

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANA BİLİM DALI**



**SU KISITI KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN BİBER
BİTKİLERİNDE FARKLI AZOT FORMLARININ DOMATES
LEKELİ SOLGUNLUK VİRÜSÜ (TOMATO SPOTTED WILT
VIRUS) ENFEKSİYONUNA VE BİTKİ GELİŞİM
PARAMETRELERİNE ETKİLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

Zeynep ASLAN

Danışman

Prof. Dr. Miray SÖKMEN

II. Danışman

Prof. Dr. Coşkun GÜLSER

Bu tez çalışması Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından PYO.ZRT.1908.22.012 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN

2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Zeynep ASLAN tarafından, **Prof. Dr. Miray SÖKMEN** danışmanlığında hazırlanan “**SU KISITI KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN BİBER BİTKİLERİNDE FARKLI AZOT FORMLARININ DOMATES LEKELİ SOLGUNLUK VİRÜSÜ (TOMATO SPOTTED WILT VIRUS) ENFEKSİYONUNA VE BİTKİ GELİŞİM PARAMETRELERİNE ETKİLERİ**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 11.1.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Miray SÖKMEN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bitki Koruma Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Mehmet Ali ŞEVİK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bitki Koruma Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Şerife TOPKAYA Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bitki Koruma Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

22/12 / 2022

Zeynep ASLAN

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: SU KISITI KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN BİBER BİTKİLERİNDE FARKLI AZOT FORMLARININ DOMATES LEKELİ SOLGUNLUK VİRÜSÜ (TOMATO SPOTTED WILT VIRUS) ENFEKSİYONUNA VE BİTKİ GELİŞİM PARAMETRELERİNE ETKİLERİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 22.12.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 18

Tek kaynak oranı : % 4 çıkmıştır.

22/12 / 2022

Prof. Dr. Miray SÖKMEN

ÖZET

SU KISITI KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN BİBER BİTKİLERİNDE FARKLI AZOT FORMLARININ DOMATES LEKELİ SOLGUNLUK VİRÜSÜ (TOMATO SPOTTED WILT VIRUS) ENFEKSİYONUNA VE BİTKİ GELİŞİM PARAMETRELERİNE ETKİLERİ

Zeynep ASLAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Bitki Koruma Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Ocak/2023

Danışman: Prof. Dr. Miray SÖKMEN

İkinci Danışman: Prof. Dr. Coşkun GÜLSER

Besin maddeleri bitkilerin biyotik ve abiyotik stres koşullarına toleransları üzerinde etkiye sahiptir. Abiyotik stres faktörlerinden birisi olan su noksanlığı hem bitki hem de bitki-patojen ilişkileri bakımından önemlidir. Bu çalışmada aynı dozda farklı formlarda verilen azotun, perlit:torf (1:4) ortamında kısıtlı (%30) ve tam (%70) sulama rejimleri altında yetiştirilen “Kandil Dolma” biber çeşidinde Tomato spotted wilt virus (TSWV) enfeksiyonu ve bitki gelişim parametrelerine etkileri araştırılmıştır.

Bu çalışmada, iki farklı sulama rejimi altında yetiştirilen biber bitkilerine 5 farklı besin maddesi [NH_4NO_3 , $\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$ ve Üre] üç tekerrürlü olarak uygulanmış ve uygulamadan 2 hafta sonra bitkiler TSWV ile inokule edilmiştir. Virüs inokulasyonundan 4 ve 8 hafta sonra denemeye ait tüm bitkiler (TSWV ile inokule edilen ve edilmeyen) enfeksiyonun varlığını teyit etmek için ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) yöntemi ile 2 defa test edilmiştir. Çalışmada, hem tam hem de kısıtlı sulama koşullarında besin elementi uygulanmayan kontrol bitkilerinin ortalama ELISA absorbans değerleri bu bitkilerde virüs titresinin daha yüksek olduğuna işaret etmiştir. Enfekteli üre ve nitrat formunda azot [NH_4NO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$] uygulanan bitkilerin kısıtlı sulama koşullarında TSWV'ye karşı daha yüksek toleransa sahip olduğu, sülfatlı besin maddeleri (NH_4SO_4 ve MgSO_4) uygulananların ise virüs enfeksiyonundan nispeten daha fazla etkilendikleri saptanmıştır. Ayrıca, kısıtlı sulama koşullarında yetiştirilen enfekteli bitkilerde (sülfatlı besin maddesi uygulananlar hariç) TSWV semptomlarının şiddetinin azaldığı gözlenmiştir. Su kısıtlı koşullarında sağlıklı ve TSWV-enfekteli bitkilerin toplam evapotranspirasyon (ET) değerlerinin, tam sulanan bitkilere göre önemli düzeyde azaldığı, bu azalmanın NH_4SO_4 ve MgSO_4 uygulananlarda daha belirgin olduğu saptanmıştır. Çalışma sonuçları, tam sulama koşullarında enfekteli bitkilerdeki biyokütle kaybının %23, kısıtlı su koşullarındaki kaybın ise %12 olduğunu göstermiştir. Tam sulama koşulları altında MgSO_4 hariç, tüm uygulamalarda sağlıklı bitkilerin ortalama su kullanma randımanı (SKR) daha yüksek olurken, kısıtlı sulamada kontrol, üre ve NH_4NO_3 uygulanan enfekteli bitkilerinki daha yüksek bulunmuştur.

Bu çalışma, kısıtlı su şartlarında üre, NH_4NO_3 , veya $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ile TSWV enfeksiyonu etkileşiminin bitki gelişimine pozitif katkı yaparak ya da bu besin maddelerinin virüs enfeksiyonunu baskılayarak etkide bulunduğuna işaret etmiştir. Gelecekte, arazi koşullarında farklı su stresleri altında bitki-virüs etkileşimi üzerine değişik besin elementleri ve konsantrasyonlarının etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Sözcükler: TSWV, su stresi, tolerans, evapotranspirasyon, SKR, biyokütle

ABSTRACT

THE EFFECT OF DIFFERENT NITROGEN FORMS ON TOMATO SPOTTED WILT VIRUS INFECTION AND PLANT GROWTH PARAMETERS OF PEPPER PLANTS GROWN IN WATER DEFICIENT CONDITIONS

Zeynep ASLAN

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Plant Protection

Master, January/2023

Supervisor: Prof. Dr. Miray SÖKMEN

Second Supervisor: Prof. Dr. Coşkun GÜLSER

Plant nutrients has an impact on tolerance of plants against abiotic and biotic stress conditions. Water deficiency, which is one of abiotic stress factors, is important both in plant and plant-pathogen interactions. In this study, the effects of different nitrogen forms given at the same doses on Tomato spotted wilt virus (TSWV) infection and plant growth parameters of pepper cultivar “Kandil Dolma” grown in perlite: peat (1:4) mixture under limited (30%) and full (70%) irrigation conditions.

In this study, five different plant nutrients [NH_4NO_3 , $\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$ ve Üre] with three replications were applied to pepper plants grown under two irrigation conditions, and the plants were mechanically inoculated with TSWV after two weeks of nutrient treatment. All plants (TSWV-inoculated and non-inoculated) were tested by enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) to confirm virus infection four and eight weeks after mechanical inoculation. The mean absorbance values of control plants (virus-inoculated non-fertilized) grown under limited and full irrigation indicated that these plants have higher virus titre. When compared, the pepper plants applied with urea and nitrate-containing fertilizers [NH_4NO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$] had more tolerance to TSWV under water limited condition, whereas the plants applied with sulphate-containing fertilizers (NH_4SO_4 and MgSO_4) were relatively affected by the virus more than other treatments. Also, the severity of TSWV symptoms decreased in infected-pepper plants (except the ones treated with sulphate-containing nutrients) grown under limited irrigation. In water deficient condition, total evapotranspiration (ET) values of healthy and infected plants decreased significantly when compared with those of fully irrigated ones, however, this reduction was more obvious in plants treated with NH_4SO_4 and MgSO_4 . The results of the study showed that biomass loss of infected plants was higher in full-irrigated plants (23%) than limited-irrigated ones (12%). All nutrient-applied healthy plants, except MgSO_4 -treated ones, had higher mean water use efficiency (WUE) under full irrigation, while urea and NH_4NO_3 -applied infected plants had higher WUE than the others under limited irrigation.

This study indicated that TSWV infection and urea, NH_4NO_3 or $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ interactions may provide positive contribution on plant fitness or some nutrients may suppress virus infection under water deficient conditions. In future, the impact of nutrients and their concentrations on plant-virus interactions under different water stress in field conditions are needed to be studied.

Keywords: TSWV, water stress, tolerance, evapotranspiration, WUE, biomass

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmam süresince yardımlarını benden hiç esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Miray Sökmen'e ve ikinci danışman hocam Prof. Dr. Coşkun Gülser'e teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışmasına PYO.ZRT.1908.22.012 proje numarası ile destek veren Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi' ne ayrıca teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında yanımda olan saygıdeğer arkadaşlarım ve meslektaşlarım Araş. Gör. Abdullah Okan Seçer'e, Araş. Gör. Salih DEMİRKAYA'ya, Araş. Gör. Elif YILDIRIM'a, Araş. Gör. Ali Kaan AŞKIN'a, Doktora Öğrencisi Yeter KÜÇÜKTOPÇU'ya ve Yüksek Lisans Öğrencisi Esmâ KAPLAN'a, Yüksek Lisans Öğrencisi Rauf Quasımlı' ya bir teşekkür borç bilirim.

