidan enzimler olan, glutatyon redüktaz (GR), SOD, askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT) enzim aktiviteleri ile MDA ve prolin seviyeleri kurak koşullar altında belirli değişimlere uğramaktadırlar. Bununla birlikte ozmotik koruyucuların, ROT'un negatif etkilerini azaltıcı etkileri de vardır (Yavaş, Akgül ve Ünal, 2016).

Canlıların stres koşulları ile baş edebilmesi için farklı savunma sistemleri vardır. Bitkiler aleminde çevresel ve çevresel olmayan stres faktörlerine karşı bitkiler antioksidan savunma sistemlerini aktive ederek mücadele etmeye çalışırlar. Bitkilerin bu olumsuz koşullar altındaki göstermiş oldukları savunma sistemi etkinliği hayatta kalıp kalamayacakları ya da ne şekilde zarar ile stres faktörünü bertaraf edecekleri konusunda büyük önem arz etmektedir. Enzimatik olan ya da enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemleri bitkilerin stres koşulları ile mücadele edebilmesinin temel bileşenlerindedir (Kireççi, 2018).

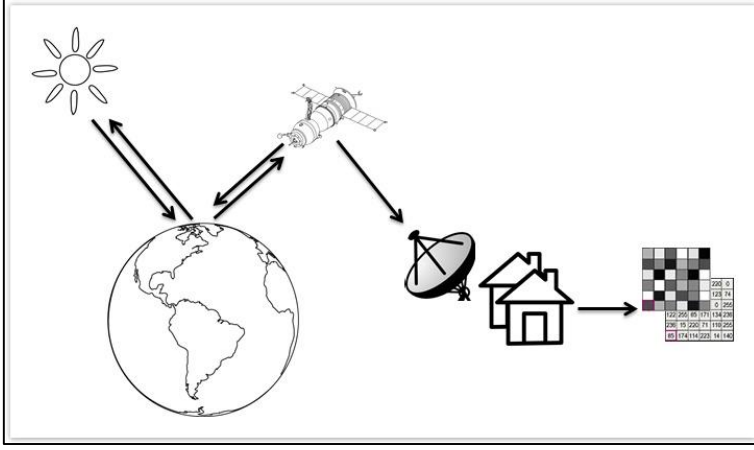
Canlıların stres koşulları altındaki savunma mekanizması her zaman önem arz etmiştir. Kuraklık, ısıya bağlı stres, bitkisel donma, alıştırma ve soğuk stresi gibi başlıca stres faktörleri en yaygın görülen stres etmenlerindedir. Bitkiler stres etmeni olarak algıladıkları tüm olaylara karşı savunma sistemlerini aktif hale getirirler. Savunma sistemleri, genetik ve

ontojenik özellikler bir araya gelerek savunma sistemi başarısını oluştururlar. Bu etkileşim ne kadar güçlü ise bitkiler stres faktörüne karşı o kadar aktif mücadele sergileyebilirler (Korkmaz ve Durmaz, 2017).

Dünya çapında yaşanan kuraklıklar bitkilerin yetiştiği coğrafyalarda günden güne sınırlayıcı etmen olarak ön plana çıkmaktadır. Bu durumdan dolayı stres faktörlerine karşı dayanımlı genotiplerin geliştirilmesi aynı oranda önem kazanmaktadır. Ayrıca kurak koşullara dayanımlı genotiplerin tolerans mekanizmaları iyi bir şekilde açıklanması ve gen kaynaklarının bu yöntemlere dayanarak organize edilmesi bir ihtiyaç haline gelmiştir. Genelde hücresel düzeyde oksidatif stres kaynaklı ortaya çıkan zararlar verim üzerine olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Kuraklığın şekline ve bitkilerin özelliklerine göre düzenlenecek ekim planlamaları artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılama konusunda önemli bir çözüm olarak durmaktadır (Örs ve Ekinci, 2015).

2.4. Uzaktan Algılama Sistemleri ve Dronların Tarımda Kullanımı

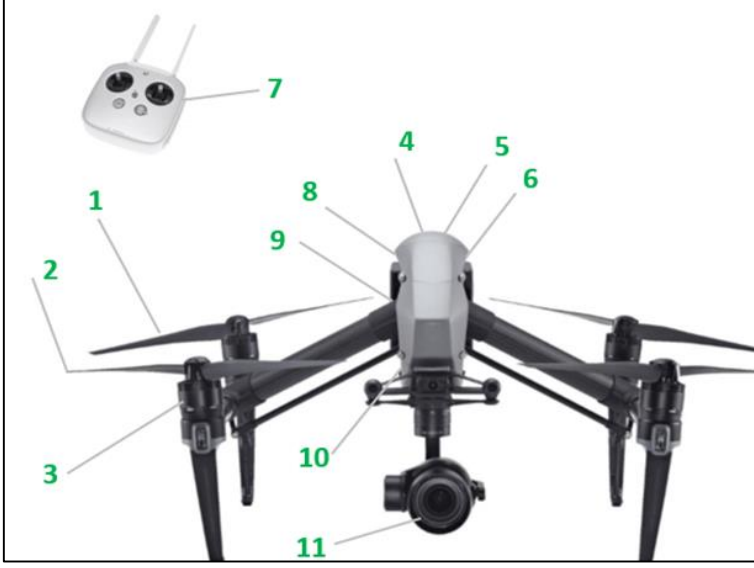
Son yıllarda birçok alanda uzaktan algılama teknikleri ile elde edilen veriler önem kazanmaktadır (Şekil 2.1). Bu yardımcı enstrümanların başında uydular ve uçaklar gelmektedir. Toplanan veriler, veri havuzları yardımıyla ilgili kullanıcılara kadar iletebilmekte ve anlamlı bilgiye dönüşmektedir. Ancak, toplanan verilerin daha odaklı küçük alanlarda değerlendirilmesi konusunda bir takım güçlüklerle karşılaşmaktadır (Zongjian, 2008; Eisenbeiss, 2009).



Şekil 2.1. Uzaktan Algılama Sistemi (Anonim, 2019a)

Uydu ve uçak gibi destek sistemlerinin maliyetleri çok fazla olması nedeniyle elde edilen verilerin de maliyetleri eş orantılı olarak yükselmektedir. Uygun hava koşullarında yapılması gereken görüntülemelerde yeryüzüne kadar olan irtifalarda bulutlanma, görüntü kalitesi ve verimliliğini büyük oranda etkilemektedir. Uydu ve uçakların görüntü elde etme sistemleri gereği belirli zaman aralıklarına ihtiyaç duyması ve olası bir hatalı çekimin tekrarlanma maliyetinin yüksek olması diğer bir olumsuzluk olarak meydana çıkmaktadır. Küçük alanlarda yapılan çalışmaların hassas, düşük maliyetli ve mümkün olduğunca eş ya da yakın zamanlı veri akışını gerektirmesi uydu ve uçak destekli sistemlerinin kullanılmasını ciddi oranda olumsuz etkilemektedir. Tüm bu dezavantajlar dronların gelişimine ve yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır (Zongjian, 2008).

Temel başlıklarda incelenecek olursa klasik bir drone, standart pervaneler, itici pervaneler, motorlar, iniş takımları, elektronik hız ve denge kontrolleri, uçuş kontrol paneli, alıcı, verici, GPS modülü, batarya ve kamera bileşenlerinden oluşmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Drone parçaları (Anonim, 2019b)

1. Standart Pervaneler, 2. İtici Pervaneler, 3. Motorlar, 4. İniş Takımları, 5. Elektronik Hız Kontrolleri, 6. Uçuş Kontrol Paneli, 7. Alıcı, 8. Verici, 9. GPS Modülü, 10. Batarya, 11. Kamera.

Uzaktan algılama teknolojileri geliştikçe tarladaki hastalıklı ya da herhangi bir stres faktörü altında problem yaşayan alanlar hızlıca tespit edilebilmekte ve bu alanlar için spesifik mücadeleler gerçekleştirilmektedir. Böylece gereksiz kimyasal ilaç kullanımı engellenerek çevreye daha az kimyasal atık bırakılarak, birim alandan en fazla ürünün elde edilmesi sağlanmaktadır (Mogili ve Deepak, 2018).

Küçük alanlarda yapılan çalışmaların daha verimli, hassas ve tekrar edilebilme avantajları ile dronlar ön plana çıkmaktadır (Eisenbeiss, 2009). Dronlar ilk olarak askeri alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte zaman içerisinde yaşanan gelişmelerle sivil alanda da kendine yer bularak hızlı bir şekilde gelişmiştir. Son zamanlarda hassas tarım anlayışının yaygınlaşmasıyla birlikte tarım sektörünün önemli bir parçası haline gelmiştir. Gerçekleştirilen tek bir uçuş ile yüzlerce dekarlık alan taranarak veri elde edilebilmektedir. Uyduların dezavantajlarından olan bulutlu havalarda görüntü alınamama sorununu çözerek çok daha esnek şartlarda veriye ulaşması kolaylaştırmıştır (Türkseven, Kızmaz, Tekin, Urkan ve Serim, 2016).

Tarımda son yüzyıl içerisinde birim alandan elde edilen verimi arttırmak yönünde bir çok farklı hassas tarım yöntemi geliştirilmiştir. Bu gelişimlerin birçoğu kırsal kesimde yaşayarak geçimlerini tarım ile sağlayan toplumların hayatlarını kolaylaştırmıştır. Bununla

birlikte tarım sektörü değişen çevre koşulları ve diğer faktörlerin etkisinde yıkıcı bitki hastalıkları ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu hastaların çoğu böcekler ya da hastalıklı bitki materyalleri ile transfer edilmekte ve ciddi verim kayıplarında neden olmaktadır. Verim üzerine olumsuz etkiler gerçekleştiren bu etmenler ile mücadele klasik yöntemler ile gerçekleştirilirken, hastalıklı olan tek bir alanın ilaçlanması yerine bunun doğru ve etkili bir şekilde tespit edilememesi nedeniyle tüm tarlanın ilaçlanması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır Mogili ve Deepak (2018).

Zamanın çok değerli olduğu modern tarım yaklaşımında, zamanı doğru yönetmek adına kullanılan uzaktan algılama sistemleri kullanıcılarına bazı uygulamalarda avantaj sağlamaktadır. Uzaktan algılama teknolojileri farklı algoritmalar ve uygulamalar ile entegre olarak kullanılması, gerçek zamanlı verilere erişim açısından tarımın karşılaştığı problemleri çözme konusunda büyük potansiyele sahiptir. Tarlada meydana gelebilecek olumsuzlukların önceden tespit edilmesi, bölgesel müdahale olanağı ile kimyasalların daha az ve doğru kullanımı ile çevrenin korunmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, ıslah faaliyetlerinde destek bir unsur olarak tarladan toplanan veriler ile birleştirilerek anlamlı bilgiye ulaşım sürecini kolaylaştırmaktadır.

Dronların tarım alanında kullanımı arasında, bitkilerde hastalık ve zararlı tespiti, su stresi tespiti, verim/olgunluk tahmini, yabancı ot flora tespiti, su kaynakları kontrolü ve işçilerin gözetlenmesi amacıyla yapılan farklı uygulamalardır. Hassas tarım, son yıllarda tarımda uygulanmaya başlayan yeni bir tarımsal üretim yönetim yaklaşımıdır. Yeni yönetim yaklaşımıyla, doğadaki heterojenliği dikkate alarak homojen bir yönetim yaklaşımından kaçınılmaktadır (Eisenbeiss, 2009).

Tarım sektörünün büyüyen dünya popülasyonu ile ilişkili olarak verimliliğini arttırarak kayıplarını en aza indirme gereksinimi üst noktaya çıkmıştır. Bu talep için cevap verme noktasında dronlar ve diğer destek sistemlerinin çoklu disiplinler halinde çalışmasının önünü açmıştır. Drone ile ham görüntüler elde edilerek çeşitli programlar ya da görüntü algoritmaları yardımıyla işlenmektedir. İşlenen görüntüler amaca uygun haritalara dönüştürülerek gerekli eylemler planlanabilmektedir. Temel bir yaklaşım olarak bitki indeksleri yorumlanarak bitkilerin sağlık ve hastalık durumları hakkında çıkarımlara varılabilmekte ve zaman kaybetmeden müdahale edilebilmektedir.

Hassas görüntüleme teknikleri bitkilerin gelişimleri ve verim tahmini parametrelerinin doğru okunması ve yüksek güvenilirlikte tahmin edilebilmesi adına faydalı bilgiler edinilmesini sağlamaktadır. Uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak birim alandaki toplam bitki sayısı, farklı gübrelemeye tabi tutulan bitkilerin gelişim değerleri ve bunlar gibi farklı konular hızlıca çözülebilmektedir. Zaman ve para tasarrufu sağlayan bu yöntemler gelecek yıllarda kullanılabilecek veri setlerinin oluşturulmasına da yardımcı olmaktadır (Gnadinger ve Schmidhalter, 2017).

Stres koşullarının bitkilerden elde edilecek verimleri azaltmasının yanında geçim kaynağı olarak çiftçilik yapan kişiler içinde ağır sonuçlara neden olduğu bir gerçektir. Hindistan'da yapılan bir çalışmada kırağıya maruz kalan mısır genotiplerinin vermiş oldukları tepkiler uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma ile kırağı doğa olayına maruz kalan alanlar tespit edilerek, yaşanan doğa olayı ve öncesi bitkilerin vermiş oldukları tepkiler rakamsal olarak ifade edilebilmiştir (Goswami, Sharma, Chaudhury ve Raju, 2019).