Aynı zamanda bu yolda yanımda olan, koşulsuz ve şartsız hep destekleyen canım annem Nazife DİDİN ASLAN'a ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

Samsun, 2023

Zeynep ASLAN

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	10
2.1. TSWV'nin Morfolojik Özellikleri ve Genom Yapısı	10
2.2. TSWV'nin Ekonomik Zararı	11
2.3. TSWV'nin Coğrafik Dağılımı	14
2.4. TSWV'nin Konukçu Çevresi	15
2.5. TSWV ile İlgili Türkiye' de Yapılan Çalışmalar	17
2.6. Bulaşma ve Yayılma Yolları	19
2.7. TSWV ile Mücadele	23
2.8. Besin Elementlerinin Bitki Hastalıkları ile ilişkisi	25
2.8.1. Potasyum (K)	29
2.8.2. Fosfor (P)	31
2.8.3. Azot (N)	32
2.9. Virüs ile Enfekteli Bitkilerin Su Stresi Koşullarında Gelişimi	37
3. MATERYAL VE YÖNTEM	42
3.1. Materyal	42
3.1.1. Tomato spotted wilt virus (TSWV) izolatu	42
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Biber Çeşidi	42
3.1.3. Bitki Yetiştirme Ortamı	42
3.1.4. Yetiştirme Ortamının Su Tutma Kapasitesinin Hesaplanmasında Kullanılan Materyaller	42
3.1.5. Virüs İnokulasyonunda Kullanılan Tampon Çözelti ve Diğer Malzemeler	42
3.1.6. Bitki Besin Maddeleri	42
3.1.7. TSWV Antiserumu ve Konjugatu	43
3.1.8. ELISA Yönteminde Kullanılan Tampon Çözeltiler	43
3.1.9. Doygunluk Eksikliği Yüzdesi ve Oransal Turgidite Değerlerinin Belirlenmesinde Kullanılan Materyal	43
3.2. Yöntem	43
3.2.1. Tohum Ekimi ve Biber Bitkilerinin Yetiştirilmesi	43
3.2.2. TSWV' nin Mekanik İnokulasyon Yöntemi ile Biber Bitkilerine Bulaştırılması	44
3.2.3. Yetiştirme Ortamının Su Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi	45
3.2.4. Bitki Besin Elementi Uygulamaları ve Farklı Sulama Rejimlerinin Kullanılması	47
3.2.5. Biber Bitkilerinin Gelişim ve Virüs Simptomu Yönünden Fenotipik Olarak Değerlendirilmesi	48
3.2.6. DAS-ELISA Yöntemi ile TSWV Enfeksiyonunun Belirlenmesi	48
3.2.7. Bitki Toplam Biyokütlesinin Belirlenmesi	49
3.2.8. Tartım ve Evapotranspirasyon Ölçümü	49
3.2.9. Bitki Ortalama Su Kullanım Randımanının (SKR: WUE) Belirlenmesi	49
3.2.10. Bitki Doygunluk Eksikliği Yüzdesinin ve Oransal Turgidite Değerlerinin Belirlenmesi	49
3.2.11. İstatiksel Analiz	50

4. BULGULAR.....	51
4.1. Tomato spotted wilt virus (TSWV) İzolatının Çoğaltılması.....	51
4.2. Farklı Bitki Besin Maddeleri Uygulanan Biber Bitkilerinde Abiyotik (Su noksanlığı) ve Biyotik (Virüs) Stres Faktörlerinin Etkilerinin Fenotipik Olarak Değerlendirilmesi... 51	51
4.3. Farklı Bitki Besin Maddeleri Uygulanan Biber Bitkilerinde Abiyotik ve Biyotik Stres Faktörlerinin Etkilerinin Serolojik Olarak Değerlendirilmesi	58
4.4. TSWV Enfeksiyonu ve Besin Maddesi Uygulamalarının Bitki Toplam Biyokütlesi Üzerine Etkisi.....	59
4.5. TSWV Enfeksiyonu ve Besin Maddesi Uygulamalarının Bitki Toplam Evapotranspirasyonu (ET) Üzerine Etkisi	60
4.6. TSWV Enfeksiyonu ve Besin Maddesi Uygulamalarının Bitki Ortalama Su Kullanım Randımanı (WUE) Üzerine Etkisi	61
4.7. TSWV Enfeksiyonu ve Besin Maddesi Uygulamalarının Bitki Su İçeriğine Etkisi... 62	62
5. TARTIŞMA.....	64
6. SONUÇ	70
KAYNAKÇA.....	72
EKLER	90
EK 1. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin toplam biyokütle değerleri.....	90
EK 2. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin evapotranspirasyon (ET) değerleri	90
EK 3. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin bitki ortalama su kullanım randımanı değerleri.....	90
EK 4. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin oransal turgidite değerleri.....	90
EK 5. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin doygunluk eksikliği (%) değerleri	91
ÖZGEÇMİŞ.....	92

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABA	: Absisik asit hormonu
DNA	: Deoksiribonükleik asit
DW	: Kuru ağırlık
ELISA	: Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
ET	: Evapotranspirasyon
FW	: Taze ağırlık
RNA	: Ribonükleik asit
SA:	: Salisilik asit hormonu
STK	: Su tutma kapasitesi
TSWV	: Tomato spotted wilt virus
TW	: Tam turgid durumundaki ağırlık
SKR (WUE)	: Bitki ortalama su kullanım randımanı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. TSWV morfolojik yapısı (Hoet, vd., 2008)	10
Şekil 2.2. TSWV genom yapısı (Hoet, vd., 2008)	11
Şekil 2.3. Dünya’da Domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV)’nün coğrafik dağılımı (Anonim, 2022a).....	15
Şekil 2.4. <i>Frankliniella occidentalis</i> (B) ve <i>Thrips tabaci</i> (B) türleri (Mound, vd., 2009) ...	19
Şekil 3.1. TSWV izolatu mekanik inokulasyonu.....	45
Şekil 3.2. Yetiştirme ortamının (perlit:torf) su tutma kapasitesinin (STK) ölçülmesi.....	46
Şekil 3.3. Saf suda 24 saat bekletilen yaprak diskleri	50
Şekil 4.1. TSWV izolatu ile inokule edilen biber bitkilerinin genç yapraklarda mozayik ve kırışıklık (A), alt yapraklarda klorotik halkalı lekeler (B).....	51
Şekil 4.2. Tam (%70) ve kısıtlı (%30) sulama koşullarında besin maddesi uygulanmayan sağlıklı kontrol bitkileri (sol) ve besin maddesi uygulanan sağlıklı bitkiler (sağ)..	52
Şekil 4.3. Tam sulama (%70) yapılan ve kısıtlı sulanan (%30) bitkilerdeki virüs belirtilerinin, besin uygulamasından 6 hafta ve virüs uygulamasından 4 hafta sonraki görüntüsü. Kontrol, besin maddesi uygulanmamış olan enfekteli bitkiler.	54
Şekil 4.4 Tam (%70) ve kısıtlı (%30) sulama koşullarında üre ve amonyum nitrat uygulamasından 8 hafta ve virüs inokulasyonundan 6 hafta sonra sağlıklı ve TSWV enfekteli biber bitkileri	55
Şekil 4.5 Tam (%70) ve kısıtlı (%30) sulama koşullarında magnezyum nitrat ve amonyum sülfat uygulamasından 8 hafta ve virüs inokulasyonundan 6 hafta sonra sağlıklı ve TSWV enfekteli biber bitkileri.	56
Şekil 4.6.Tam (%70) ve kısıtlı (%30) sulama koşullarında magnezyum sülfat uygulamasından 8 hafta ve virüs inokulasyonundan 6 hafta sonra sağlıklı ve TSWV enfekteli biber bitkileri. Kontrol, besin maddesi uygulanmamış olan sağlıklı ve enfekteli bitkiler	57
Şekil 4.7 Farklı sulama koşullarında bitki besin maddeleri ile muamele edilen bitkilerin ELISA absorbans değerlerinin karşılaştırılması. Ayrı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %1 düzeyinde önemlidir.....	58
Şekil 4.8. Şekil Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin toplam biyokütleleri. Ayrı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %1 düzeyinde önemlidir	59
Şekil 4.9. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin maddesi uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin toplam evapotranspirasyon değerleri. Ayrı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %1 düzeyinde önemlidir	61
Şekil 4.10. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin maddeleri uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin su kullanma randımanları. Ayrı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %1 düzeyinde önemlidir.....	61
Şekil 4.11. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin maddeleri uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin oransal turgidite değerleri. Ayrı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %1 düzeyinde önemlidir.....	62
Şekil 4.12. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin maddeleri uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin doyumluk eksiklikleri (%). Ayrı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %1 düzeyinde önemlidir.....	63

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1.1. Türkiye’de üretimi yapılan biber çeşitlerinin, yıllara göre üretim miktarları (ton)	2
Tablo 1.2. Türkiye’de 2021 yılında başlıca dolmalık biber üretimi yapılan iller (ton).....	3
Tablo 1.3. Türkiye’de 2021 yılında başlıca kapa biber üretimi yapılan iller (ton)	3
Tablo 1.4. Türkiye’de 2021 yılında başlıca sivri biber üretimi yapılan iller (ton).....	3
Tablo 1.5. Türkiye’de 2021 yılında başlıca çarliston biber üretimi yapılan iller (ton)	3
Tablo 2.1. Tarımsal Ürünlerde Ekonomik Öneme Sahip İlk 10 Virüs Türü (Scholthof vd., 2011).....	11
Tablo 3.1. ELISA’da Kullanılan Tampon Çözeltiler	43
Tablo 3.2. Bitki Besin Elementi-Su-Virüs Enfeksiyonu İnteraksiyonuna Ait Uygulamalar .	47



1. GİRİŞ

Tarımsal faaliyetlerin önemli bir bölümünü oluşturan sebzeler dünyada ve ülkemizde yoğun olarak üretilmekte ve tüketilmektedir. Birim alandan alınan verim ve net geliri sayesinde sebzeçilik her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır ve dikkat çekmektedir. Geniş bir tür çeşidine sahip olan sebzeler, içerdikleri karbonhidrat, yağ, vitamin, mineral maddeler ve protein bakımından insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Meyvesi yenilen sebzeler içerisinde domates (*Solanum lycopersicum* L.) ve biber (*Capsicum* sp. L.) dünyada en fazla üretimi yapılan sebzeler arasında yer almaktadır.

Capsicum annuum L., taksonomi de Magnoliophyta bölümü, Magnoliopsida sınıfı, Solanales takımı ve Solanaceae familyasında yer almaktadır. *Capsicum* cinsi içerisinde 41 tür bulunmaktadır (Barboza ve ark., 2020). *Capsicum* cinsine ait türlerden *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. pubescens*, *C. frutescens* ve *C. chinense* ekonomik olarak kültüre alınan türler arasındadır (Greenleaf, 1986). *C. annuum* bu türler içerisinde pazar talebine göre ticari olarak en fazla yetiştirilen türdür (Wang ve Bosland, 2006).

Biberin orjininin Amerika kıtasının Güney ve Orta bölgeleri olduğu bilinmektedir (Verit vd., 2001; Ahmed, 2013). Biber, 1493 yılında Kristof Kolomb'un Amerika'yı keşfinden sonra Avrupa (Portekiz ve İspanya)'ya getirilmiş, 16. yy'ın ortalarında da Orta ve Kuzey Avrupa'ya yayılmıştır (Greenleaf, 1986). Biber ilk olarak 16. yy'da Osmanlı İmparatorluğu döneminde İstanbul'a getirilmiş, buradan da diğer bölgelere yayılmıştır (Şeniz, 1992, Duman vd., 2002).

Sıcak iklim bitkisi olan biber, tropik iklimlerde çok yıllık bir sebze olarak yetişmektedir. Optimum gelişme gösterdiği sıcaklık aralığı 18-26 °C'dir ve erken dönemleri daha fazla sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır (Anonim, 2006). Biber yetiştirilen tarım alanlarında, organik maddece zengin, toprak pH'sı 6.0-6.5 olan, yapısı tınlı veya tınlı-kumlu olan topraklar tercih edilir.

Biberin açık alanda yetiştiriciliğinin yanı sıra Hollanda ve Kanada gibi kuzey ülkeleri ile İspanya, Türkiye, İtalya gibi Akdeniz ülkelerinde örtü altında yetiştiriciliği de yapılmaktadır (Pardossi vd., 2004).

Biber taze kullanımının yanı sıra işlenerek mamul ürün olarak da tüketilmektedir. Ülkemizde biber; turşu, salça, közleme, sos, dondurulmuş ürün ve toz-

pul biber şeklinde işlenmiş olarak; taze veya kuru şekilde ise sofralık olarak çeşitli alanlarda tüketimi mevcuttur. Ayrıca, yem maddesi ve antibiyotik ham maddesi olarak da kullanılmaktadır (Paksoy ve Uslu, 2006).

Türkiye’de en yoğun olarak üretimi yapılan biber çeşitleri kapya, sivri, dolma ve çarliston’ dur. Bunların yanında Macar biberi, süs biberi, California wonder, jalopen vs. çeşitleri de yetiştirilmektedir. Türkiye’de en fazla biber üretimi yapan bölgeler Ege, Marmara, Karadeniz, Güney ve Güneydoğu Anadolu bölgeleridir. Ege, Marmara ve Karadeniz bölgelerinde biber taze olarak veya endüstri alanında (közleme, salça vs.) kullanılmaktadır. Biber acı sos, toz biber ve pul biber amaçlı olarak daha çok Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yetiştirilmektedir.

Türkiye’de 2021 yılı üretim sezonunda 802.389 dekar alanda 3.091.295 ton biber üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2021). Üretimi yapılan biber çeşitlerine bakıldığında %46,7 oranı ile en çok üretimi yapılan çeşit kapya biberi olmuştur. Bunu sırası ile %34,4 oranı ile sivri biber, %13,61 oranı ile dolmalık biber ve son olarak da %5,1 oranı ile çarliston biber takip etmektedir (Tablo 1.1).

Tablo 1.1. Türkiye’de üretimi yapılan biber çeşitlerinin, yıllara göre üretim miktarları (ton)

	2021	2020	2019	2018	2017
Kapya (ton)	1.445.275	1.291.091	1.234.423	1.128.060	1.107.713
Sivri (ton)	1.064.633	838.890	902.203	930.349	945.361
Dolma (ton)	420.918	389.957	371.918	397.175	420.409
Çarliston (ton)	160.469	117.125	116.967	99.390	134.194
TOPLAM	3.091.295	2.637.063	2.625.511	2.554.974	2.607.677

İllere göre Türkiye dolmalık biber üretiminde 174.504 ton/yıl üretim ile Antalya, kapya biber üretiminde 298.521 ton/yıl ile Çanakkale, sivri biber üretiminde 331.983 ton/yıl ile Mersin ve çarliston biber üretiminde ise 128.364 ton/yıl ile Antalya birinci sırada yer almaktadır (Tablo 1.2-1.5).

Tablo 1.2. Türkiye’de 2021 yılında başlıca dolmalık biber üretimi yapılan iller (ton)

İLLER	ÜRETİM ALANI (da)	ÜRETİM MİKTARI (ton)
Antalya	19.100	174.504
Tokat	6.631	23.976
Mersin	2.537	19.053
Elâzığ	8.882	18.399
Bursa	3.374	16.456

Tablo 1.3. Türkiye’de 2021 yılında başlıca kapya biber üretimi yapılan iller (ton)

İLLER	ÜRETİM ALANI (da)	ÜRETİM MİKTARI (ton)
Çanakkale	74.872	298.521
Antalya	21.115	198.616
Adana	24.405	172.938
Manisa	29.938	115.987
Samsun	32.375	113.126
Bursa	24.311	89.702

Tablo 1.4. Türkiye’ de 2021 yılında başlıca sivri biber üretimi yapılan iller (ton)

İLLER	ÜRETİM ALANI (da)	ÜRETİM MİKTARI (ton)
Mersin	36.377	331.983
Antalya	31.760	260.609
Bursa	23.237	66.775
Manisa	14.877	39.345
Hatay	9789	25.443

Tablo 1.5. Türkiye’de 2021 yılında başlıca çarliston biber üretimi yapılan iller (ton)

İLLER	ÜRETİM ALANI (da)	ÜRETİM MİKTARI (ton)
Antalya	11.416	128.364
Samsun	6975	21.328
Balıkesir	1680	5009
Edirne	1369	1414
Burdur	100	1000

Biberin besin değeri çeşitli faktörlere göre değişebilir. Bu faktörler arasında iklim, toprak, sulama, tür seçimi, gübreleme ve bakım gibi faktörler sayılabilir. Biber bünyesinde yağ, karbonhidrat, protein ve çeşitli vitaminler barındırır. Düşük kaloriye sahip olan biber bünyesinde 340mg/100gr oranında C vitamini içerir (Govindarajan vd., 1986). Biber sadece C vitamini değil, diğer vitaminleri de bünyesinde barındırır, bunlar A, E, B1, B2 ve B3 vitaminleridir (Govindarajan ve ark., 1986). Mineraller bakımından da zengin olan biber, bünyesinde P, S, Fe, Mg ve Ca minerallerini içermektedir (Govindarajan vd., 1986).

Bazı biber çeşitleri acıdır ve bu tadı veren maddenin ismi capsaicin (C18H27NO3) olarak isimlendirilir. Bu madde alkaloid bileşenli bir yapıya sahiptir.

Acılık kalıtsal bir özellik olmakla beraber kültürel uygulamalar ve çevre faktörlerinden de etkilenmektedir (Arın, 2018). Capsaicin endüstri, tıp, gıda sektörü ve tarımda farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Tarımsal anlamda biyokimyasal pestisit olarak, kuş, hayvan ve böcek repellenti şeklinde faydalanıldığı (Chinn vd., 2011) ve bazı fungal patojenlere karşı da dayanıklılığı teşvik ettiği belirtilmiştir (Crombie, 1999). Tıp alanında özellikle kanser hücrelerinin pasifleşmesine sebep olan Capsaicin maddesi esasen acı biberde ve diğer bir madde olan lutein maddesi kapyra türü biberde bulunur. Bu maddenin insanlarda göz hastalıklarına, kalp ve damar hastalıklarına, sindirim sistemine önemli katkı sağladığı bilinmektedir (Akıncı ve Akıncı, 1999; Kumar Shaha vd., 2013). Bibere kendi rengini veren alfa ve beta karotenlerdir. Biberlerin renklerinin (sarı, turuncu, yeşil, kırmızı) belirlenmesinde karotenoid pigmentlerinin önemli bir rolü vardır. Meyvenin olgunlaşma zamanına göre capsaicin ve renk pigmentleri olan karotenoidlerin miktarı değişmektedir (Govindarajan vd., 1986).

Biber bitkisinin düzenli bir bakıma ihtiyacı vardır ve biyotik ve abiyotik faktörler biber tarımını sınırlayan iki ana unsurdur. Biyotik faktörlerin içerisinde yer alan bakteriyel hastalıklardan; kanser ve solgunluk (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*), Bakteriyel leke (*Xanthomonas vesicatoria*) hastalıklarını örnek vermek mümkündür. Fungal hastalıklardan ise en yaygın görülenleri; külleme (*Leveillula taurica*), kurşuni küf (*Botrytis cinerea*) ve kök boğazı yanıklığı (*Phytophthora capsici*)'dır. Biberin kök kısmında zarar yapan nematod türleri ise; *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria*'dır.

Bitki patojeni virüsler, biber yetiştiriciliğini tehdit eden en önemli biyotik kökenli problemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Hastalık etmeni virüsler konukçusu olduğu bitkide bitkinin toprak üstü aksamında zarara sebep olarak gelişme düzenini bozmakta, anormal meyve oluşumuna neden olmakta veya meyve oluşumunu tamamen engelleyerek pazar değeri olmayan ürünler meydana getirmektedir. Böylece önemli düzeyde ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Biyotik etmenler içerisinde boyutu, kimyasal ve fiziksel yapısı, enfeksiyon şekli, bitki içerisindeki çoğalması, tanınması, semptom oluşturmaları ve etkin bir mücadelesinin olmayışı gibi yönleri ile virüs hastalıklarının özel bir yeri vardır (Yılmaz vd., 1993; Yılmaz ve Davis, 1984).

Biberde 70'den fazla virüsün enfeksiyon yaptığı belirtilmiştir (Kenyon ve ark., 2014) ve hastalığa neden olan virüslerin yaptığı yıllık zarar oranının %42-80 dolayında olduğu tahmin edilmektedir. Biberde en fazla problem olan virüs türleri; *Domates*

lekeli solgunluk virüsü (TSWV- Tomato spotted wilt virus), Tütün mozaik virüsü (TMV- Tobacco Mosaic Virus), Biber hafif beneklenme virüsü (PMMoV- Pepper mild mottle virus), Hıyar mozayik virüsü (CMV- Cucumber mosaic virus), Patates Y virüsü (PVY- Potato virus Y), Domates mozayik virüsü (ToMV- Tomato mosaic virus)'dür. Bunlar daha ziyade iki şekilde (mekanik ve vektörle) taşınırlar. Tobamovirus cinsi virüsler mekanik olarak taşınır ve stabilitesi yüksek olan virüslerdir. Vektörlerle taşınabilen virüslerden ise Potyvirus üyesi PVY, Cucumovirus cinsinde yer alan CMV ve Orthotospovirus cinsine ait TSWV' yi sayabiliriz (Green ve Kim, 1991).