Drone ve bitki fizyolojisi ile biyokimyasal çalışma alanları koordineli şekilde entegre edildiğinde kuraklığın ve sıcaklığın bitkiler üzerinde meydana getirdiği değişimler analiz edilerek toleranslarının değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Böylelikle özellikle bitki ıslahı çalışmalarında çok daha odaklı ve rakamsal verilere dayalı sonuçlar elde edilebilir. Kuraklığa ve sıcağa toleransları tespit edilen genotipler bölgelerin ihtiyaçlarına göre konumlandırılarak üreticilerin ekolojik olumsuzluklardan en az oranda etkilenerek üretim yapmaları sağlanabilir. Drone kullanımları tarımda daha çok ilaçlama ve ıslah materyallerinin sınıflandırılması, herbisit toleranslarının tespit edilmesi gibi alanlarda kullanılırken, drone, bitki fizyolojisi ve biyokimyası destekli bu tez çalışmasının, ıslah ve ekolojik değişimlerin yönetilmesi konularında önemli bir rol üstleneceği düşünülmektedir.

3. KAYNAK ÖZETLERİ

Bitkiler stres faktörü olarak algıladıkları etmenlere karşı belirli tepkiler oluştururlar. Bu stres tepkileri sabit kanatlı dronlar ve üzerindeki kameralar yardımı ile stresi yaşayan bitki grupları ve bölgeler tespit edilebilmiştir ve elde edilen bu veriler yardımı ile geçtiğimiz on yılda birim alandan elde edilen verimin artırılması yönünde birçok çalışma yapılmıştır. Bu yapılan çalışmaların örnekleri aşağıda sunulmuştur.

3.1. Bitkilerde Stres Faktörleri

Chug, Gaur ve Gupta (2010) tarafından yapılan çalışmada kuraklığa dayanımı olan ve kuraklığa karşı hassas olan genotipler üzerinde 2 yapraklı gelişim aşamasında kuraklık stres toleransları, ROT ve antioksidan savunma sistemi ilişkisi incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, SOD aktivitesinin hassas genotiplerde anlamlı derecede azaldığı bildirilmiştir. H₂O₂ ve MDA miktarlarının ise aynı hassas genotiplerde artış gösterdiği dayanıklı olanlarda ise anlamlı değişiklikler gözlemlendiği saptanmıştır. Sonuç olarak, antioksidan savunma sistemi ile kuraklığa bağlı oksidatif stresin, kuraklığa dayanımlı genotipler açısından korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir.

Chen, Xu, Velten, Xin ve Stout (2012) tarafından 2009 ve 2010 yıllarında yapılan çalışmada kuraklığa yüksek oranda toleranslı mısır hattı elde edilmesi amaçlanmıştır. Kuraklığa toleranslı hatların (*Tx205*, *C2A554-4* ve *B76*) kuraklık stresine maruz kaldıklarında yaprak bağıl su içeriklerini korudukları, hassas hatların ise yaprak bağıl su içeriklerini hızlı bir şekilde kaybettiği bildirilmiştir. Ayrıca kuraklığa toleranslı genotiplerin stres faktörü altında gelişimlerini hassas hatlara oranla daha iyi sürdürdüğü saptanmıştır. Sonuç olarak, üstün kuraklık toleransı olan mısır hatları ile yapılan melezlerin de kuraklık performanslarının yüksek olduğu belirtilmiştir.

Chug, Kaur, Grewal ve Gupta (2013)'nın çalışmasında oksidatif stresinin mısır bitkileri tarafından ne şekilde yönetildiğinin incelenmesi adına, kuraklığa dayanıklı (Parkash) ve kuraklığa hassas (Paras) genotiplerin tepe püskülü gelişim aşamasında incelenmiştir. Kurak şartlar altında başlıca H₂O₂, askorbik asit, MDA, CAT ve peroksidaz parametreleri değişimleri takip edilmiştir. Kuraklığa dayanımlı Parkash genotipinin askorbid asit ve klorofil içeriği yüksek değerlere sahip olurken, H₂O₂ ve MDA değerleri kuraklığa hassas genotip olan Paras'dan daha düşük olarak gözlemlenmiştir. Parkash genotipinin antioksidan savunma sistemini

etkin şekilde kullanması genotipin kuraklık stresine karşı dayanımına işaret etmektedir. Antioksidan savunma sistemleri ve biyokimyasal verilerin işlenerek kuraklığa dayanımı olan genotiplerin geliştirilmesi ve tespiti için önemli bir basamak olduğu saptanmıştır.

Khosroushahi (2014), farklı iki mısır genotipi üzerinde tuz stresine hassas ve dirençli genotiplerde, antioksidan savunma sistemi, solunum yolu yanıtları ve östrojenin bu yanıtlara tepkisini konu almıştır. Hidroponik ortamda 10 gün boyunca yetiştirmiş oldukları mısır bitkilerinin yapraklarına östrojen hormonu uygulamasından sonra 3 gün boyunca tuz stresine maruz bırakmışlardır. Tuz uygulaması genotiplerin yapraklarındaki POD ve CAT aktivitelerini düşürürken, SOD, APX, glutatyon peroksidaz (GPX) aktivitelerini arttırmıştır. Ayrıca tuz uygulaması iki mısır varyetesinde de süperoksit ve H₂O₂ içeren ROT seviyesi ile MDA içeriğini önemli şekilde artırırken, tuza ilave olarak uygulanan östrojen bu parametrelerdeki artışları tuz uygulamasına kıyasla önemli oranda baskıladığı saptanmıştır. Sonuç olarak, östrojen uygulamasının bitkilerin tuz stresi toleransını geliştirdiğini vurgulamıştır.

Durmuş, Çakaloğulları ve Tatar (2015)'in çalışmasında mısırın su kullanım etkinliği ile bazı fizyolojik parametreler tarla koşullarında karşılaştırılmıştır. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanlarında kurulan çalışmada 10 farklı mısır genotipi test edilmiştir. Tam sulama ve %20 kısıtlı sulama uygulamaları sonrasında genotiplerin toplam dane verimi, tek bitki kuru ağırlığı, bin tane ağırlığı, transpirasyon miktarı ve kanopi içi evaporasyon miktarları, su kullanım etkinlikleri ve prolin içerikleri incelenmiştir. Tam ve kısıtlı sulama uygulamalarının transpirasyon miktarı üzerine etkisi olmadığı ancak evaporasyon miktarları üzerine anlamlı farklar oluşturduğu tespit edilmiştir. Sulama miktarına dayalı su kullanım etkinliğinde tam ve kısıtlı sulama uygulamalarında sırasıyla 1,77 ton/da ve 2,04 ton/da verimleri elde edilmiştir.

Gaffney vd. (2015) tarafından yapılan çalışma, Amerika mısır üretim alanlarındaki kuraklık stresi dayanımı olan genotiplerin tespiti amaçlanmıştır. Bu kapsamda farklı lokasyon verileri işlenerek kısıtlı sulama altında genotiplerin performansları 3 yıl boyunca incelenmiştir. Kuraklık dayanımı olan genotipler, kuraklık dayanımı olmayan genotiplerle karşılaştırılmış, kısıtlı su altında %6,5, tam sulama altında ise %1,9'lük daha yüksek verim verdikleri tespit edilmiştir.

Bursa Yenişehir bölgesinde yapılan farklı sulama konusu çalışmasında mısır bitkisi kullanılmıştır. Susuz koşullar dahil olmak üzere farklı sulama konularının uygulandığı denemenin sonucuna göre, sulama miktarları ile verim arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Çalışmada 16 farklı su uygulama düzeyi oluşturulmuş ve bu desenlere göre elde edilen dane verimi 1120,1 kg/da ile 1852,8 kg/da arasında değişmiş olup, tam sulanan koşulda en yüksek verim elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçların ışığında, vejetatif gelişme ve tepe püskülü dönemlerinde yapılan sulamaların verim artışında olumlu bir etki yaptığı belirtilmiştir (Okay ve Yazgan, 2015).

Yang vd. (2015)'nin yaptığı çalışmada farklı kuraklık stresi hassasiyetine sahip 6 farklı mısır hattını (*B73*, *LO1016*, *A638*, *LO964*, *VA35*, *GRACE-E5*) kullanmıştır. Saksılara ekimi yapılan hatlar sera ortamında yetiştirilmiştir. Bu yetiştirme esnasında kuraklık stresi ortamı oluşturulmuş olup hatların tepkileri biyokimyasal analizler yardımıyla anlamlandırılmaya çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda, kuraklık stresinin morfolojik ve fizyolojik parametrelerde belirgin değişiklikler ve hızlı reaktif oksijen türlerinin (ROT) birikimine neden olduğu tespit edilmiştir. Tüm hatlarda SOD aktivitesinin artması ile kendini belli eden antioksidan savunma sistemi, ROT oluşumunu azaltma yönünde tepki vermiştir. Kuraklık stresine toleranslı hatların antioksidan savunma sisteminin hassas olan genotiplere göre daha hızlı ve etkin olarak aktive olduğu tespit edilmiştir.

Ghahfarokhi vd. (2015), yapmış oldukları çalışmada kuraklık şartları ve yeniden sulama uygulamalarının antioksidan, enzimler, klorofil, prolin ve bağıl su içerikleri üzerindeki meydana getirdiği değişimler incelenmiştir. Bu kapsamda 2011 ürün yetiştirme sezonunda, SC260, SC370, SC500, SC647 ve SC704 mısır genotiplerinde çalışma yapılmıştır. Sonuç olarak, kuraklık şartları altında genotiplerin gelişimlerinin gerilediği, yeniden sulama sonrası büyüme hızının belirli oranda geri kazanıldığı bildirilmiştir. SC647, SC704 ve SC700 genotiplerinde kuraklık şartları altında antioksidan, enzimler, klorofil, prolin ve bağıl su içerikleri açısından çok büyük değişimler olmadığı, yeniden sulama uygulaması ise tekrardan normal değerlere ulaştığı belirtilmiştir. Antioksidan savunma sisteminin etkinliğinin, kurak ve yarı kurak koşullar altında genotiplerin kuraklık toleranslarının bir göstergesi olduğu belirtilmiştir.

Doğru ve Bayram (2016) tarafından yapılan çalışmada 20 günlük mısır bitkilerinin kuraklık stresine toleranslarının araştırılması amacı ile morfolojik ve fizyolojik parametreler analiz edilmiştir. Kuraklık uygulaması sonrasında molondialdehit birikiminin arttığı ancak

FRB73 genotipinde daha az miktarda tespit edilmiştir. Ayrıca, fenolojik madde içeriğinin orta ve şiddetli kuraklık uygulamalarında arttığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, kuraklık stresi altında kök ve gövde büyümesini sürdürme yeteneği, fenolik madde, taze ve kuru biyokütle artışı, su, fotosentetik pigment (klorofil a ve b) ve şeker miktarının daha az etkilenmesi ve MDA birikiminin daha az olması nedeniyle, *FRB73*'ün kuraklığa daha toleranslı olduğu vurgulanmıştır.

Xu, Wang, Wang, Wei ve Zhang (2016), yapmış oldukları çalışmada mısır bitkisine kuraklık stresini yaşatmak üzere PEG6000 isimli kimyasalı kullanmışlardır. Bu uygulamayı takiben 24 saat içerisinde bitkilerin metabolizmalarındaki antioksidan savunma sisteminin etkinliğinde artış gözlemlemişlerdir. Bitki yapısı içerisinde *P. indica* kolonilerine sahip olan genotiplerde ise stres faktörlerinin belirli düzeyde kalarak kuraklığa karşı direnç gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, bu genotiplerde kuraklık ile ilişkili olan *DREB2A*, *CBL1*, *ANAC072* ve *RD29A* genlerinin ekspresyonunda artış kaydedilmiştir. Sonuç olarak, kuraklık ile ilişkili genler ile antioksidan savunma sistemi arasında bağlantı nedeniyle kuraklık stresi dayanımlı genotiplerin daha az hücre duvarı zararı olumsuz koşulları yönetebileceği saptanmıştır.

Kravić, Andjelkovic, Ristic, Babic ve Drinic (2016) tarafından Sırbistan koşullarında yapılan çalışmada, kuraklık toleransı yüksek genotiplerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Sırbistan koşulları için toplam ortalama yağışın 873,2 mm olmakla birlikte ortalama sıcaklığın 18,8 °C civarında olduğu bildirilmiştir. Bu koşullar altında yürütülen çalışmada, kuraklık stresi uygulanan hat ve hibritlerin, bitki ve koçan yükseklikleri, toplam yaprak sayıları, koçan üzeri yaprak sayısı ve verim gibi parametreleri ölçülmüştür. Tüm bu veriler ışığında bitkilerin parametreler karşısında göstermiş oldukları yüksek performansların kuraklık toleransı yüksek genotiplerin tespiti konusunda bir gösterge olduğu vurgulanmıştır.

Anjum vd. (2017) yapmış oldukları çalışmada, farklı mısır genotiplerine (Dong Dan 80, Wan Dan 13 ve Run Nong 35) iyi, orta ve düşük miktarda sulanan parseller ile şiddetli kuraklık uygulamaları gerçekleştirilmiştir. İyi sulanan koşullara karşı diğer tüm koşullar karşılaştırıldığında bitki gelişiminde gerileme ve ROT miktarının arttığı görülmüştür. Bu çalışmanın, biyokimyasal özellikler ve diferansiyel fizyolojik tepkiler, minimum verim kayıplarıyla su eksikliği koşullarına dayanabilecek kuraklığa toleranslı genotiplerin geliştirilmesine yardımcı olabileceği belirtilmiştir.