TSWV, biber yetiştiriciliğinde önemli bir risk faktörüdür (Griep vd., 2000). Biberde bitkinin vejetatif ve generatif kısımlarında deformasyonlara sebebiyet vererek kalite ve verim kaybına yol açmaktadır. TSWV'nin tüm dünyada kültür bitkisi yetiştiriciliği yapılan yerlerde oluşturduğu verim kaybından dolayı yapmış olduğu ekonomik kayıp miktarının 1 milyar dolardan fazla olduğu tahmin edilmektedir (Uhrig vd., 1999, Griep vd., 2000). Ayrıca ülkemizde Samsun ilinde TSWV'nin domateste %42.1 oranında verim kaybına ve %95.5 oranında pazarlanabilir değer kaybına neden olduğu saptanmıştır (Sevik and Arli-Sokmen, 2012). TSWV ekonomik öneminden dolayı TSWV günümüzde üzerinde yoğun olarak çalışılan bitki virüslerinden biridir. Bu virüsün öneminin fazla olmasının en önemli sebepleri; konukçu çevresinin geniş olması, vektör trips türlerinin kontrolünün zor olması ve virüsün yeni ırklar oluşturma potansiyelidir.

TSWV, Avustralya'da 1915 yılında ilk kez Brittlebank tarafından tanımlanmış ve 1919 yılında aynı kişi tarafından adlandırılmıştır (Adkins, 2000). Sıcak iklim kuşağı bölgelerinde hızlı bir şekilde yayılarak, dünya genelinde önemli bir bitki virüs türü haline gelmiştir (Rosello vd., 1996). TSWV' nin 1940-1980 yılları arasında dünyadaki mevcudiyeti seyrek ilerlerken, 1980 yılı sonrasında Kuzey Amerika (1980), Batı Avrupa (1987) ve Avustralya (1993)'da yayılımı hız kazanmıştır (Dietzgen vd., 2005; Kirk ve Terry, 2003).

TSWV, Bunyavirales takımı, Tospoviridae familyası, Orthotospovirus cinsinde yer alan (Hoet vd., 2008), 80-120 nm çapında, negatif tek iplikli (ss) RNA' ya ve küresel partiküllere sahip bir virüs türüdür. Dünyada geniş bir yayılışa sahip olan TSWV, Türkiye'de iç ve dış karantina listesinde yer almaktadır. TSWV, Avrupa ve Akdeniz ülkelerinin A1 karantina listesinde olan virüslerdendir (Griep vd., 2000).

TSWV, kültür bitkilerinde en fazla zarar yapan virüs türleri arasında yer alır (German vd., 1992; Tomlinson, 1987; Şevik ve Arli-Sökmen, 2012). Önceleri tropik ve subtropik bölgelerde zarar oluştururken, günümüzde artık ılıman iklim kuşağında da ciddi zararlar oluşturmaktadır (De Avila vd., 1992). TSWV Japonya’ da Krizantem çiçeği yetiştiriciliğinin en önemli sorunlarından biridir (Matsuura vd., 2002) ve biberde önemli zarara yol açmaktadır (German vd., 1992; Gitaitis vd., 1998).

Geniş bir konukçu aralığına sahip olan TSWV, 1000’den fazla bitki türünde enfeksiyon oluşturmaktadır (Scholthof vd., 2011). En fazla domates, biber, tütün, patlıcan, yerfıstığı, bezelye, patates, karpuz ve bakla gibi kültür bitkilerinde, bazı yabancı ot ve süs bitkilerinde problem oluşturmaktadır.

TSWV’nin oluşturduğu hastalık belirtileri bitki tür ve çeşidine, iklim faktörlerine, virüs ırkına bağlı olarak oldukça çeşitlilik göstermektedir. Genel olarak bodurluk, klorotik ve nekrotik leke, sararma, yaprak ve meyvede mozaik ve halkalı lekeler, meyve üzerinde şekil bozuklukları ve kahverengi lekeler şeklinde belirtilere neden olmaktadır. Ayrıca olgun meyvelerde meydana gelen klorotik ve nekrotik halka lekeler meyvenin pazar değerini düşürmektedir. (German vd., 1992; Mumford vd., 1996).

TSWV, bitki özsuğu ile mekanik olarak, tohum (düşük oranda), ve vektör böcekler ile bir bitkiden diğerine bulaşmakta ve etrafa yayılmaktadır. Etmenin yayılmasında en önemli faktör vektör trips türleridir (Anonim, 2006). *Frankliniella occidentalis* ve *Thrips tabaci* virüsün yayılımında en etkili olan trips türleridir (Krishna-Kumar vd., 1993).

Bitki patojeni virüslerin pratikte etkin bir kimyasal mücadelesinin olmamasından dolayı, kontrolleri oldukça güçtür. Trips vektörleri için kimyasal mücadele uygulanabilir bir yöntem olabilir, ancak birçok trips türünde kullanılan piretroidler, karbamatlar, organik fosforlar ve abamectin içerikli insektisitlere karşı dayanıklılık (Cho vd., 1989) gelişmiş durumdadır (Oğuz vd., 2009). TSWV’ nin kontrolünde kültürel mücadeleye önem verilmektedir. Bu mücadele kapsamında açık alanda veya örtü altı yetiştiricilikte en yaygın olarak kullanılan kültürel mücadele önlemleri arasında; sarı veya mavi yapışkan tuzakların asılması, alet ve ekipmanların kullanılmadan önce dezenfekte edilmesi, serada hastalıkla bulaşık olan bitki görüldüğünde köküyle birlikte çıkarılarak imha edilmesi, seranın hava sirkülasyonunu

sağlayan pencerelere ve kapı girişlerine 0,2-0,3 mm genişliğine sahip olan tüllerin takılarak vektör böceklerin ve diğer böceklerin sera içine girişinin engellenmesi, sera içindeki ve dışındaki yabancı otların temizlenmesi sayılabilir. Vektörle mücadelede kullanılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik metotlar hem uygulaması güç hem de genellikle yetersiz kalmaktadır (Rosello vd., 1996; Cebolla-Cornejo vd., 2003).

TSWV'ye karşı mücadelede günümüzde en güvenilir ve popüler yöntemlerden birisi dayanıklı biber çeşitlerinin ıslah edilmesidir. Biberde TSWV'ye karşı dayanıklılık geni (*Tsw*) tespit edilmiştir. Yetiştiriciliği en fazla yapılan biber türü *C. annuum*'da TSWV'ye karşı dayanıklılık genine (*Tsw*) rastlanmamıştır. Ama diğer biber türlerinden *Capsicum chinense* (Boiteux vd., 1993), *Capsicum frutescens*, *Capsicum baccatum* (Boiteux vd., 1993) ve *Capsicum pubescens* (Nuez vd., 1994)' de TSWV'ye karşı dayanıklılık bulunmuş ve ticari olarak yetiştirilen bazı *C. annuum* çeşitlerine melezleme çalışmaları ile aktarılmıştır.

Besin elementleri, bitki metabolizmasının önemli bir bileşeni olarak kabul edilmektedir. Kültür bitkileri çimlenme, çiçeklenme, fide gelişimi ve meyve oluşumu gibi fizyolojik safhalarda kullanacağı besin maddelerini genelde kökleri vasıtasıyla bünyelerine alırlar. Bitkiler, daha sağlıklı gelişmeleri ve dengeli beslenmeleri için farklı oranlarda çeşitli bitki besin elementlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Bu elementlerin bir kısmı bitkinin büyüme ve gelişmesinde zorunlu olmakla beraber, diğer bir kısmı ise faydalı element olarak bilinmektedir. Bitkilerin abiyotik (kuralık, tuzluluk vb.) ve biyotik stres faktörlerine (hastalık ve zararlılar) karşı kendilerini savunmalarında bitki besin maddelerinin rolü önemlidir. Besin stresine maruz kalan bitkiler hastalıklara karşı daha duyarlı olurken, yeterli bitki besin ortamında yetişen bitkilerin hastalıklara karşı daha toleranslı veya dirençli hale geldiği gözlemlenmiştir (Bhaduru vd., 2014). Besin maddeleri, epidermis hücrelerinin üzerinde olan kutikula tabakasının kalınlaşmasına ve yapısına, hücre zarlarının dayanıklı olmasına, bitkilerde hastalık yapan patojenlerin hücre içine girmesini engelleyerek daha az zarar vermesine etki eder. Bazı besinler bitki hastalıkları üzerinde diğer besin elementlerinden daha büyük etkiye sahiptir. Belirli bir bitki besin maddesinin farklı hastalıklar üzerinde ve farklı ortamlarda zıt etkilerinin olabileceği göz önüne alınmalıdır. Yani aynı besin bir hastalığın insidansını azaltabilirken, diğerlerinin insidansını artırabilir (Agrios, 2005).

Bitkilerin ihtiyaç duyduğu elementler, makro besin elementleri ve mikro besin elementleri olarak gruplandırılmaktadır. Makro besin elementlerinin kendi aralarında

olumlu (sinergetik) ve olumsuz (antagonistik) ilişkileri mevcuttur. Bu ilişkilerin bitkinin verim ve kalitesine, büyüme ve gelişmelerine, hastalık ve zararlılara karşı dirençli olması üzerinde etkileri vardır.

Bitki besin maddeleri içerisinde azot (N) verime etki eden en önemli besin elementlerin arasında yer almaktadır. Azot ve karbon (C), hidrojen (H) ve oksijenden (O) sonra bitkide en çok bulunan elementtir. Diğer taraftan azot atmosferde yüksek oranda (%78) oranda gaz halinde (N_2) bulunan bir elementtir. Azot bitkilerin yapı ve fonksiyonlarında çok önemli rol oynar. Bitkisel üretimde verimi artırmada önemli bir role sahiptir ve büyümeyi sınırlayıcı faktör olarak kabul edilir (Karaşahin, 2014). Aminoasitlerin, DNA ve RNA'nın, ATP ve klorofilin yapısında bulunur. Azot, bitki türlerine ve pH durumu gibi toprak koşullarına bağlı olarak, bitki tarafından amonyum (NH_4^+) ve nitrat (NO_3^-) formlarında alınır.

Bitkide her besinin belirli bir yeterlilik aralığı vardır. Bu aralıktaki dengesizlik bitki büyümesini etkiler ve besin eksikliği ya da toksisiteye yol açabilir. Bu durum bitkilerin hastalık ve zararlılara, abiyotik stres faktörlerine toleransını veya dayanıklılığını etkilemektedir. En önemli abiyotik stres faktörlerinden birisi olan su stresi bitkilerde ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır. Su tarımsal üretimin vazgeçilmez bir unsurudur ve bitkinin büyüme ve gelişmesinde hayati öneme sahiptir. Su stresi, bitkinin vejetatif ve generatif organları arasında su rekabeti, hücre içi yapılar, fotosentez ve azot metabolizması üzerine olumsuz etkilerde bulunarak bitki metabolizmasını bozmakta (Bayoumi vd., 2008) ve turgor basıncının azalmasına ve transpirasyonun olumsuz yönde etkilenmesine neden olarak mineral madde alımının gerilemesine neden olabilmektedir (Capell vd., 2004). Bitkilerin besin maddelerinden yeterince faydalanabilmeleri için toprakta var olan su miktarının önemi büyüktür. Toprak nem düzeyi bitki gelişimi için önemli bir faktördür ve aynı zamanda toprak nem miktarının azaltarak fotosentez oranı düşürmekte ve buna bağlı olarak, bitki gelişimi ve verim değerleri azalmaktadır.

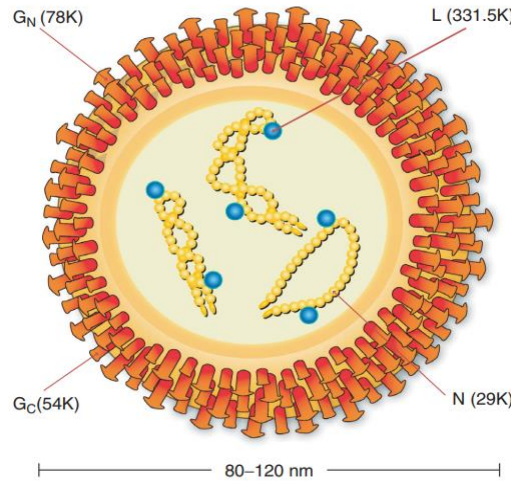
Küresel iklim değişikliğinin etkileri nedeniyle tarıma elverişli topraklarda su kaynaklarının etkin kullanımı giderek azalmaktadır. Toprak ve su kaynaklarının korunması, toplum yararına en iyi biçimde değerlendirilmesi ve geliştirilmesi, çağımızda tüm ülkelerin önde gelen problemleri arasında bulunmaktadır. Su kaynaklarından yüksek düzeyde ve devamlı yarar sağlanabilmesi için bölge şartlarına uygun sulama sistemlerinin hazırlanması, bunun için de bitkilerin tükettikleri su

miktarlarının bilinmesi gerekmektedir (Aydınşakir vd., 2003). Kısıtlı su şartları altında tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması global bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Su kıtlığının hem bitkiler hem de bu bitkileri enfekte eden bitki patojenleri üzerinde etkileri bulunmaktadır. Günümüzde bitki virüsleri ile kimyasal veya biyolojik yöntemlerle pratikte etkili bir mücadele yapılamamaktadır. Kısıtlı sulama uygulamalarının bitki besin maddelerinin alımı üzerine etkisi ve hastalık seyri ile ilgili ilişkisinin incelenmesi yeni mücadele yöntemlerine ışık tutabilecektir. Bu nedenle bu tez çalışmasında, su kısıtlı ortamda yetiştirilen biber bitkisinde Domates lekeli solgunluk virüsü enfeksiyonuna farklı formlarda azotlu besin maddesi uygulamalarının etkisinin incelenmiştir. Sağlıklı ve enfekteli azot uygulanmış ve uygulanmamış bitkilerde su kullanma randımanı ve virüs çoğalması arasındaki ilişki ve farklı su stres koşullarında uygulanacak amonyum, nitrat ve üre azot formlarının virüs ve bitki gelişim parametrelerine etkisi araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. TSWV'nin Morfolojik Özellikleri ve Genom Yapısı

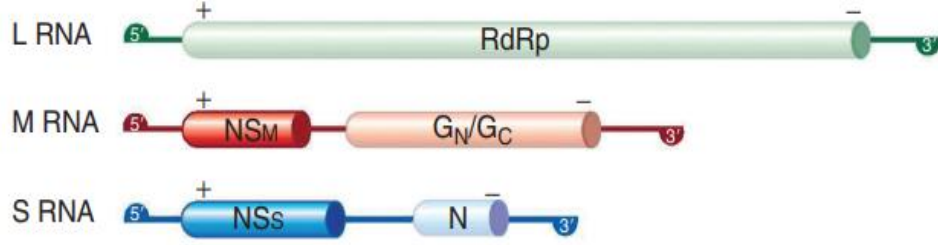
Bitki patojeni virüsler farklı morfolojik yapı, şekil ve büyüklüklere sahiptirler. Birçoğunda genetik materyal (RNA veya DNA), protein kılıf (kapsid) ile çevrilidir. Bazı virüslerde ise protein ve lipitten oluşan zarf veya membran adı verilen bir dış tabaka daha bulunur. Domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV)'nin partikül yapısı incelendiğinde, 80-120 nm çapında, çift katlı lipid membran ile çevrili küresel partiküllerden oluştuğu gözlenir (Şevik, 2015). TSWV partikülü %5 nükleik asit (RNA), %70 protein, %20 lipid ve %5 karbonhidrat içermektedir (Adkins, 2000; Şevik, 2007). TSWV'nin genom yapısı, 3 ayrı tek zincirli (ss) RNA segmentinden oluşur (De Haan vd., 1990). Diğer bitki patojeni virüslere göre TSWV genomu daha karmaşık özelliktedir. Çünkü biri negatif polariteli (negative-sense) ve diğer ikisi çift yönlü (ambisense) polarite özelliğine sahip üç farklı viral RNA molekülünden oluşmaktadır (Adkins, 2000). Moleküler büyüklüklerine göre sırasıyla 8.9 kb RNA (L-RNA), 5.4 kb RNA (M-RNA) ve 2.9kb RNA (S-RNA) olarak bilinir. Bütün ssRNA parçaları aynı partikül içerisine yerleşmiş durumdadır (Şekil 2. 1).



Şekil 2. 1. TSWV morfolojik yapısı (Hoet, vd., 2008)

Genomun negatif polariteli L segmenti, RNA polimeraz (RNA-dependent-RNA polymerase, RdRp) proteinini kodlamaktadır. M segmenti, GN ve GC olarak isimlendirilen glikoproteinleri ve yapısal olmayan proteini (Non-structural movement: NSm) kodlamaktadır. Bu glikoproteinler reseptör görevi ile virüsün vektörde taşınması ile ilgiliyken, yapısal olmayan proteinler virüsün hücreden hücreye

taşımasını sağlamaktadır. S genom segmenti ise yapısal olmayan bir proteini (NSs) ve nükleokapsid proteinini (NP) kodlamaktadır (Adkins, 2000; Tsompana, vd., 2005; Şevik, 2015) (Şekil 2. 2.).



Şekil 2.2. TSWV genom yapısı (Hoet, vd., 2008)

2.2. TSWV'nin Ekonomik Zararı

TSWV, Tospoviridae familyasına ait Orthospovirus cinsi içerisinde yer almaktadır (Pappu, 2008). Dünya genelinde yetiştiriciliği yapılan kültür bitkilerinde en yaygın görülen ve en fazla ekonomik kayıp oluşturan ilk 10 virüs türü arasında ikinci sırada yer alır (Tablo 2.1). TSWV'nin neden olduğu ürün kayıpları yetiştirilen ürüne (biber, domates, tütün vb.), çevre (iklim vb.) ve patojenin virülensliğine göre değişim gösterebilmektedir. TSWV özellikle farklı kültür bitkilerinde ve bununla beraber süs bitkilerinde de değişik oranlarda verim kaybına neden olmaktadır. TSWV enfeksiyonu nedeniyle ortaya çıkan verim kayıpları %30-100 oranında değişmektedir (Ertekin, 2020; Cho vd., 1986; German vd., 1992; Rosello vd., 1996).

Tablo 2.1. Tarımsal Ürünlerde Ekonomik Öneme Sahip İlk 10 Virüs Türü (Scholthof vd., 2011)

Sıralama	Virus
1	Tobacco mosaic virus (TMV)
2	Tomato spotted wilt virus (TSWV)
3	Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)
4	Cucumber mosaic virus (CMV)
5	Potato virus Y (PVY)
6	Cauliflower mosaic virus (CaMV)
7	African cassava mosaic virus (ACMV)
8	Plum pox virus (PPV)
9	Brome mosaic virus (BMV)
10	Potato virus X (PVX)

TSWV enfeksiyonu sonucunda ortaya çıkan belirtiler, konukçu bitkinin türüne, çeşidine, fizyolojik dönemine, konukçunun hassasiyetine, enfeksiyon zamanına ve çevresel şartlara göre çeşitlilik göstermektedir (Soler vd., 1998; Çelik vd., 2010). Çevre sıcaklığı sebebiyle enfeksiyonun gelişiminde farklılıklar ortaya çıktı

belirlenmiştir. Örneğin, 30°C'nin üzerinde TSWV enfeksiyonunun arttığı gözlemlenmiş ve bazı dayanıklı biber çeşitlerinde enfeksiyonun sistemik olarak daha kolay yayılabildiği belirlenmiştir (Roggero vd., 1996, Moury vd., 1998). Konukçu bitkinin farklı fizyolojik dönemlerinde (erken, orta, geç) oluşan kantitatif kayıpların farklılık gösterdiği görülmektedir. Konukçu bitkinin erken dönemlerinde enfeksiyon gerçekleştiğinde daha az verim alındığı gözlemlenmiştir (Gitaitis vd., 1998; Wangai vd., 2001; Farooq vd., 2007). Marul bitkisinde gerçekleştirilen bir çalışmada, erken dönemdeki mücadelenin TSWV enfeksiyonunu olumsuz yönde etkilediği ve hastalık potansiyelini azalttığı sonucuna varılmıştır (Yudin ve Mitchell, 1990).