Tandzi, Bradley ve Mutengwa (2019)'nın çalışmasında mısır bitkisinde kuraklık stresinin en büyük gelişim sınırlayıcı etmenlerden biri olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada, kuraklık, sıcaklık, kuraklık ve sıcaklık uygulamalarını 20 farklı mısır genotipi üzerinde etkisi incelenmiştir. Kullandıkları temel parametreler olan kanopi sıcaklığı, yaprak alanı, bitki yüksekliği ve klorofil içeriği yönünden genotipler değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, kurak şartlarda bitki sıcaklığı 27 °C, sıcak şartlarda 43 °C, kurak ve sıcak şartlarda ise 47 °C sıcaklıkları gözlenmiştir. Bitki kanopi sıcaklığının kontrol, kurak, sıcak, kurak ve sıcak şartları ile doğru orantılı olarak arttığı saptanmıştır. Yaprak alanının ise, kuraklık ve sıcaklık, sıcaklık, kuraklık ve normal şartlar ile orantılı olarak arttığı bildirilmiştir. Klorofil miktarında, en yüksek oran normal şartlar altında en düşük oran kuraklık ve sıcaklık stresi altında belirlenmiştir. Çalışmada bu şartlara dayanıklı genotiplerin ortalamanın üzerinde performans göstererek stres tolerans sınıflandırmalarının yapılabileceği bildirilmiştir.

Wang vd. (2019)'nin çalışmasında kuraklık stresi altında mısır genotiplerinin koçanlarında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Kuraklığa dayanımı olan YE8112 genotipi ile, kuraklığa karşı hassas olan M017 genotipleri kurak koşullar altında değerlendirilmiştir. 14 gün boyunca kuraklık şartlarına tabi tutulan iki farklı genotipin koçan doldurma oranı proteomik yaklaşım ile değerlendirilmiştir. Mısır bitkisinin kuraklık toleransının açıklanmasında kuraklığa duyarlı proteinler ve sonraki süreçlerdeki fonksiyonel tanımlama yöntemlerinin kuraklık stresine dayanıklı genotiplerin tespitinde önemli olduğu belirtilmiştir.

3.2. Bitki Stres Faktörleri Üzerine Drone ve Uzaktan Algılama Çalışmaları

Zaman-Allah vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada Multispektral kamera kullanılarak bitkilerin içerdiği düşük azot miktarı NDVI gelişim parametresiyle ilişkilendirilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, bitkilerde meydana gelen farklı stres faktörlerinin uzaktan algılama metodları kullanılarak yorumlanabileceği vurgulanmıştır.

Bitkilerin yaşadıkları su stresi uzaktan algılama yöntemleri ile anlaşılmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmada sabit kanatlı bir drone kullanılarak üzerindeki kameralar yardımı ile su stresi yaşayan bitki grupları ve bölgeler tespit edilebilmiştir. Su stresi yaşayan alanlardaki bitkilerin gelişim indeks değerleri herhangi bir problem yaşamayan alanlardaki bitkilere göre daha düşük değer ile tanımlanmıştır. Kullanılan farklı gelişim algoritmalarından olan NDVI ve yaprak alanı indeksi (LAI) su stresinin etkilerini ortaya

koymak açısından değerli sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Elde edilen verilere göre, kullanılan arpa genotipinin yanı sıra diğer ürünler için de uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak su stresinin tespit edilebileceği belirtmiştir (Hoffmann vd., 2016).

Gnadinger ve Schmidhalter (2017) tarafından uzaktan algılama metodu kullanılarak bitki sayıları, farklı gübreleme uygulaması sonrası bitki gelişim indekslerinin değerlendirilmesi üzerine çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre uzaktan algılama metotlarının bitki gelişim performanslarının rakamsal boyuta dönüştürülmesinde etkili bir yöntem olduğu vurgulanmıştır.

Mogili ve Deepak (2018), NDVI görüntüleri kullanarak gelişim problemi gösteren alanların GPS koordinatları ile tespit edilerek, alanların otomatik olarak ilaçlanması araştırılmıştır. Yapılan çalışmaya göre multi-spektral kamera kullanılarak gelişim geriliği gösteren alan tespit edilmiştir. Problemlili olan alan işaretilenerek ilaçlama dronu ile belirli alanların ilaçlanması gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak gelişim problemi yaşanan alanlar multi-spektral kamera ile NDVI gelişim değeri baz alınarak tespit edilmiştir.

Goswami, Sharma, Chaudhury ve Raju (2019) tarafından mısırd genotipleri üzerine yapılan çalışmada, kırığı öncesi ve sonrası genotipleri incelenmiştir. Uzaktan algılama metodları kullanılarak genotiplerin yüksek çözünürlükte görüntüleri elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler makine öğrenmesi metodları ile farklı algoritmalar ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Farklı algoritmalar birbiri ile karşılaştırılmış olup stres faktörünü en iyi açıklayan algoritma tespit edilmiştir. Mısırd bitkisi üzerinde yapılan çalışmanın sonucuna dayanarak stres faktörleri uzaktan algılama metodları ile tespit edilebilmiş ve stres faktörleri rakamsal olarak açıklanmıştır.

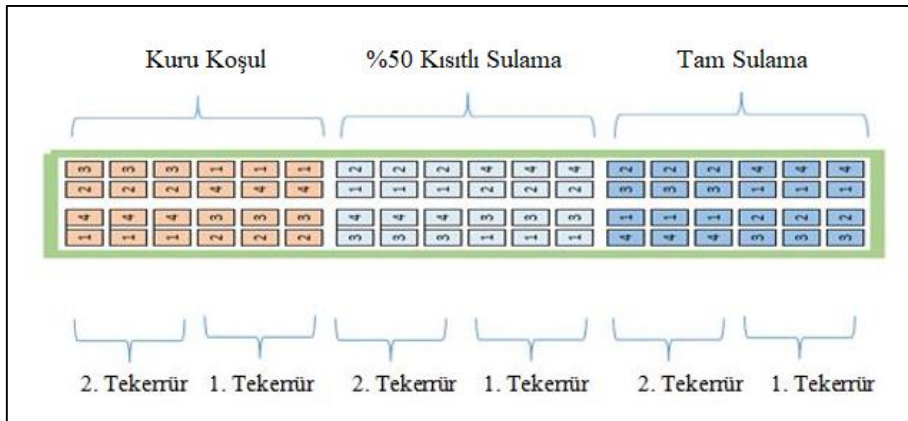
4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Bitkisel Materyal

Bu tez çalışmasında, bitkisel materyal olarak dört farklı mısır genotipi deneysel kodlaması ile kısaca her biri EKP kodu ile kodlanarak (EKP-1, EKP-2, EKP-3 ve EKP-4) kullanılmıştır. EKP-1 genotipi farklı lokasyonlarda göstermiş olduğu yüksek stres toleransı ile ön plana çıkan bir genotiptir. EKP-2, EKP-3 ve EKP-4 geotiplerinin kuraklık performansları bilinmemektedir. Genotiplere ait tohumlar MAY Agro A.Ş firmasından temin edilmiştir.

4.2 Bitkilerin Yetiştirilmesi

Toprak hazırlığı işlemi goble, pulluk, kültivatör ile yapılmıştır. Yapılan toprak analizi sonucu pH:7,4 ve organik maddenin %1,9 olduğu tespit edilmiştir. Makro elementler açısından ise herhangi bir olumsuzluk gözlenmemiştir. Temel gübre dozları bölgede klasik yetiştiriciliği yapılan mısır için kullanılan dozlar ile aynı olması amacı ile belirlenmiştir. Taban gübresi olarak dekara 45 kg 15-15-15 NPK kompoze gübre verilmiştir. Toprak hazırlığı işlemlerinden sonra ekim alanı krokiye göre parsellenerek gerekli bilgilendirme tabelaları ile yer belirleme işlemleri tamamlanmıştır. Ekim krokisi tesadüfi parseller deneme konusuna göre hazırlanmış olup, her genotip üç farklı sulama konusuna tabi tutulmuştur. Ayrıca genotipler sulama parselleri içinde iki ayrı tekerrür olarak yerleştirilmiştir. Parseller dört sıra 0,7 metre sıra arası genişlik ve 15 metre uzunluk olacak şekilde planlanmıştır (Şekil 4.1). Ekolojik şartların uygun olduğu 29 Nisan 2019 tarihinde Bursa Mustafakemalpaşa lokasyonunda genotiplerin ekimi yapılmıştır. Ekim altı sıralı Gaspardo ekim mibzeri ile gerçekleştirilmiş olup sıra üzeri 17 cm olacak şekilde hassas ekim yapılmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1. Deneme parselleri



Şekil 4.2 Mibzer ile tohum ekimi

Parsellerde çimlenme çıkış görülmeye başlanmasından itibaren kültürel işlemler gerçekleştirilmiş olup, zararlı mücadeleleri yapılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Deneme parselleri

Kültürel işlemler kapsamında bitkilerin 4-6 yapraklı döneminde sıra aralarına, ara patlatma ve ara çapalama işlemleri yapılmıştır. Gelişim düzeyleri 8-10 yaprak dönemine geldiğinde boğaz doldurma yapılarak gelişimleri desteklenmiştir. Tüm gelişme periyodu boyunca dekara ortalama 30 kg %46 Üre, 20 kg MAP ve 25kg potasyum sülfat gübrelemesi yapılmıştır. 19 Eylül 2019 tarihinde ise hasat olgunluğuna gelen parsellerin tamamı aynı gün içerisinde hasat edilmiştir.

4.3. Kuraklık Uygulaması

Genotiplerin farklı sulama miktarları altında gösterecek oldukları performansların tespit edilmesi için parsellere üç farklı deneme konusu yapılmıştır. Bunlar tam sulama (kontrol grubu), %50 kısıtlı sulama ve kuru koşul olarak sınıflandırılmıştır. Sezon içerisinde sulama konularına ait toplam su miktarları mm cinsinden (Çizelge 4.1)'de yer almaktadır. Çizelgede belirtilen etkili yağışlar (Yıldırım, 2013)'e göre hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Sulama suyu miktarları (mm)

Deneme Konuları	Genotipler	Etkili Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Bitki Su Tüketimi (mm)
Tam Sulama	EKP-1	119,23	498	617,23
	EKP-2			
	EKP-3			
	EKP-4			
%50 Kısıtlı Sulama	EKP-1	119,23	269	388,23
	EKP-2			
	EKP-3			
	EKP-4			
Kuru Koşul	EKP-1	119,23	40	159,23
	EKP-2			
	EKP-3			
	EKP-4			

Tam sulama konusu çiftçi ve bölge şartlarında uygulanan sulama periyodunu baz almaktadır. Bununla birlikte yer meteoroloji istasyonu destekli olarak kök bölgesinde kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'nin altına düşmesi ile sulamalar yapılmıştır. Tam sulama denemesi içerisindeki genotiplerin su eksikliği kaynaklı stres yaşamaması için sensörler yardımı ile nem ve sıcaklık değerleri sezon boyunca izlenmiştir. Bu değerler göz önüne alınarak belirli saatler süresince damla sulama sistemi ile sulama işlemi yerine getirilmiştir. Damla sulama sistemi sıra aralarına her iki sıraya bir lateral olacak şekilde yerleştirilmiş olup saatte metrekareye 3,5 mm sulama suyu uygulanmıştır. Kullanılan

damlatıcının özellikleri ise dış çapı 16 mm, et kalınlığı 0,9 mm, debi 4 L/saat ve damlatıcı aralığı 20 cm'dir. Üniform sulama takibi amacı ile her sulamada, sulama hattı üzerine istasyonlar kurularak her parselde eşit miktarda suyun verilmesine özen gösterilmiştir. Damlatıcılar sulama periyodu boyunca kontrol edilerek olası tıkanmalar önlenmiştir.

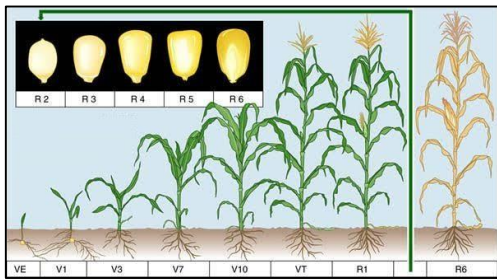
İkinci sulama konusunda %50 kısıtlı sulama uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu sulama konusunda, tam sulama koşulunun %50'si baz alınarak uygulamalar yapılmıştır.

Üçüncü konu olarak, kuru koşul yaratılmıştır. Bu konuda, tamamen susuz şartları sağlayacak şekilde kurgulanarak sezon boyunca doğal yağışlar dışında ilave bir sulama işlemine tabi tutulmamıştır. Buradaki denemede bulunan genotipler çimlenme çıkış aşamasından hasat sürecine kadar doğal yağışların etkisi ile gelişmiştir.

Genel olarak tanımlandığında, kök bölgesinde üç farklı nem düzeyi oluşturularak farklı mısır genotiplerinin kuraklık koşullarına karşı tepkilerinin gözlenmesi hedeflenmiştir.

4.4. Bitki Analiz Yöntemleri

Bitki ekimi gerçekleştirildikten 65 gün sonra (Reproductive 1 gelişim dönemi) örnekleme yapılmış (Şekil 4.4.) ve aşağıda belirtilen analizler ve drone çekimleri gerçekleştirilmiştir. Spesifik yaprak alanı ve yaprak bağıl su içeriği testleri numunelerin alınmasına takiben gerçekleştirilmiştir. Biyokimyasal testler için alınan örnekler -18 °C'de muhafaza edilerek uygun zaman diliminde örnekler bu ortamdan alınarak testleri gerçekleştirilmiştir.