TSWV domatesin genç yapraklarda çok sayıda küçük siyah-kahverengimsi dairesel lekeler şeklinde simptomlar göstermektedir. Enfeksiyon ilerledikçe yapraklar kıvrılmaya başlar ve büyüme noktaları ölebilir. Bitkide genel solgunluk ve bodurluk olabilmektedir (Ertekin, 2020). Meyvede ise açık yeşil, sarı ve kırmızı hafif iç içe geçmiş halkalı lekeler ve deformasyona sebep olarak ürünün kalite, verim ve pazar değerinin düşmesine neden olmaktadır (Şevik, 2015). TSWV şiddetli enfeksiyonlarda bitkiyi tamamen öldürebilir (German vd., 1992). Biberde bitkinin tüm aksamında genel bir sararma ve bodurluk gözlenir. Yapraklarda mozaik ve nekrotik çizgiler görülmekte ve meyvede konsantrik sarı halkalar ve şekil bozuklukları meydana gelmektedir (Cho vd., 1989; Anonim, 2006). Enfeksiyona erken yakalanan biber fidelerinin gelişimi geriler, bodurlaşma ve solgunluk ortaya çıkar. Bu evrede meyve tutumu azalır veya hiç olmayabilir. İleri dönemde hastalığa yakalanan biberlerde ise klorotik lekeler ve yaprak kıvrılmaları görülmektedir. Oluşan meyvelerde sarı lekeler, konsantrik halkalar, nekrotik çizgiler dikkati çekmektedir (Anonim, 2006). TSWV'nin diğer bir konukçusu olan tütün bitkisinde ise semptomlar oldukça değişkenlik göstermektedir. TSWV enfeksiyonu sonucunda bitkilerin yaprak ayalarında düzensiz nekrotik çizgiler oluşmaktadır. Zamanla lekelerin birleşmesiyle yapraklar tamamen kurur ve bitkinin ölmesine neden olmaktadır.

TSWV dünyada sebze tarımı yapılan alanlarda oldukça tahripkardır ve ekonomik öneminden dolayı günümüzde en yoğun çalışılan bitki virüslerinden birisidir (Parrella vd., 2003). Tarımsal ürünlerde her yıl 1 milyar ABD dolarından fazla kayba neden olduğu araştırmacılar tarafından tahmin edilmektedir (Uhrig vd., 1999; Griep vd., 2000).

TSWV farklı kültür bitkilerinde (domates, biber, marul, patlıcan, enginar,

kereviz, fasulye, yer fıstığı, tütün) önemli kayıplara yol açarken (Rosello vd., 1996), süs bitkilerinde de sık sık salgın haline geçmekte ve bir süs bitkisi serasında bile yüzbinlerce dolar kayba neden olabilmektedir (Pataky, 1991).

Cupertino vd., (1984), biberde enfeksiyona neden olan virüs türleri içerisinde TSWV'nin en fazla zarara neden olduğunu ve bu zarar oranının %49-69 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. TSWV, Georgia'da yer fıstığı, domates, biber ve tütün üretimini sınırlayan en önemli hastalık etmeni haline gelmiştir. Jain vd., (1998) tarafından yapılan çalışmada, TSWV'nin *F. occidentalis* ve *F. fusca* ile etkin bir şekilde taşındığı ve ürünlerde yaklaşık 100 milyar dolar zarara neden olduğu bildirilmiştir.

Dünyada üretiminin en fazla yapıldığı sebze çeşitlerinden biri olan domates ve biberde TSWV, 1989 yılında epidemik hale geçmiş, ABD ve Kanada'da biber ve domates bitkilerinde %100 oranında kayıplara neden olmuştur (Gitaitis vd., 1998). Ayrıca, Cho vd., (1989) tarafından da TSWV'nin domates yetiştirilen alanları sınırladığı ve %75-100 oranında verim kayıplarına neden olduğu rapor edilmiştir. 1990 yılında yapılan çalışmaya göre, domateste erken enfeksiyonlarda %50-%80 arasında değişen oranlarda verim ve kalite kayıpları gözlenmiştir (Moriones vd., 1998).

1999-2000 üretim sezonunda Kenya'da TSWV'nin domateste epidemi oluşturarak %80'e varan verim kayıplarına yol açtığı bildirilmiştir (Wangai vd., 2001). Ülkemizde, Samsun ilinde domates yetiştiriciliği yapılan alanda TSWV'nin %42,1 oranında ürün kaybına ve %95,5 oranında piyasada değer kaybına neden olduğu saptanmıştır (Şevik ve Arli-Sokmen, 2012).

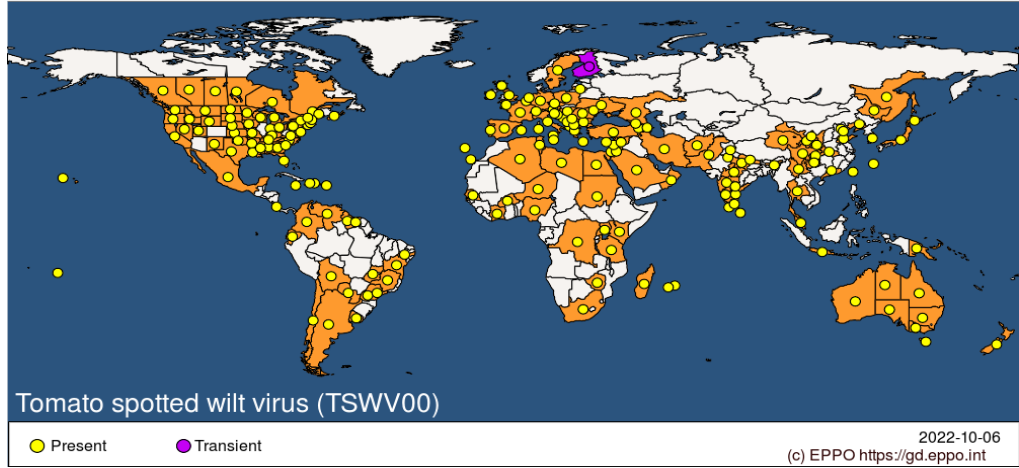
Yaprağı tüketilen kültür bitkilerinden biri olan marulda da TSWV'nin verim kaybına sebep olduğu belirlenmiştir. Havaii'de marul yetiştiriciliği yapılan alanlarda TSWV'nin %50-90 oranları arasında verim kaybına neden olduğu ve aynı zamanda enfekteli olan marul bitkilerinde klorofil miktarını azalttığı tespit edilmiştir (Cho vd., 1987b). Benzer şekilde, 1994 yılında TSWV Avustralya-Tazmania'daki marul bitkilerinde %5-60 oranında verim kaybına neden olmuştur (Wilson, 1998). Moreno vd., (2004), TSWV'nin marulda yaygın bir virüs olduğu ve İspanya'nın Murcia bölgesinde marul bitkisi için risk faktörü olduğunu bildirmişlerdir.

Riley ve Pappu (2000) tarafından 1997 yılında yürütülen çalışmada, domates bitkisinde TSWV yaklaşık 44 milyon dolar ürün kaybına sebep olduğu; biber, yer

fıstığı ve tütünde bu oranın yaklaşık 100 milyon dolar olduğu bildirilmiştir. TSWV'ye karşı son derece hassas olan yer fıstığı Amerika'nın güney doğusunda on milyonlarca dolarlık zarara yol açmıştır. 1986 yılında Amerika'nın Teksas eyaletinde 3 milyon dolar gelir kaybına neden olduğu bildirilmiştir (Hagan vd., 1990). Yer fıstığı bitkilerinde yapılan çalışmaya göre TSWV ile enfekteli olan bitkilerde yağ oranının azaldığı görülmüştür. TSWV'nin neden olduğu verim kaybı bitkinin fizyolojik dönemine göre farklılık göstermektedir.

2.3. TSWV'nin Coğrafik Dağılımı

TSWV'nin neden olduğu hastalığın belirtilerinin ilk kez 1906'da gözlemlendiği bilinmektedir (Sakimura, 1962). Sahip olduğu çok geniş konukçu yelpazesıyla birleştiğinde, TSWV'nin çok daha uzun süredir var olduğu ve kökenin belirsiz olduğu düşünülmüştür (Peters, 1998). Bununla birlikte, TSWV ilk olarak 1915 yılında Brittlebank tarafından Avustralya'nın Victoria Eyaletinde domates bitkisinde tespit edilmiş (Best, 1968 ve Adkins, 2000) ve aynı kişi tarafından hastalığa “domateste benekli solgunluk” adı verilmiştir. Dünya çapında hem ılıman hem de subtropikal bölgelerde birçok ülkede çok çeşitli isim ile bildirilmiştir. Aynı yıl hastalık etmeni Osborn (1919) tarafından Avustralya'nın güneyindeki domateslerde de gözlemlenmiş ve 1920'de Avustralya'nın tüm eyaletlerinde varlığı rapor edilmiştir (Hamblin, 1921; Best, 1968). Hastalığın ilk kaydından itibaren geçen süre içerisinde Samuel vd., (1930) tarafından etmenin viral orijinli olduğu kanıtlanmıştır ve “domates lekeli solgunluk virüsü” olarak adlandırılmıştır. İlk kez 1970'te etmenin yapısal morfolojisi, konukçu aralığı ve trips vektörleri ile bulaşma özelliklerine göre bir sınıflandırılmaya tabi tutularak taksonomide yerini almıştır (Sarı, 2018). TSWV, Avustralya dışında ilk kez İngiltere'de fark edilmiştir (Smith, 1932) ve daha sonra dağılımı sıcak iklime sahip bölgelerde yoğun olmakla beraber Avrupa, Güney Amerika, Kuzey Amerika, Afrika ve Asya'nın diğer bölgelerinden de kayıtlara geçmesiyle dünya çapında yayılım göstermiştir (Şekil 2. 3). Akdeniz ve Avrupa ülkelerinde karantinanın A1 listesinde yer almaktadır (Griep vd., 2000).