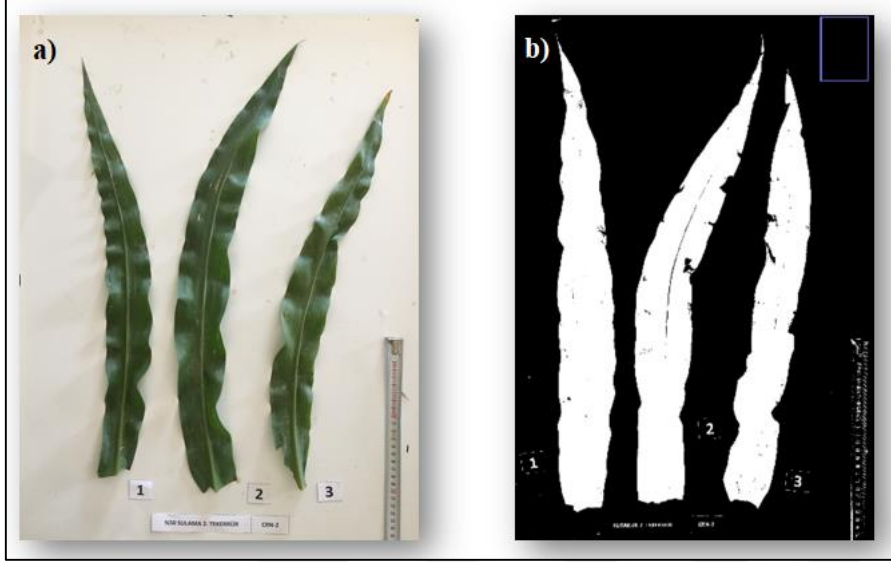


Şekil 4.4. Mısır gelişim evreleri

4.4.1. Spesifik Yaprak Alanı (SYA)

Bitkilerin gelişmiş yaprakları, gövdeye yakın yerlerinden dikkatlice kesilerek alınmıştır. Kesilen yaprakların ilk önce ağırlıkları gram cinsinden alınır daha sonra bu

yapraklar, üzerinde uzunluk birimlerinin gösterge olarak bulunduğu zemin üzerine yerleştirilerek fotoğraflanmış ve ilgili fotoğraflar Image J programına yüklenerek yaprakların alanları cm^2 cinsinden hesaplanmıştır (Şekil 4.5.). Yaprak ağırlıklarının, yaprak alanına bölünmesiyle SYA değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.5. Yaprak numuneleri (a), Image J görüntüsü (b)

4.4.2. Yaprak Bağlı Su İçeriği (BSİ) Belirlenmesi

Farklı sulama miktarı ile sulanarak yetiştirilmiş bitkilerin tam olarak gelişmiş yapraklar alınarak ve tartılmış ve taze (yaş) ağırlıkları (YA) (mg) olarak belirlenmiştir. Daha sonra bu yapraklar su kaplarında distile su ile tamamen ıslatılmış filtre kâğıdı arasında üç saat bekletilerek turgor haline getirilmiştir. Turgor haline gelmiş yapraklar, üzerlerindeki su birikintisini uzaklaştırmak için kâğıt havlu ile silinerek, tekrar tartılarak turgor ağırlıkları (TA) (mg) olarak saptanmıştır. Daha sonra bu yapraklar 70°C 'de 48 saat kurutularak, kuru ağırlıkları (KA) bulunmuştur. Yaprakların BSİ aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Formül 1.1) (Smart ve Bingham, 1974).

$$\text{BSİ (\%)}: [YA - KA] / [TA - KA] \times 100 \quad (1.1)$$

4.4.3. Lipit Peroksidasyonu Miktarının Belirlenmesi

Analiz sırasında lipit peroksidasyonunun son ürünü olan MDA seviyesinin ölçülmesi ile lipit peroksidasyonu derecesi belirlenmiştir (Madhava Rao ve Sresty, 2000). Bitki örneği

(0,5 g), %0,1'lik trikloroasetik asit (TCA) çözeltisi ile homojenize edilmiştir. Özütler 12000 rpm'de 5 dk 4°C' de santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra üst faza TCA ve TBA (tiobarbitürik asit) içeren reaksiyon karışımı eklenmiştir. Örnekler daha sonra 95°C'de 30 dk sıcak su banyosunda bekletilip ardından buz banyosuna konulmuştur. Örnekler soğuk şokunun ardından 10000 rpm'de 15 dk santrifüjlenmiştir. Oluşan üst fazın 532 nm ve 600 nm'deki absorbans değerleri alınıp ve MDA derişimi, ekstinksiyon katsayısından ($\epsilon=155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) yararlanılarak ($\mu\text{mol g yaş ağırlık m}^{-2}\text{s}^{-1}$) hesaplanmıştır.

4.4.4. H₂O₂ Miktarının Belirlenmesi

H₂O₂ miktarı, Bernt ve Bergmeyer (1974) metoduna göre belirlenmiştir. Bitki örnekleri (0,2 g), 1 ml 100 mM Na-P tamponu (pH: 6,8) ile homojenize edilmiştir. Özüt, 25200 rcf'de 20 dk 4°C'de santrifüj edildikten sonra 0,5 ml supernatant 2,5 ml peroksit reaktifi ile karıştırılıp, 30°C'de 10 dk inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda 0,5 ml 1 M perklorik asit eklenerek reaksiyon durdurulmuştur. Spektrofotometrede 436 nm'de okuma yapılarak H₂O₂ standart eğrisine göre yaprakların H₂O₂ miktarı saptanmıştır.

4.4.5. Toplam Protein Miktarının Belirlenmesi

Bitki örneklerinin toplam protein içeriği Bradford (1976) yöntemine göre saptanmıştır. Bitki örneği (0,5 g) 1 mM EDTA.Na₂ ve %2 (w/v) polivinilpolipirrolidon (PVPP) içeren 1 ml 50 mM sodyum fosfat tamponunda (pH 7,8) homojenize edilmiştir. Özütler +4°C'de 18928 rcf'de 30 dk santrifüj edildikten sonra üst faz enzim ve protein analizleri sırasında kullanılmıştır. Bu yöntemde protein standart grafiğinin hazırlanması sırasında Bovine Serum Albumin (BSA) kullanılmıştır. Hazırlanan örnekler spektrofotometrede 595 nm dalga boyunda köre karşı okunup ve örnekler için toplam protein miktarı, standart grafik üzerinden hesaplanmıştır. Elde edilen protein değerleri, SOD aktivitesinin hesaplanması sırasında kullanılmıştır.

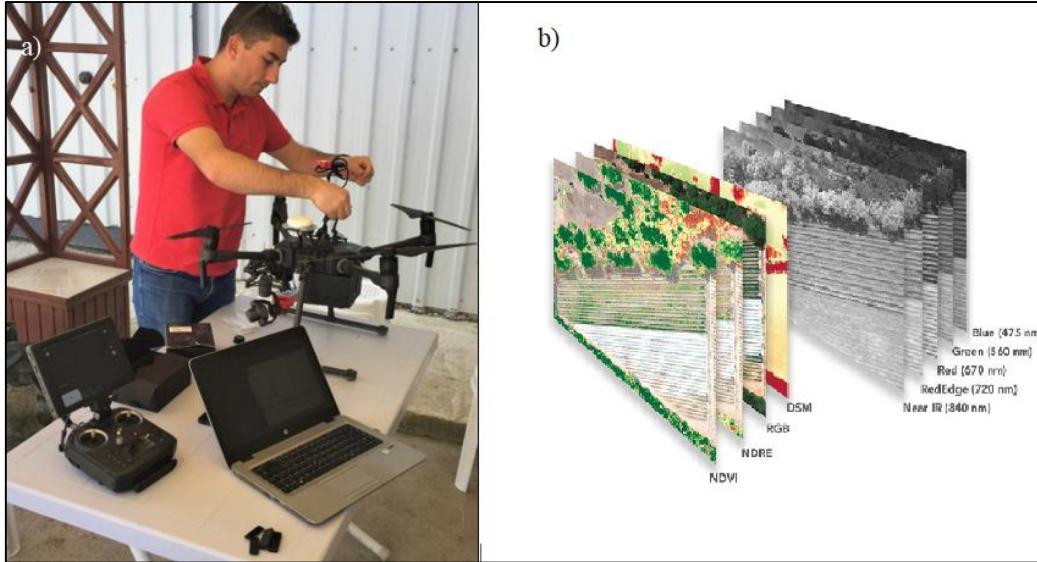
4.4.6. SOD Aktivitesinin Belirlenmesi

SOD aktivitesi, Beauchamp ve Fridovich (1971) ve Giannopolities ve Ries (1977)'e göre belirlenmiştir. 0,5 g bitki yaprağı 1 mM EDTA.Na₂ içeren sodyum fosfat (Na-P) tamponu (pH 7,8) ile soğuk ortamda homojenize edilmiştir. Homojenizasyon sonrasında özüt +4°C'de 17949 rcf'de santrifüj edilmiştir. Örneklerin toplam protein içerikleri belirlendikten

sonra farklı konsantrasyonlardaki süpernatant, 50 mM Na-P tamponu (pH 7,8), 0,1 M L-Metiyonin, 1 mM Nitro BlueTetrazolium (NBT), 0,1 mM EDTA.Na2 ve 0,2 mM riboflavin içeren reaksiyon karışımı ile $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 25°C 'de 10 dk süresince ışık ortamında reaksiyona bırakılmıştır. Reaksiyon sonunda meydana gelen renk değişimi 560 nm dalga boyundaki ölçüm ile saptanmıştır. Spesifik enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein-1olarak belirlenmiştir. Spektrofotometrik okumalar sırasında Mecasys Optizen Pop cihazı kullanılmıştır.

4.5. Drone Çekimleri

Bu yüksek lisans tezinde parsellerin gelişimlerinin değerlendirilmesi kapsamında drone ile çekimler yapılmıştır (Şekil 4.6). Bu çekimlerde multispektral (Mavi, Yeşil, Kırmızı, Yakın Kırmızı ve Near Infrared) fotoğraf çekimi yapan Mica Sense Red-Edge modeli kamera (Şekil 4.7) kullanılmıştır. Drone olarak da DJI Matrice 210 RTK (Şekil 4.8) kullanılmıştır. Hava koşullarının uygun olduğu saat 12:00 – 14:00 saatleri arasında çekimler gerçekleştirilmiş ve veriler elde edilmiştir. Deneme alanına ait ortomosaik görüntü elde edebilmek için yeterli örtüşmenin sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle, uçuş planı düzenlenirken uçuş yönünde ve uçuş yönüne dik yönde %70 örtme oranı sağlanmıştır. Uçuşlarda azami 6 m/sn uçuş hızı ve 60 metre yükseklik tanımlanmıştır.



Şekil 4.6. Drone uçuşu öncesi kurulum (a) ve kamera bant (b) değerleri



Şekil 4.7. Micasense Red Edge kamera



Şekil 4.8. DJI Matrice 210 RTK

Otonom uçuş gerçekleştirilmesi için Precision Hawk firmasının geliştirmiş olduğu yazılım kullanılmıştır. Belirtilen günlerde yapılan uçuşlar ile deneme parsellerine ait multispektral görüntüler elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler Agisoft Photoscan programı kullanılarak ortomosaik görüntüler ve bu görüntüler üzerinden sağlanan NDVI haritaları oluşturulmuştur. NDVI haritaları deneme konularına ait bitkilerin gelişim performansları hakkında rakamsal bilgi vermektedir. Oluşturulan NDVI haritaları ArcGIS programına yüklenerek, parsel bazlı NDVI haritaları ve bu parsellere ait istatistiki bilgiler Excel ortamına aktarılmıştır.

4.6. Parsellerin Hasat Edilmesi

Tüm parseller aynı gün içerisinde yan tesir etkisini azaltmak amacı ile orta iki sıralarında bulunan koçanları alınarak hasat edilmiştir. Hasat edilen parsellerin her biri için ayrı ayrı nem verileri Minigac portatif cihaz ile alınmıştır (Şekil 4.9). Hasat edilen parsellerin nem değerleri %15 olacak şekilde sabitlenerek verimler hesaplanmıştır.



Şekil 4.9. Minigac nem ölçüm cihazı

4.7. İstatistiksel Analiz

Bu tez çalışma üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Tüm fizyolojik, biyokimyasal ve drone verileri tek yönlü varyans analizi (One Way Anova) ile SPSS versiyon 20.0 (SPSS Inc. Chicago, USA) programı kullanılarak incelenmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile karşılaştırılmıştır. $P \leq 0,05$ olan değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Deneme sonucunda elde edilen sonuçlar ortalama \pm standart hata olacak şekilde grafikler sunulmuştur. Sonuçların yanında verilen farklı harfler ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark olduğunu ifade etmektedir.

5. BULGULAR

Farklı sulama konuları uygulanan mısır genotiplerinin tam sulama ve kuru koşullar altında [%50 sulama ve kuru (doğal yağışlar altında) koşul] vermiş oldukları tepkileri NDVI görüntü değerleri, SYA, BSİ, lipit peroksidasyonu miktarı, H₂O₂ miktarı, toplam protein miktarı, SOD aktivitesi ve hasat verim değerlerine ait parametreler üzerinden incelenmiş olup değişimler aşağıda sunulmuştur.

5.1. Parsel Hasatları

Genotipler farklı sulama konuları altında yetiştirilmiş ve hasat olgunluklarına geldiklerinde aynı gün içerisinde hasat edilmiştir (Şekil 5.1). Hasat sonrasında nem ve verim değerleri alınan genotiplerin %15 nem değerine sabitlenmiş 7m² ortalama verim sonuçları hesaplanmıştır (Şekil 5.2).

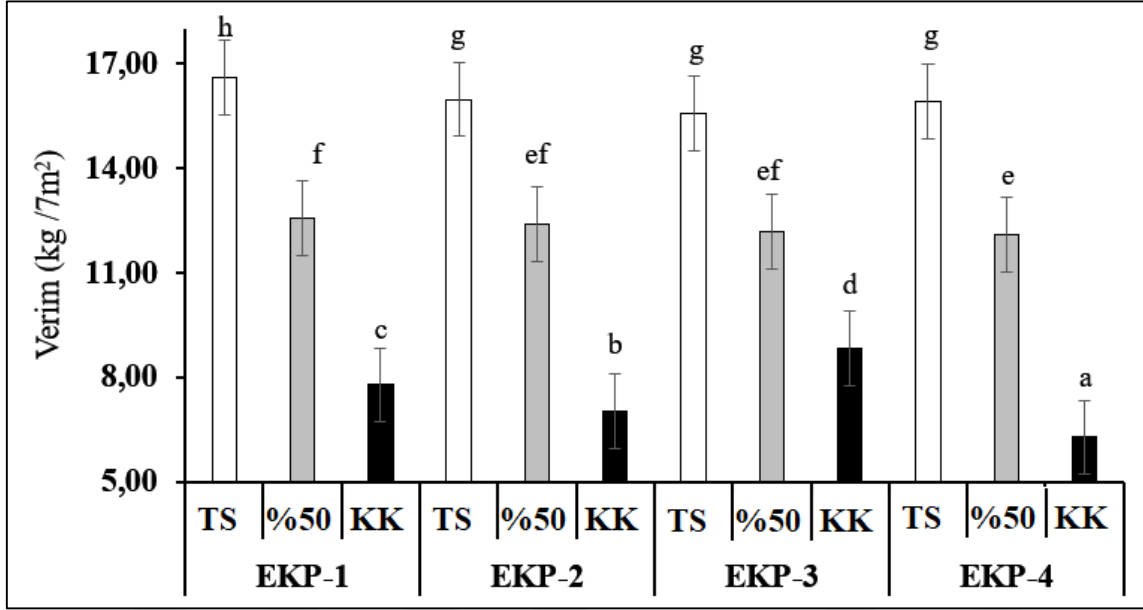


Şekil 5.1. Hasat edilen koçanlar

Tüm şartlar altındaki hasat verileri değerlendirildiğinde, EKP-1 genotipi en yüksek verime sahip olurken, EKP-4 genotipi en düşük verim değerini elde etmiştir.

EKP-1 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması verim değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %24, kuru koşul uygulaması ise %53 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-2 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması verim değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %22, kuru koşul uygulaması ise %55 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-3 genotipine yapılan %50 su

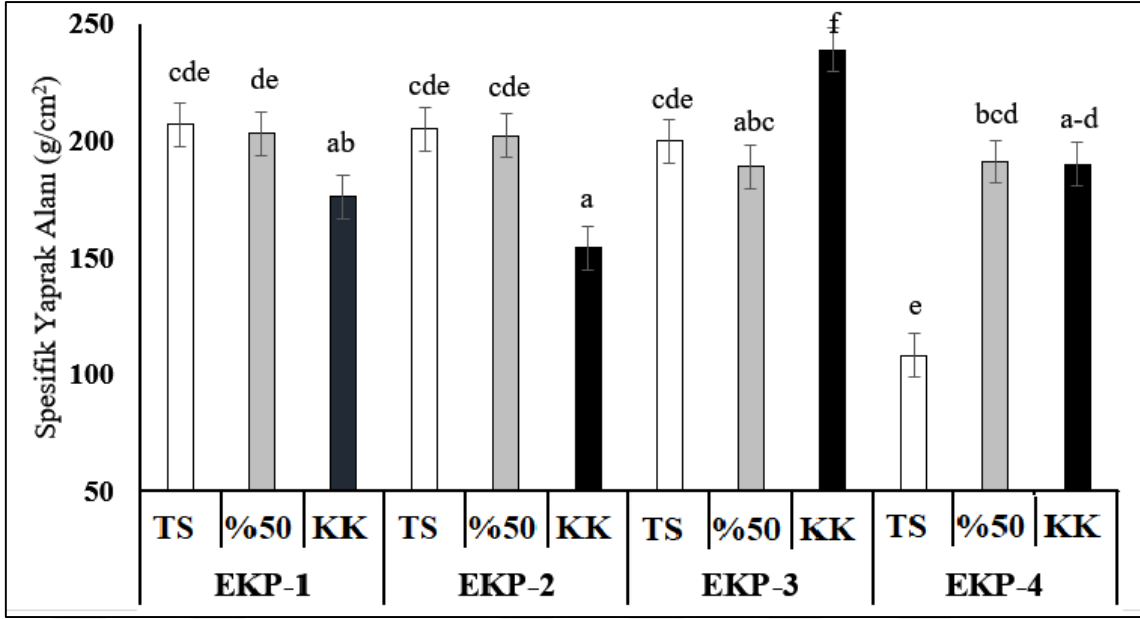
kısıtlaması verim değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %21, kuru koşul uygulaması ise %43 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-4 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması verim değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %24, kuru koşul uygulaması ise %60 oranında azalışa neden olmuştur. Bu çalışmada yapılan %50 su kısıtlamasının ise kontrol bitkilerine oranla %23, kuru koşul uygulamasının ise %53 oranında verim değerinde azalışa neden olduğu saptanmıştır.



Şekil 5.2. Deneme sonunda verim parametresindeki değişimler

5.2. Spesifik Yaprak Alanı (SYA)

Farklı genotiplerin SYA indeksi farklı sulama konuları altında değerlendirildiğinde, EKP-3 genotipi kurak şartlar altında sergilemiş olduğu yüksek performans ile ön plandadır. Diğer genotiplerin optimum sulama şartlarında dahi gösteremediği performansı kurak şartlar altında göstermesi diğer genotiplerden bu noktada pozitif ayrılmasına sebep olmuştur. Tüm sulama konuları altındaki performanslar incelendiğinde ise genotipler sırasıyla en yüksek EKP-3, EKP-1, EKP-2 ve EKP-4 olarak şekillenmektedir (Şekil 5.3). Tüm sulama konusu altında en iyi performansı EKP-3 genotipi gösterirken tam sulama konusu altındaki düşük performansı nedeniyle EKP-4 genotipi son sırayı almıştır.



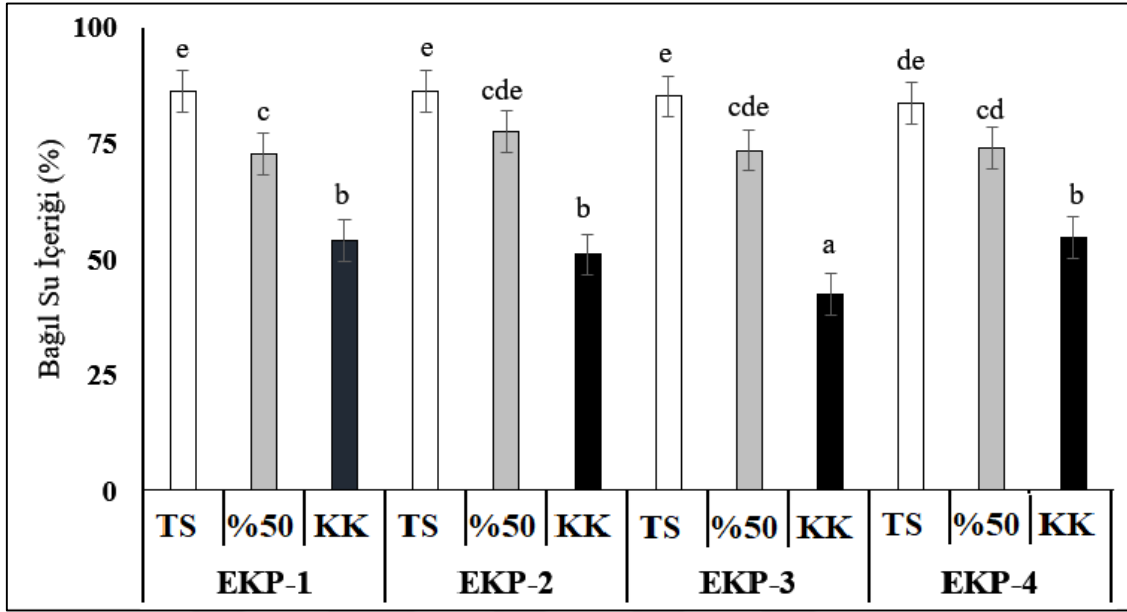
Şekil 5.3. Mısır genotiplerine ait spesifik yaprak alanında meydana gelen değişimler

EKP-1 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması spesifik yaprak alanı değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %2, kuru koşul uygulaması ise %15 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-2 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması spesifik yaprak alanı değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %1, kuru koşul uygulaması ise %25 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-3 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması spesifik yaprak alanı değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %5 azalış, kuru koşul uygulaması ise %19 oranında artışa neden olmuştur. EKP-4 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması spesifik yaprak alanı değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %8, kuru koşul uygulaması ise %8,3 oranında azalışa neden olmuştur. Bu çalışmada yapılan %50 su kısıtlaması altında ise kontrol bitkilerine oranla %4, kuru koşul uygulamasının ise %7 oranında spesifik yaprak alanı değerinde azalışa neden olduğu saptanmıştır.

5.3. Yaprak Bağlı Su İçeriği (BSİ)

Genotiplerin yaprak bağlı su içerikleri farklı sulama konuları altında incelendiğinde, tüm genotiplerin göstermiş oldukları performansın sulama konusunun tam sulama, %50 su kısıtlaması ve kuru koşul sıralaması ile doğru orantılı olarak düştüğü tespit edilmiştir. Genotipler azalan su miktarına karşı yaprak bağlı su içeriklerinde belirli miktarlarda düşüşler ile kendilerini ifade etmiştir. Tüm sulama konuları altındaki ortalama performanslar

incelendiğinde EKP-3 genotipi en yüksek değeri alırken, EKP-1 genotipi en düşük değeri almıştır (Şekil 5.4).

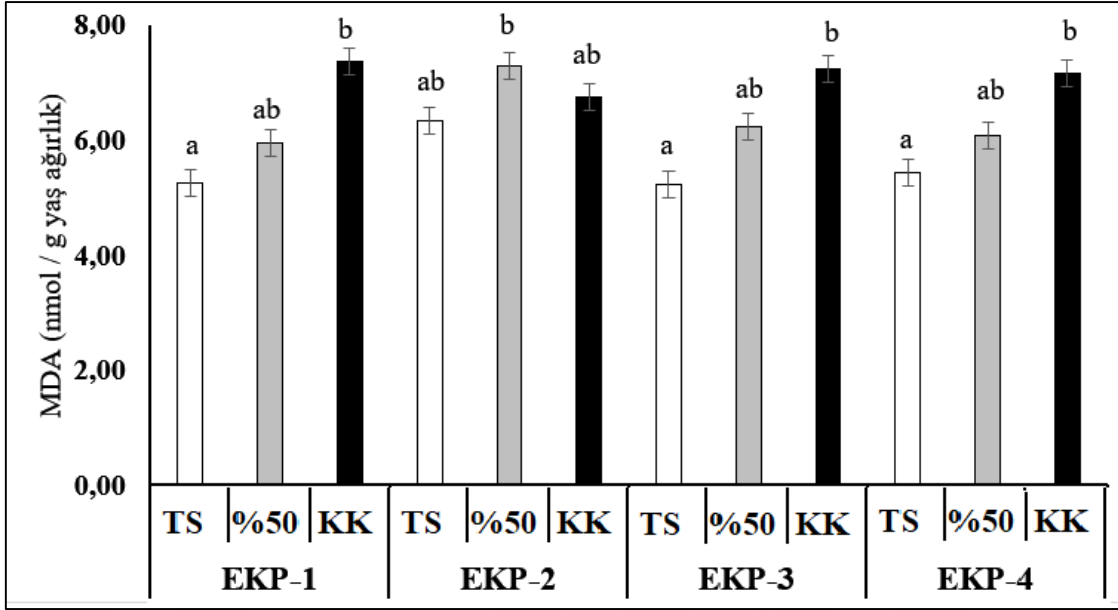


Şekil 5.4. Bağlı su içeriğinde meydana gelen değişimler

EKP-1 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması BSİ değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %15, kuru koşul uygulaması ise %37 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-2 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması BSİ değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %10, kuru koşul uygulaması ise %40 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-3 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması BSİ değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %13, kuru koşul uygulaması ise %50 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-4 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması BSİ değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %11, kuru koşul uygulaması ise %34 oranında azalışa neden olmuştur. Bu çalışmada yapılan %50 su kısıtlamasının ise kontrol bitkilerine oranla %12, kuru koşul uygulamasının ise %40 oranında BSİ değerinde azalışa neden olduğu saptanmıştır.