Şekil 2. 3. Dünya’da Domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV)’nin coğrafik dağılımı (Anonim, 2022a)

Dünyada 90’den fazla ülkede çok sayıda kültür bitkisi, süs bitkisi ve yabancı ot türlerinde TSWV’nin enfeksiyon oluşturduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2022a). TSWV’nin yaygın ve tahripkâr bir virüs olması, kapsamlı bir şekilde araştırılmasına yol açmıştır (German vd., 1992; Mumford vd., 1996; Ullman vd., 1997; Ullman vd., 2005).

ABD-Hawaii Adası’nda sebze alanlarında Cho vd. (1986) tarafından yapılan bir çalışmada başta domates bitkisi olmak üzere 16 familyadan 44 bitkinin TSWV ile enfekteli olduğu tespit edilmiştir.

2.4. TSWV’nin Konukçu Çevresi

Polifag bir etmen olan TSWV’nin konukçu aralığına bakıldığında önemli sebze gruplarından domates, biber, marul, soğan, süs bitkilerinde ve birçok yabancı ot türleri de dahil olmak üzere 69 monokotiledon ve 15 dikotiledon familyaya ait 1000’den fazla bitki türünü kapsadığı görülmektedir (Griep vd., 2000; Momol vd., 2002; Parrella vd., 2003). Solanaceae familyası en hassas familyalardan biridir ve bu familyada 100’den fazla sebze türünü enfekte etmektedir. TSWV’nin enfeksiyona sebep olduğu bitkiler içinde enginar, patlıcan, hindiba (*Cichorium* spp.), kabakgiller (hıyar, kavun ve karpuz), soya ve patates gibi kültür bitkileri de yer almaktadır. TSWV serada yetişen 41 süs bitkisini enfekte edebilmektedir (Sherman vd., 1998). Önemli süs bitkilerinden kasımpatı, yıldız çiçeği, kadife çiçeği, aster, begonya, gerbera konukçuları arasında yer almaktadır.

TSWV’nin konukçusu olan kültür bitkilerinin bulunmadığı koşullarda yabancı otların bünyesinde de TSWV yaşamını sürdürebilmektedir. Yabancı otlar, TSWV’nin

yayılmasında ve varlığını sürdürmesinde önemli bir rol oynamakta; ayrıca bu virüsü taşıyan trips vektörlerine de konukçuluk etmektedir (Cho vd., 1986). Böylelikle yabancı otlar TSWV'nin epidemiyolojisinde önemli bir yer tutmaktadır. TSWV'nin konukçularıyla ilgili yapılmış olan bir çalışmada TSWV'nin 9 familyaya ait yabancı otları enfekte ettiği tespit edilmiştir (Johnson vd., 1995). Tarım alanlarında TSWV ile bulaşık olan yabancı otların yaygın olarak görülmesi ve yabancı otların tripsler için besin kaynağı oluşturması TSWV'nin geniş alanlara yayılmasını sağlamaktadır. Ayrıca ülkemizde *Datura stramonium*, *Taraxacum officinale*, *Amaranthus retroflexus* ve *Hibiscus trionum* yabancı ot türlerinde TSWV'nin enfeksiyona neden olduğu belirlenmiştir (Arlı Sökmen vd., 2005).

TSWV'nin epidemiyolojisinde önemli yeri olan yabancı ot türleri arasında *Amaranthus* spp., *Portulaca oleracea*, *Senecio vulgaris*, *Solanum nigrum* gibi türler sayılabilir (Arlı-Sökmen vd., 2005). Güney Amerika'da 1999 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada TSWV, *Melampodium divericatum* isimli bitkide saptanmıştır (Holcomb ve Valverde, 2000).

İran'da soya bitkilerinde 1999-2000 yılında yapılmış olan bir çalışmada İran'ın 5 ilinde soya yetiştirilen alanlardan örnek alınarak testlemeler yapılmış ve sonuç olarak TSWV'nin bulunma oranının %5,4 olduğu saptanmıştır (Golnaraghi, 2001).

Kore'de 2006 yılında biber yetiştirilen alanlarda mozaik ve nekrotik şeklinde semptomlara rastlanılmıştır. Semptom gösteren ve göstermeyen 11 meyveden örnek alınmış ve RNA izolasyonu yapılmıştır. Cucumber mosaic virus (CMV), Pepper mottle virus (PepMoV), Tomato spotted wilt virus (TSWV) ve Pepper mild mottle virus (PMMoV) virüsleri için spesifik primerler tasarlanarak PCR ile virüslerin varlığı tespit edilmiştir. Biber bitkisinde semptomlara neden olan viral etmenlerin CMV ve TSWV olduğu tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışma, Kore'de biberde TSWV ve CMV için yapılmış olan ilk çalışma olarak rapor edilmiştir (Mun vd., 2008).

TSWV, Güney Afrika'da ilk olarak 2000 yılında popüler bir bitki olan *Agapanthus* (*Agapanthus praecox* subsp. *orientalis*) bitkisinde belirlenmiştir. Bitkinin yapraklarında konsantrik halka ile düzensiz klorotik lekeler gözlenmiştir. Bu semptomlu yapraklardan alınan örneklerin TSWV'nin nükleokapsid protein genine spesifik primerler kullanılarak PCR ile test edilmesi sonucunda, TSWV enfeksiyonu doğrulanmıştır (Jain vd., 1998). Böylece, bu virüs, Amaryllidaceae familyasından bir türde ilk olarak rapor edilmiştir.

Kolombiya’ da TSWV’nin varlığının tespit edilmesi için bir survey çalışması yürütülmüş ve 38 üretim alanından 2600’ den fazla örnek toplanmıştır. Bu örneklerle ELISA testi uygulandığında, 38 üretim alanından 25 tanesinin TSWV ile bulaşık olduğu saptanmıştır. TSWV’nin 4 adet çok yıllık yabancı ot bitkisinde bulunduğunu bildirmişlerdir. Bunlar *Trifolium* spp., *Cirsium avense*, *Rumex acetosella* ve *Oxalis* sp.’ dir. Bir adet 2 yıllık, 3 adet kışlık ve 5 adet tek yıllık yabancı ot türlerinde belirlenmiştir. Dokuz adet enfekteli yabancı ot türünün seraların dış kısmında yetişen türler olduğu belirtilmiştir. Vektör olarak survey esnasında sera içinde sadece *Frankliniella occidentalis*’ e rastlanmış ve sera dışında yabancı otlarda da bu türün oldukça yaygın olduğunu belirtilmiştir (Bitterlich ve MacDonald, 1993).

Bu çalışmalardan farklı olarak Georgia’ da ilk olarak TSWV’ nin karpuz bitkisinde doğal enfeksiyonu rapor edilmiştir. Tütün tarlasında kendiliğinden yetişen karpuz bitkisi yapraklarında nekrotik halkalı leke ve damar nekrozları gözlenmiş ve ELISA ile test edilmiştir. TSWV’ nin nükleokapsid genine spesifik primerler ile RT-PCR yöntemi kullanılarak TSWV’ nin karpuz bitkisinde varlığı teşhis edilmiştir (Pappu vd., 1998).

2.5. TSWV ile İlgili Türkiye’ de Yapılan Çalışmalar

TSWV Türkiye’de ilk defa Akdeniz bölgesinde tarımı yapılan biber, patlıcan, marul ve fasulye bitkilerinde görülen hastalıkları belirlemek amacıyla gerçekleştirilen çalışmalarda, marul bitkisinde tespit edilmiştir (Tekinel vd., 1969). Daha sonra 1980-1981 yılları arasında yapılan survey çalışmaları ile Çanakkale’ de tütün yetiştirilen alanlarda belirlenmiştir (Azeri, 1981). Bunun ardından Balıkesir, Manisa, Uşak ve Samsun illerinde saptanmıştır (Azeri, 1981; 1994). Etmen, domatestte ilk defa 1995 yılında Mersin ve çevresinde tespit edilmiştir (Güldür, 1995). Mersin’in Kazanlı ilçesinde (Yurtmen vd., 1999) ve Samsun’da biberde (Arlı-Sökmen vd., 2005) ve ilerleyen yıllar içerisinde tütün (Azeri, 1994), patlıcan (Kamberoğlu vd., 2009), kabak (Yardımcı ve Culal-Kılıç, 2009) ve bazı yabancı ot türlerinde (Arlı-Sökmen vd., 2005) TSWV’ nin varlığı belirlenmiştir. Şanlıurfa’da domates yetiştirilen alanlarda TSWV’nin varlığı ilk kez 1997 yılında rapor edilmiştir (Güldür, 1997).

Antalya Merkez (Aksu, Kurşunlu, Çamköy ve Altınova köyleri), Serik (Merkez ve Çakallık köyleri) ve Kumluca (Merkez, Mavikent and Beykonak köyleri) ilçeleri sera alanlarında yetiştirilen domates, biber ve marul bitkilerinde TSWV’nin bulunma oranı ve dağılımını ortaya koymak amacıyla 2007-2009 yılları arasında bir çalışma

gerçekleştirilmiştir. Geniş alanlarda surveyler düzenlenerek toplamda, ticari üretim yapılan 42 domates, 69 biber ve 12 marul serası incelenmiş ve bu alanlardan 193 domates, 345 biber ve 58 marul olmak üzere toplam 596 bitki örneği toplanmıştır. Örnekler ELISA yöntemi kullanılarak testlenmiş ve TSWV enfeksiyonu 156'sı domates (%81), 316'sı biber (%92) ve 54'ü marul (%93) olmak toplam 526 örnekte (%88) saptanmıştır (Bozdoğan ve Kamberoğlu, 2015).