5.4. Lipit Peroksidasyonu Miktarı

Genotiplerin lipit peroksidasyonu miktarı farklı sulama konuları altında incelenmiş olup, genel olarak kurak şartlarda en fazla artışı gösterdiği gözlenmiştir (Şekil 5.5). EKP-2 genotipinin %50 sulama koşulları altındaki performansı, genotipi genel ortalama en üst yere konumlandırmıştır. Genel ortalama değerlerine göre en düşük ortalama değerine ise EKP-1 genotipi sahip olmuştur.

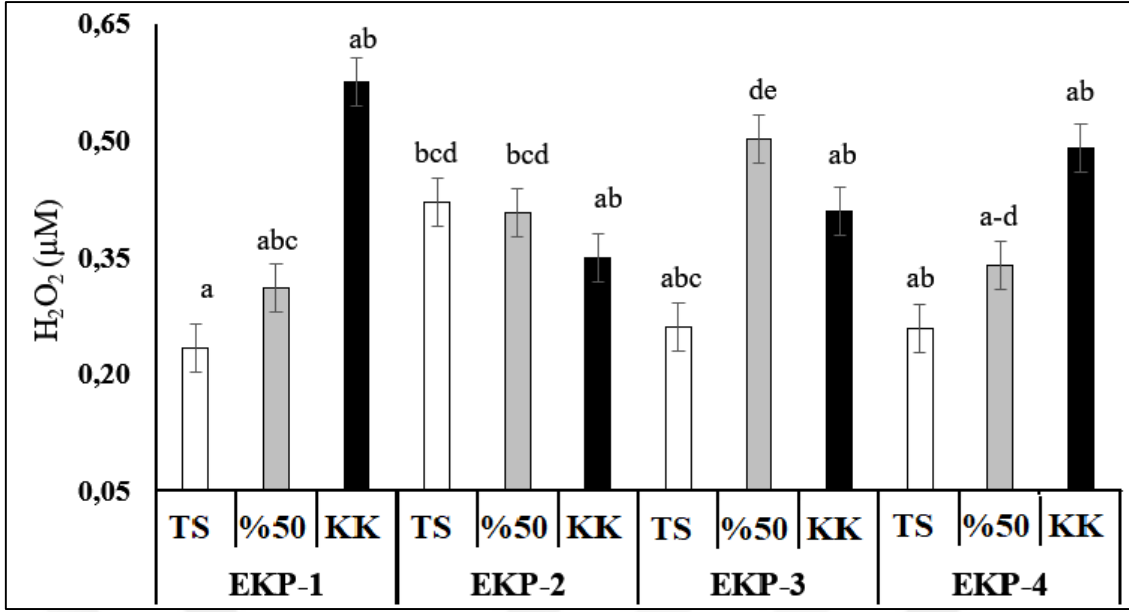


Şekil 5.5. Lipit peroksidasyonu miktarında meydana gelen değişimler

EKP-1 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması MDA değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %13, kuru koşul uygulaması ise %40 oranında artışa neden olmuştur. EKP-2 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması MDA değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %15, kuru koşul uygulaması ise %6 oranında artışa neden olmuştur. EKP-3 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması MDA değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %19, kuru koşul uygulaması ise %38 oranında artışa neden olmuştur. EKP-4 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması MDA değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %11, kuru koşul uygulaması ise %31 oranında artışa neden olmuştur. Bu çalışmada yapılan %50 su kısıtlamasının ise kontrol bitkilerine oranla %15, kuru koşul uygulamasının ise %28 oranında MDA değerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

5.5. H₂O₂ Miktarı

Genotiplerin farklı sulama konuları altında H₂O₂ miktarları incelendiğinde, normal şartlar altında en yüksek değere sahip olan EKP-2 genotipi ön plana çıkmaktadır. Buna rağmen kuraklık stresi yaşanan koşullara geçildikçe bu değer azaldığı gözlenmiştir. Tüm sulama konuları altındaki genel ortalamalar incelendiğinde EKP-2 genotipi en yüksek değeri elde ederken en düşük değer EKP-4 genotipinde kaydedilmiştir (Şekil 5.6).

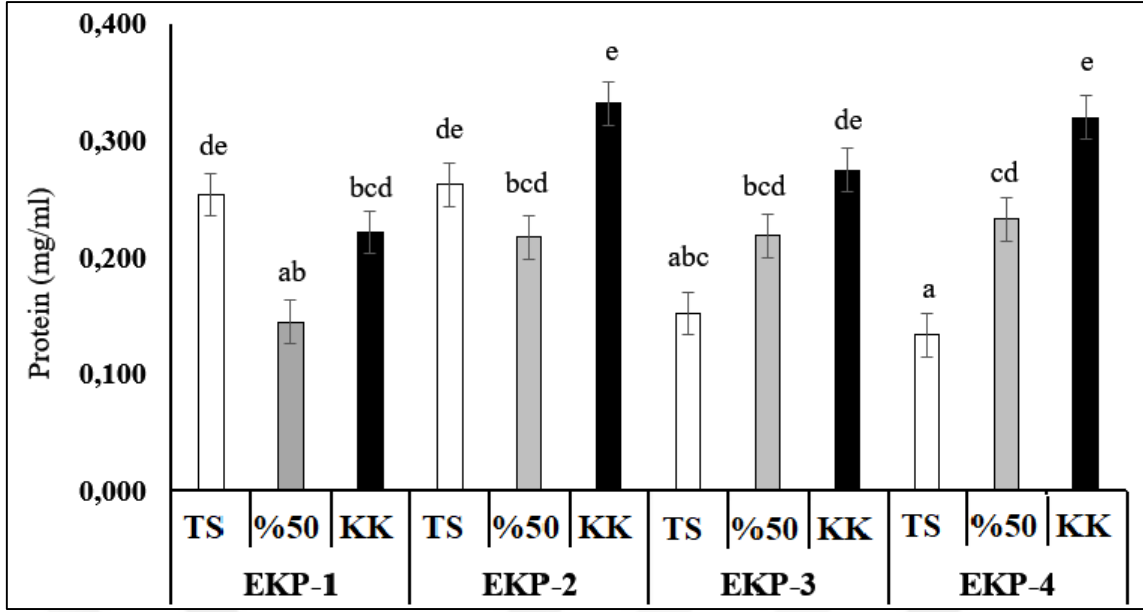


Şekil 5.6. H₂O₂ miktarında meydana gelen değişimler

EKP-1 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması H₂O₂ değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %33, kuru koşul uygulaması ise %147 oranında artışa neden olmuştur. EKP-2 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması H₂O₂ değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %3, kuru koşul uygulaması ise %17 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-3 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması H₂O₂ değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %92, kuru koşul uygulaması ise %57 oranında artışa neden olmuştur. EKP-4 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması H₂O₂ değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %31, kuru koşul uygulaması ise %90 oranında artışa neden olmuştur. Bu çalışmada yapılan %50 su kısıtlamasının ise kontrol bitkilerine oranla %32, kuru koşul uygulamasının ise %55 oranında H₂O₂ değerinde artışa neden olduğu saptanmıştır.

5.6. Toplam Protein Miktarı

Genotiplerin toplam protein miktarı farklı sulama konuları altında incelenmiş olup, EKP-3 ve EKP-4 genotiplerinde toplam protein miktarı sulama konuları normalden kurak desene ilerledikçe doğrusal orantıda artışlar kaydedilmiştir. Tüm koşullar altındaki genel ortalamalar değerlendirildiğinde ise, en yüksek değer EKP-2 genotipinde gözlenmiş, en düşük değer ise EKP-1 genotipinde elde edilmiştir (Şekil 5.7).

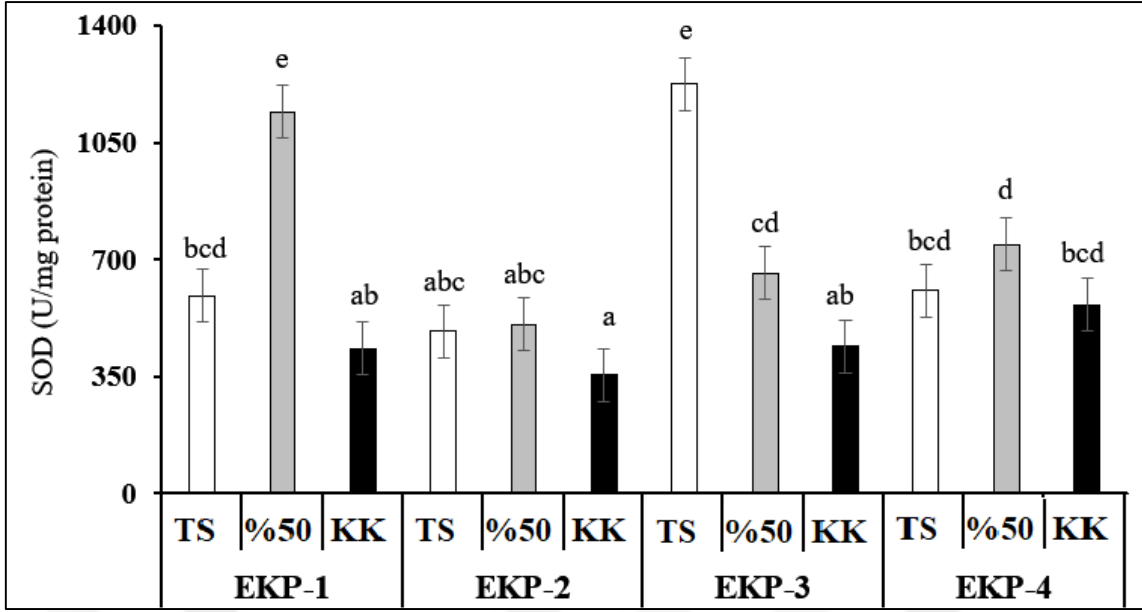


Şekil 5.7. Toplam protein miktarında meydana gelen değişimler

EKP-1 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması protein değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %43, kuru koşul uygulaması ise %12 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-2 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması protein değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %17 azalış, kuru koşul uygulaması ise %26 oranında artışa neden olmuştur. EKP-3 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması protein değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %44, kuru koşul uygulaması ise %81 oranında artışa neden olmuştur. EKP-4 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması protein değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %74, kuru koşul uygulaması ise %140 oranında artışa neden olmuştur. Bu çalışmada yapılan %50 su kısıtlamasının ise kontrol bitkilerine oranla %1, kuru koşul uygulamasının ise %43 oranında protein değerinde artışa neden olduğu saptanmıştır.

5.7. SOD Aktivitesi

Genotiplere ait SOD miktarları farklı sulama konuları altında incelenmiş, EKP-3 genotipinin tam sulama konusu altında sergilemiş olduğu yüksek SOD aktivitesi ile ön plana çıktığı görülmüştür. EKP-1 genotipi ise %50 kısıtlı sulama konusunda yüksek SOD aktivitesi göstermiştir. Genel SOD aktiviteleri incelendiğinde EKP-3 genotipi en yüksek değeri alırken en düşük değer EKP-2 genotipinde kaydedilmiştir (Şekil 5.8).

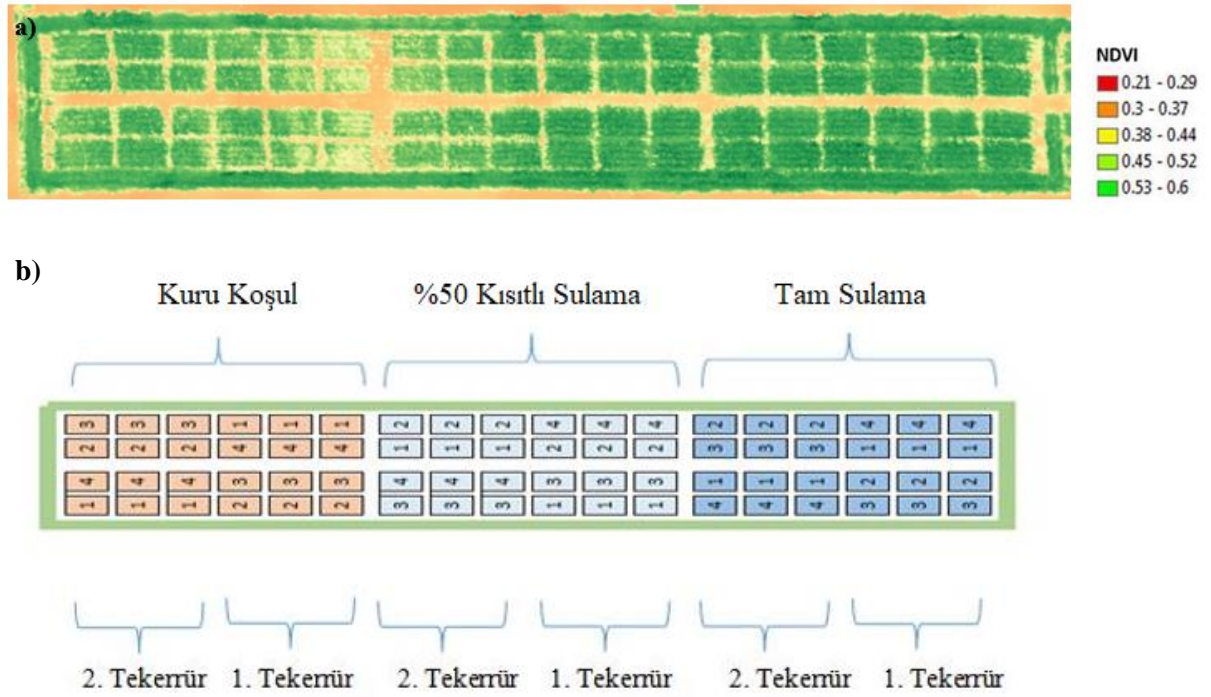


Şekil 5.8. SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler

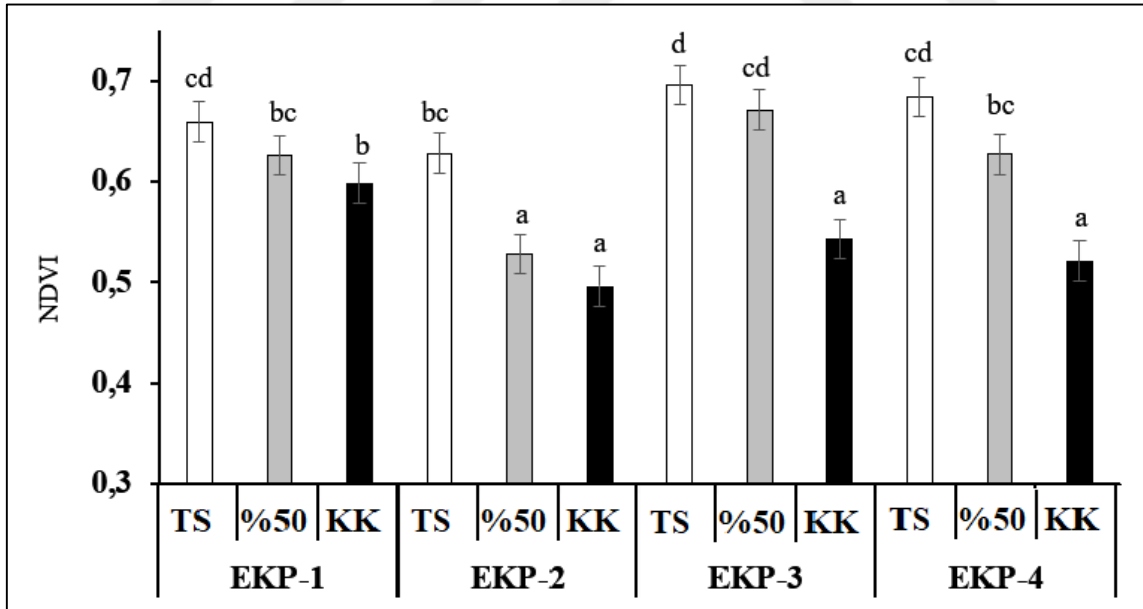
EKP-1 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması SOD değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %93 artış, kuru koşul uygulaması ise %26 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-2 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması SOD değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %3 artış, kuru koşul uygulaması ise %26 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-3 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması SOD değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %46, kuru koşul uygulaması ise %64 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-4 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması SOD değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %22 artış, kuru koşul uygulaması ise %7 oranında azalışa neden olmuştur. Bu çalışmada yapılan %50 su kısıtlamasının ise kontrol bitkilerine oranla %4 artış, kuru koşul uygulamasının ise %38 oranında SOD değerinde azalışa neden olduğu saptanmıştır.

5.8. Drone Çekimleri

Araştırma sırasında, 1 Temmuz 2019 tarihinde yapılan drone çekimlerine dayanarak tepe püskülü çıkarma aşamasında olan ve farklı sulama konuları altında gelişimlerini devam ettiren genotiplere ait NDVI harita görüntüsü ve deneme parsellerine ait plan Şekil 5.9'de verilmiş olup farklı sulama konularına karşı mısır genotiplerinin NDVI değerlerine ait değişimler is Şekil 5.10'de verilmiştir.



Şekil 5.9. NDVI haritası (a) ve deneme parselleri (b)



Şekil 5.10. NDVI değişimlerine ait sonuçlar

Genotiplerin NDVI değerlerinin, tam sulama, %50 kısıtlı sulama ve kuru koşul konuları ile orantılı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Kurak şartlar altında en düşük NDVI değeri EKP-2 genotipine ait olurken, en yüksek değeri EKP-1 genotipi elde etmiştir. %50

sulama konusunda ise en yüksek deęer EKP-3, en dūřuk deęere EKP-2 genotipinde kaydedilmiřtir. Tūm sulama konuları altında en yüksek NDVI deęerine sahip olan genotip EKP-3 olurken en dūřuk EKP-2 genotipinde okunmuřtur.

EKP-1 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması NDVI değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %5, kuru koşul uygulaması ise %9 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-2 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması NDVI değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %15, kuru koşul uygulaması ise %21 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-3 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması NDVI değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %3, kuru koşul uygulaması ise %21 oranında azalışa neden olmuştur. EKP-4 genotipine yapılan %50 su kısıtlaması NDVI değerinde kontrol bitkilerine kıyasla %8, kuru koşul uygulaması ise %23 oranında azalışa neden olmuştur. Bu çalışmada yapılan %50 su kısıtlamasının ise kontrol bitkilerine oranla %8, kuru koşul uygulamasının ise %19 oranında NDVI değerinde azalışa neden olduğu saptanmıştır.

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında, farklı sulama konuları altında gelişimlerini tamamlayan dört farklı mısır genotipleri kuru koşul uygulamasına karşı vermiş olduğu yanıtlar fizyolojik ve biyokimyasal düzeyde incelenmiş, elde edilen sonuçlar uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen sonuçlarla ilişkilendirilmeye çalışılmıştır.

SYA değeri genotiplerin buldukları sulama konuları ile ilişkili olarak değişmiştir. Tam sulama şartlarında en yüksek değerler elde edilirken %50 kısıtlı sulama ve kuraklık uygulamasının SYA değerinde azalmaya neden olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar farklı stres uygulamalarının yapıldığı 20 farklı mısır genotipine ait çalışma olan Tandzi, Bradley ve Mutengwa (2019) ile benzerlik göstermektedir.

BSİ değerinin çalışmada yapılan kuraklık uygulamasının şiddeti arttıkça azalma gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen dört farklı genotip, benzer sonuçlar göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre, sadece kuraklık şartları altında genotiplerin yaprak BSİ değerinin birbiri ile çok fazla değişim göstermediği yönündeki sonuç Ghahfarokhi vd. (2015)'nin farklı mısır genotipleri ile yaptığı çalışma ile benzerlik göstermektedir. Değişimler kuraklık şartlarının sertleşmesi ile orantılı olarak daha düşük değerler ile kendini ifade etmektedir. Tüm sulama konuları altında genotiplerin performansı incelendiğinde, Chen vd. (2012) yaptığı çalışmada kuraklık toleransı olan genotiplerin yaprak BSİ değerlerini belirli oranda korudukları ancak kuraklığa hassas olan genotiplerin ise BSİ değerini koruyamadıkları vurgulanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, BSİ açısından EKP-1 genotipinin en hassas, EKP-3 genotipinin ise kuraklığa karşı en toleranslı genotip olduğunu göstermektedir.

Lipit peroksidasyonunun son ürünü olan MDA seviyesine ait sonuçlar, kuraklık koşulları altında MDA seviyesinin arttığını göstermiştir. Bu sonuç, Bray vd. (2000)'nin çalışmasıyla benzerlik göstermektedir. MDA miktarları değerlendirildiğinde kuraklık şartlarında en yüksek değerler elde edilirken %50 kısıtlı sulama ve tam sulama şartlarında daha düşük değerler kaydedilmiştir. Tüm sulama konuları altındaki MDA miktarları değerlendirildiğinde en düşük değerler EKP-1 ve EKP-3 genotipinde, en yüksek değer ise EKP-4 genotipinde elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre kuraklık dayanımı en yüksek genotipler sırasıyla EKP-1, EKP-3, EKP-2 ve EKP-4 olarak sıralanmış ve bu değerlendirme Labudda (2013)'nin çalışmasında belirttiği MDA miktarının ölçümü ile

genotiplerin kuraklık toleransları arasındaki ilişkinin açıklanabileceği sonucu ile güçlü bir ilişki göstermektedir.

H₂O₂ miktarı kuraklık stresi altındaki bitkilerde genel olarak artış göstererek kendini ifade etmektedir. Chug vd., (2013) tarafından yapılan çalışmada genotiplerin sergilediği özel performanslar nedeniyle farklılıklar tespit edilmiştir. Tam sulama konusu altındaki genotiplerden EKP-1 genotipi en düşük H₂O₂ değerine sahip olurken EKP-2 genotipi ise dikkat çekici derecede en yüksek değere sahiptir. Tüm sulama konuları altındaki performanslar incelendiğinde ise en düşük değer EKP-4 genotipinde en yüksek değer ise EKP-2 genotipinde elde edilmiştir. Tüm bu sonuçlar, kuraklık stresi altındaki kuraklığa hassas olan genotiplerdeki H₂O₂ birikiminin yüksek olduğu Chug vd. (2013)'nin çalışması ile benzerlik göstermektedir.

Genotipler protein miktarları açısından incelendiğinde, kuraklık şartlarının şiddetlenmesi ile doğru orantılı olarak protein miktarının da arttığı gözlenmiştir. Tüm sulama konuları değerlendirildiğinde en yüksek değeri EKP-2 gösterirken, en düşük değer EKP-1 genotipinde elde edilmiştir. Kuraklık stresi altında toleranslı bitkilerin antioksidan savunma sisteminin uyarılması ROT'nin seviyesinin düşürülmesi sırasında protein miktarının azalabileceği Anjum vd. (2017)'nin çalışması ile benzerlik göstermektedir.

Mısır genotiplerinin tam sulama, %50 kısıtlı sulama ve kuraklık koşulları altında SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler incelendiğinde, %50 sulama konusunda EKP-1 genotipi ve tam sulama konusu altında EKP-3 genotipinin göstermiş oldukları performanslar diğer genotiplerden önemli oranda ayrılmaktadır. Tüm sulama konuları altındaki genotiplerin ortalama performansları incelendiğinde en yüksek aktivitenin EKP-3 genotipinde, en düşük değerin ise EKP-2 genotipinde olduğu belirlenmiştir. Tüm bu sonuçlar, antioksidan savunma sistemini aktif hale getiren genotiplerin SOD miktarını arttırdığı Yang vd. (2015)'nin çalışması ile stres faktörlerine hassas olan genotiplerdeki SOD miktarının azaldığı yönündeki Khosroushahi (2014)'nin yaptığı çalışma ile benzer bulunmuştur.

Yapılan bu tez çalışmasında genotipler farklı sulama konusu altında gelişimlerini tamamlamış ve hasat edilmiştir. Birim alandaki verim en yüksek tam sulama konusunda elde edilirken, en düşük değer kuru koşullarda gözlenmiştir. Kurak şartlarda en yüksek verimi EKP-3 genotipi elde etmiş olup, en düşük verim EKP-4 genotipinde kaydedilmiştir. Tüm sulama konuları incelendiğinde ise en yüksek verim EKP-1, en düşük verim EKP-4

genotipinde elde edilmiştir. Tüm bu sonuçlar ışığında, kuraklık şartlar altında genotiplerin verimlerinin düştüğü Okay vd. (2015)'nin çalışması ile, kuraklık dayanımı olan genotiplerin diğer dayanımı olmayan genotiplere kıyasla kısıtlı su altında %6,5, tam sulama altında ise %1,9'luk daha yüksek verim verdikleri Gaffney vd. (2015)'nin çalışması ile benzerlik göstermektedir.

Tüm parsellere ait NDVI değerleri tez çalışması içerisinde incelenmiş olup, NDVI değerlerinin kuraklık stresinin artması ile orantılı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Genel olarak en yüksek değer Tam sulama koşulları altında gözlenirken, en düşük değerler kuru koşullar altında elde edilmiştir. Tüm sulama konularının ortalaması incelendiğinde, EKP-3 genotipi en yüksek, EKP-2 genotipi ise en düşük değere sahip olarak saptanmıştır. Değerlendirilen tüm NDVI sonuçları, stres faktörü altında olan genotiplerin NDVI değerleri azalır (Mogili vd., 2018) çalışması ile benzer ilişki içermektedir. Uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak su stresinin tespit edilebileceği Hoffmann vd. (2016)'nın bitkilerde meydana gelen farklı stres faktörlerinin uzaktan algılama metotları kullanılarak yorumlanabileceği Zaman-Allah vd. (2015)'nin çalışmaları ile güçlü ilişki ortaya koymaktadır.

Tepe püskülü çıkış zamanında alınan örnekler ve yapılan drone uçuşundan elde edilen korelasyon sonuçları (Çizelge 6.1)'de yer almaktadır. Protein parametresi MDA ve H₂O₂ ile pozitif korelasyon gösterirken, SOD, BSİ, NDVI ve verim parametreleri ile negatif bir korelasyon sergilemiştir. MDA parametresi sadece H₂O₂ ile pozitif bir korelasyon gösterirken, SOD, BSİ, NDVI ve verim parametreleri ile negatif korelasyon sonucu elde edilmiştir. H₂O₂ parametresi ise, SOD, BSİ, NDVI ve verim ile negatif korelasyona sahiptir. SOD parametresi incelendiğinde, BSİ, NDVI ve verim ile pozitif korelasyon göstermektedir. BSİ parametresi NDVI ve verim ile pozitif korelasyona sahiptir. NDVI parametresi ise verim ile pozitif bir korelasyona sahiptir. YA parametresi korelasyon matriksinde bulunan diğer parametreler ile önemli bir korelasyona sahip değildir.

Çizelge 6.1. Parametrelerin korelasyon matrisi

	Protein	MDA	H₂O₂	SOD	BSİ	YA	NDVI	Verim
Protein	1,000							
MDA	0,460*	1,000						
H₂O₂	0,387*	0,783*	1,000					
SOD	-0,639**	-0,499**	-0,427*	1,000				
BSİ	-0,543**	-0,620**	-0,520**	0,473*	1,000			
YA	-0,215 ^{öd}	-0,043 ^{öd}	-0,216 ^{öd}	0,098 ^{öd}	-0,010 ^{öd}	1,000		
NDVI	-0,645**	-0,703**	-0,391*	0,547**	0,720**	0,114 ^{öd}	1,000	
Verim	-0,579**	-0,677**	-0,626**	0,415*	0,896**	0,303 ^{öd}	0,786**	1,000

* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$, ö.d.: önemli değil

Tez çalışması süresince elde edilen veriler ve kazanılan deneyimler ışığında bundan sonra yapılacak olan çalışmalara, mısır veya farklı bitki genotiplerinin kullanılacağı benzer çalışmaların farklı lokasyonlarda ve tekrar eden yıllar içerisinde kurgulanması, SOD enzimi dışında antioksidan savunma sisteminin tüm yönleriyle değerlendirilmesi, drone teknolojisinin kullanılmasında tercih edilen kameralara termal kameranın eklenmesi ve mısır bitkisine ait farklı genotiplerin sayısının artırılması önerilebilir.

Literatür incelemeleri sonrasında, bitkilerin buldukları kurak koşullar altında belirli oranda performanslarında düşüşler dikkat çekmektedir. Kurak koşullar altında iyi performans gösteren genotipler incelendiğinde ise antioksidan savunma sistemlerini etkin bir şekilde kullandıkları, BSİ değerindeki azalmayı kontrollü şekilde yönettikleri ve NDVI değerlerinin belirli oranda yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasında, kurak şartlar altında gelişimlerini devam ettiren mısır genotiplerinin yaşadığı fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin drone teknolojisi ile tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu durum, ıslah faaliyetlerinde kuraklığa dayanımı olan genotiplerin drone uçuşu ve görüntü işleme süreçleri ile hızlı şekilde tespit edilmesine olanak sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Adamchuka VI, Hummelb JW, Morgan MT, Upadhyaya SK, 2004. On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 44, 71–91.
- Anjum, S. A., Ashraf, U., Tanveer, M., Khan, I., Hussain, S., Shahza, B. ve Wang, L. C. (2017). Drought induced changes in growth, osmolyte accumulation and antioxidant metabolism of three maize hybrids. *Frontiers in Plant Science*, 1-10.
- Anonim, (2019a). Uzaktan Algılama Sistemi. Erişim adresi <http://portal.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=111477944>
- Anonim, (2019b). Drone parçaları. Erişim adresi <http://grinddrone.com/drone-features/drone-components>
- Anonim, (2020). International Grains Council, Mısır tahminleri. Erişim adresi <https://www.igc.int/en/default.aspx>
- Ashraf, M. ve Akram, N. A. (2009). Improving salinity tolerance of plants through conventional breeding and genetic engineering an analytical comparison. *Biotechnology Advances*, 27, 744-752.
- Aslam, M., Maqbool, M. A. ve Cengiz, R. (2015). Drought stress in maize (*Zea mays* L.). *Springer Briefs in Agriculture*, 1-70.
- Beauchamp, C. ve Fridovich, I. (1971). Superoxide Dismutase: Improved assay and applicable to acrylamid gels. *Anal. Biochem.*, 44, 276-287.
- Bernt, E. ve Bergmeyer, H. U. (1974). Inorganic peroxides. In: Bergmeyer HU. (Ed.) *Methods of Enzymatic Analysis*. Academic Press, 2246-2248.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantition of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, 72, 248-254.
- Bray EA, Bailey-Serres J, Weretilnyk E (2000) Responses to abiotic stresses. In: BB Buchanan, W Gruissem, RL Jones, eds, *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. ASPR Rockvitle, pp 1158.
- Capell T, Bassie L, Christou P (2004). Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerancet drought stress. *PNAS*, 101 (26): 9909-9914.

- Chen, J., Xu, W., Velten, J., Xin, Z., ve Stout, J. (2012). Characterization of maize inbred lines for drought and heat tolerance. *Journal of Soil and Water Conservation*, 354-362.
- Christensen, J.H. Hewitson, B. Busuioc, A. vd. 2007. Regional Climate Projections. In: S. Solomon; D. Qin, M. Manning Vd. (Eds.) *Climate Change 2007: the physical science basis*. Contribution of working group to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Chugh, V., Kaur, N., ve Gupta, A. K. (2010). Evaluation of oxidative stress tolerance in maize (*Zea mays* L.) seedling in response to drought. *Indian Journal Of Biocchemistry*, 48, 47-53.
- Chugh, V., Kaur, N., Grewal, M. S., ve Gupta, A. K. (2013). Differential antioxidative response of tolerant and sensitive maize (*Zea mays* L.) genotypes to drought stress at reproductive stage. *Indian Journal of Biochemistry*, 50(1), 150-158.
- Çekiç C (2007). *Kurağa dayanıklı buğday (Triticum aestivum L.) ıslahında seleksiyon kriteri olabilecek fizyolojik parametrelerin araştırılması* (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Doğan, Z., Arslan, S., ve Berkman, A. N. (2015). Türkiye’de tarım sektörünün iktisadi gelişimi ve sorunları. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 29-41.
- Doğru, A., ve Bayram, N. E. (2016). A study on drought stress tolerance in some maize (*Zea mays* L.) cultivars. *SAÜ Fen Bil Der*, 20(3), 509-519.
- Durmuş, E., Çakaloğulları, U., ve Tatar, Ö. (2015). Mısırın su kullanım etkinliği ile bazı fizyolojik parametrelerinin tarla koşullarında karşılaştırılması. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 52(3), 307-315.
- Eisenbeiss, H. (2009). UAV photogrammetry. Diss. ETH No. 18515, doi:10.3929/ethz-a005939264.
- Gaffney, J., Schussler, J., Löffler, C., Cai, W., Paszkiewicz, S., Messina, C., Cooper, M. (2015). Industry-scale evaluation of maize hybrids selected for increased yield in drought-stress conditions of the US corn belt. *Crop Science*, 55, 1608-1618.
- Ghahfarokhi, M. G., Mansurifar, S., Mehrjardi, R. T., Saeidi, M., Jamshidi, A. M. ve Ghasemi, E. (2015). Effects of drought stress and rewatering on antioxidant systems and

- relative water content in different growth stages of maize (*Zea mays* L.) Hybrids. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(4), 493-506.
- Gnadinger, F. ve Schmidhalter, U. (2017). Digital counts of maize plants by unmanned aerial vehicles (UAVs). *Remote Sens*, 9(6), 544.
- Goswami, J., Sharma, V., Chaudhury, B. U., ve Raju, P. (2019). Rapid identification of abiotic stress (Frost) in-field maize crop using uav remote sensing. *The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3(6), 467-470.
- Hoffmann, H., Jensen, R., Thomsen, A., Nieto, H., Rasmussen, J., ve Friberg, T. (2016). Crop water stress maps for an entire growing season from visible thermal uav imagery. *Biogeosciences*, 13, 6545-6563.
- Kadioğlu, M. (2008, Eylül 11-12). *Kuraklık risk yönetimi*. Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansında sunulan bildiri, Konya.
- Khosroushah, F. K. (2014). Mısırın (*Zea mays* L.) tuza hassas ve dirençli varyetelerinde östrojen uygulaması ile alternatif solunum yolunun uyarılması ve tuz stresine toleransının artırılması, (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı, Erzurum.
- Kireçci, O. A. (2018). Bitkilerde enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 473-483.
- Korkmaz, H., ve Durmaz, A. (2017). Bitkilerin abiyotik stres faktörlerine verdiği cevaplar. *GÜFBED/GUSTIJ*, 7(2), 192-207.
- Kraviç, N., Andjelkovic, V., Ristic, D., Snežana, V. B., ve Drinic, M. (2016). Variability for agro-morphological traits of maize (*Zea mays* L.) inbred lines differing in drought tolerance. *Journal of Crop Breeding and Genetics*, 25-32.
- Kuşvuran S (2010). *Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Labudda, M. (2013). *Lipid peroxidation as a biochemical marker for oxidative stress during drought an effective tool for plant. An effective tool for plant breeding*. Erişim Adresi: <https://www.e-wydawnictwo.eu/Document Preview/3342>

- Laxa, M., Liebthal, M., Telman, W., Chibani, K., ve Dietz, K.-J. (2019). The role of the plant antioxidant system in drought tolerance. *Antioxidants*, 8-94.
- Limbrick, K.J., Whitehead, P.G., Butterfield, D., Reynard, N. (2000). Assessing the potential impacts of various climate change scenarios on the hydrological regime of the river Kennet at theale, Berkshire, South-Central England, UK: an application and evaluation of the new semi-distributed model, INCA, *The Science of the Total Environment*, 251/252, 539–555.
- Maazou, A. R. S., Tu, J., Qiu, J., ve Liu, Z. (2016). Breeding for drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). *Scientific Research Publishing*, 1858-1870.
- Madhava Rao, K. V. ve Stresty, T. V. S. (2000). Antioksidative parameters in the seedlings of Pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) in response to Zn and Ni Stresses. *Plant science*, 157, 113-128
- Mengü, G. P., Anaç, S., ve Özçakal, E. (2011). Kuraklık yönetim stratejileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 48(2), 175-181.
- Messina, C. D., Sinclair, T. R., Hammer, G. L., Curan, D., Thompson, J., Oler, Z., Cooper, M. (2015). Limited-transpiration trait may increase maize drought tolerance in the US corn belt. *Agronomy Journal*, 107(6), 1978-1986.
- Mogili, U. R., ve Deepak, B. B. (2018). Review on application of drone systems in precision agriculture. *Procedia Computer Science*, 133, 502-509.
- Okay, D., ve Yazgan, S. (2015). Farklı su uygulama düzeylerinin mısır bitkisi verimi üzerine etkisi. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1), 1-12.
- Örs, S., ve Ekinci, M. (2015). Kuraklık Stresi ve Bitki Fizyolojisi. *Derim*, 32(2), 237-250.
- Schonfeld M, John R, Carver B, Mornhinweg D (1988). Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Science*, 28: 526-531.
- Smart, R. E. ve Bingham, G. E. (1974). Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiol.*, 53(2), 258-260
- Tandzi, L. N., Bradley, G., ve Mutengwa, C. (2019). Morphological responses of maize to drought, heat and combined stresses at seedling stage. *Journal of Biological Sciences*, 19(1), 7-16.
- Türkiye İstatistik Kurumu (2018). Bitkisel üretim verileri. Erişim adresi http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001

- Türkseven, S., Kızmaz, M. Z., Tekin, A. B., Urkan, E., ve Serim, A. T. (2016). Tarımda dijital dönüşüm; insansız hava araçları kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(4), 267-271.
- Wang, X., Zenda, T., Liu, S., Liu, G., Jin, H., Dai, L., Duan, H. (2019). Comparative proteomics and physiological analyses reveal important maize filling-kernel drought-responsive genes and metabolic pathways. *International Journal of Molecular Sciences*, 1-26.
- Xu, L., Wang, A., Wang, J., Wei, Q., ve Zhang, W. (2016). *Piriformospora Indica* Confers drought tolerance on *Zea mays* L. through enhancement of antioxidant activity and expression of drought-related genes. *The Crop Journal*, 251-258.
- Yang, L., Fountain, J. C., Wang, H., Ni, X., Ji, P., Lee, R. D., Guo, B. (2015). Stress sensitivity is associated with differential accumulation of reactive oxygen and nitrogen species in maize genotypes with contrasting levels of drought tolerance. *International Journal of Molecular Sciences*, 24791-24819.
- Yavaş, İ., Akgül, H. N., ve Ünay, A. (2016). Bitkilerin kuraklığa dayanıklılığını artırmaya yönelik uygulamalar. *Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology*, 4(1), 48-57.
- Yıldırım, O. (2013). Sulama sistemlerinin tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no: 1594, 546, 367s, Ankara.
- Zaman-Allah, M., Vergara, O., Araus, J. L., Tarekegne, A., Magorokosho, C., Zarco Tejada, P. J., Hornero, A., Hernández Albà, A., Das, B., Craufurd, P., Olsen, M., Prasanna, B.M. ve Cairns, J. (2015). Unmanned aerial platform based multi spectral imaging for field phenotyping of maize. *Plant Methods*, 11-35.
- Zongjian, L. 2008. Uav for mapping low altitude photogrammetric survey. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 37, 1183-1186.

ÖZGEÇMİŞ

Ceyhan Hafizoğlu, 1990 yılında Bulgaristan'ın Ada (Potochnitsa) köyünde doğdu. Bursa'da ilk öğretimini Başaran ve İbn-i Sina İlköğretim okullarında, orta öğretimini Atatürk Lisesi'nde tamamladı. 2009 yılında Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümünü kazandı. Yabancı dil hazırlık eğitimi almış ve üniversitenin son yılı güz döneminde Polonya Bydgoszcz Teknoloji ve Yaşam Bilimleri Üniversitesi'nde Erasmus öğrenci değişim programına katıldı. Lisans eğitimini 2014 yılında tamamladı. 2017 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2014 yılından itibaren May Tohum firmasında Arge Mühendisi ve Teknoloji Geliştirme Transfer Sorumlusu olarak görevler almıştır.