Bozdoğan (2009), 2007 ve 2009 yılları arasında Antalya merkez, Serik ve Kumluca ilçelerinde yetiştiriciliği yapılan domates, biber ve marul sebzelerinden aldığı yaprak örneklerinin analizi sonucunda TSWV' yi saptamıştır. Arazilerde şüpheli görülen bitkilerden alınan yaprak örnekleri ELISA yöntemi ile test edilmiş ve hastalık oranı saptanmıştır. Surveyler sırasında toplanan örneklerde toplam hastalık oranını %88,25 olarak tespit etmiştir. ELISA testi sonucunda virüs ile bulaşık olduğunu tespit ettiği marul, domates ve biberi sırası ile A1, S1 ve K1 şeklinde kodlayarak mekanik inokulasyon ve RT-PCR çalışmalarında kullanmıştır. Mekanik inokulasyon sonrasında A1 izolatu, indikatör bitkiler üzerinde 7-10 gün arasında, S1 ve K1 izolatları 20-24 gün arasında hastalık belirtileri oluşturmuştur. Yapılan çalışma, A1 izolatının patojenitesinin daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

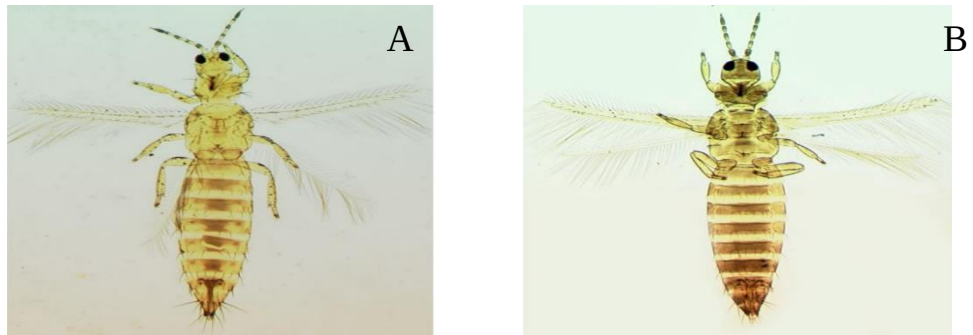
2002-2003 yıllarında Samsun ilinde Mayıs-Ağustos ayları arasında domates bitkisinde enfeksiyona neden olan virüsleri tespit etmek ve virüsün bulunma oranını belirlemek amacıyla 31 tarladan toplam 186 adet örnek toplanmış ve ELISA yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda bitki örneklerinde Tomato mosaic virus (ToMV), TSWV, Potato virus X (PVX) ve CMV tespit edilmiştir. Test edilen örneklerin %52,1, %12,9, %10,7 ve %6,9'unda sırasıyla ToMV, TSWV, PVX ve CMV saptanmıştır (Arli-Sokmen ve Şevik, 2006).

Tohumcu vd., (2021) tarafından 2008-2010 yılları arasında Adıyaman ve Malatya tütün üretimi yapılan yerlerdeki virüs hastalıklarının durumunu belirlemek amacıyla örnekleme çalışmaları ve laboratuvar analizleri yapılmıştır. Örneklerin TMV, TSWV ve ToMV ile bulaşık olduğu saptanmıştır. Bulaşık alanlardan alınan örneklerin analizi sonucunda tekli enfeksiyonların 3 yıllık ortalaması %51.48 olarak, karışık enfeksiyonların ise %48,51 olarak bulunmuştur. Daha sonrasında bu alanlardaki var olan virüslerin durumlarındaki gelişimi tespit etmek amacıyla 2019 yılında 2. örnekleme yapılmış ve ortalama enfeksiyon oranı tespit edilmiştir. 10 yıl aradan sonra yapılan çalışmada CMV, Domates halkalı leke virüsü (TRSV) ve yonca

mozaik virüsü (AMV) belirlenmiş, ancak ToMV tespit edilmemiştir. Toplam virüs ile bulaşıklık oranı ise %70,96 olarak saptanmıştır. Çalışma sonucunda geçen süre içerisinde bazı virüslerin enfeksiyon oranlarının arttığı, ortalama virüs bulaşıklık oranının da artarak %38.93'ten %70,96 ya çıktığı belirlenmiştir.

2.6. Bulaşma ve Yayılma Yolları

TSWV dünyada ve ülkemizde son yıllarda tarımsal ürünlerde salgın oluşturarak ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu etmen laboratuvar koşullarında mekanik olarak bulaşabilmesine rağmen, doğada bir bitkiden diğer bitkiye trips türleri tarafından taşınmaktadır (Âmin vd., 1981; Cho vd., 1989). Yaklaşık 5000 trips türü arasından sadece 14 farklı trips türü, Orthospovirus cinsi içerisinde yer alan bitki patojeni virüslerin etkili bir şekilde taşıyıcısı konumundadır (Nagata vd., 2004; Riley vd., 2011). Dünya çapında tripslerin tür ve popülasyonlarının yoğun olması, tripslerin geniş konukçu aralığına sahip olması ve coğrafi olarak hemen hemen her yerde bulunmalarına rağmen, Orthospovirus cinsi üyeleri (Saidi ve Warade, 2008) 3 cinse ait (*Thrips*, *Frankliniella*, *Scirtothrips*) trips türü ile persistent olarak taşınmaktadır (German vd., 1992; Whitfield vd., 2005). Bu türler arasında; soğan tripsi (*Thrips tabaci* Lindeman), batı çiçek tripsi (*Frankliniella occidentalis* Pergande), çiçek tripsi (*F. intonsa* Trybom), tütün tripsi (*F. fusca* Hinds), pamuk tripsi (*F. schultzei* Trybom), soya fasulyesi tripsi (*Thrips setosus* Moulton), kavun tripsi (*Thrips palmi* Karny), florida çiçek tripsi (*F. bisipinosa* Morgan) ve biber tripsi (*Scirtothrips dorsalis* Hood) TSWV'nin bilinen vektörleridir (Nagata vd., 2000; Şevik, 2008). TSWV' nin en önemli vektörü bölgelere göre değişmekle birlikte *F. occidentalis* ve *T. tabaci* olarak bildirilmiştir (Ullman vd., 1992; Krisha-Kumar vd., 1993) (Şekil 2. 4).



Şekil 2. 4. *Frankliniella occidentalis* (A) ve *Thrips tabaci* (B) türleri (Mound vd., 2009)

Thysanoptera takımı Thripidae familyası içerisinde yer alan trips türleri, dünya

apında çeşitli doğal ortamlarda bulunan küçük, ince gövdeli, hızlı hareket eden hemimetabol böcekler (Lewis, 1973) olup, kanatlı veya kanatsız türleri mevcuttur. Kanatları uzun ve dardır ve hem n hem de arka kanatlarda uzun tüyler bulunmaktadır. Boyları 0,5 ila 15 mm (oğunlukla 1-2 mm) arasında değişmektedir (Anonim, 2022b).

Tripsler, doğrudan beslenmek suretiyle zarar vermenin yanı sıra birçok virüse vektörlük ederek de dolaylı olarak bitkilerde zarara neden olmaktadır (Allen ve Broadbent, 1986). Polifag bir zararlı olmakla birlikte çok geniş bir konukçu aralığına sahiptir (şevik, 2014). Sahip oldukları delici ve emici ağız parçalarını kullanarak ergin ve nimfleri bitkilerin yaprak, sap ve meyvelerinin epidermis tabakasını yırtarak ya da zedeleyerek çıkan öz suyu emerler (Lewis, 1973; Heming, 1993). Bu tür beslenme genellikle yapraklarda karakteristik gümüşi renk açılmalarına ve yaprak kıvrılmasına ardından bitki dokusunun ölmesine neden olmaktadır.

Tripsler; yumurta, larva 1, larva 2, prepupa, pupa ve ergin olmak üzere 6 evrede gelişimlerini tamamlamaktadır. Prepupa ve pupa dönemini geçirdikten sonra ergin olmaktadır (Wijkamp ve Peters, 1993; Ohnishi vd., 2001). Erginler yumurtalarını bitki dokusuna bırakmakta, sıcaklığa ve bitki konukçu türüne bağlı olarak 6-7 gün sonra larva çıkışı meydana gelmektedir. Larvalar beslendikten sonra pupa dneimine geçmekte ve bu dönem yaklaşık 3-4 gün sürmektedir. Pupa döneminin sona ermesiyle beraber ergin dneimine geçen tripsler yaşam dönemi boyunca beslenmeye devam etmektedir. Yaşam döngüsü, yine sıcaklığa bağlı olarak, yumurtadan ergin oluncaya kadar yaklaşık olarak 20-30 gün arasında değişiklik göstermektedir (Westmore, 2012). Optimum sıcaklık isteği, 25–27°C ve nem isteği %70’ dir (şevik, 2007).

Pek çok böcek vektörü-virüs ilişkisinde olduğu gibi, trips-TSWV ilişkisi de oldukça spesifiktir ve bu ilişkide, tripslerin biyolojik dönemleri kritik rol oynamaktadır (Nagata ve Peters, 2001). Enfekteli bitki hücresinden virüs partiküllerinin alınımı, virüs partiküllerinin trips bünyesinde uygun özel bölgelere ulaşması, virüsün vektör vücudunda çoğalması, tripslerin beslenmesi sırasında virüs partiküllerinin sağlıklı bitkilere aktarılması ve aktarılan virüsün bitki hücresinde dağılması durumu trips - TSWV ilişkisini kısaca özetlemektedir (Akcura ve şevik, 2015).

Trips vektörlerinin hem larva (larva 1, larva 2) hem de ergin dönemleri, virüs enfekteli konukçu bitkilerle aktif olarak beslenmektedir. Genellikle 1. larva dönemi ve az oranda da 2. larva dönemi 15-30 dakikalık beslenme ile virüsü bünyesine almaktadır. Fakat ergin döneminde virüs kazanımı oldukça zordur (Akcura ve şevik,

2015). Sonraki evrelerde larvalar ve erginler, latent bir dönemden sonra virüsü taşımaktadırlar (Ullman vd., 1997; Whitfield vd., 2005; Persley vd., 2006). Virüsün kazanılması vektörün larva döneminde olurken (German vd., 1992), esas taşınma vektörün ergin döneminde meydana gelmektedir (Akcura ve Şevik, 2015).

Virüsün vektör bünyesinde sirkülasyonu ve çoğalımı bir dizi karmaşık olaylar sonucunu meydana gelmektedir. Vektör tarafından aktif bir şekilde enfekteli konukçu bitkilerle beslenmesi sonucunda kazanılan virüs, orta bağırsak epitel hücrelerine geçmekte ve orada replike olmakta daha sonra salgı kanallarına taşınmaktadır. Virüs partiküllerinin vektörde replikasyonu ilk önce orta bağırsakta ve sonrasında salgı kanallarında meydana gelmesiyle böcek bünyesinde 2 aşamada gerçekleşmektedir (German vd., 1992). Virüsün etkin bir şekilde taşınabilmesi için vektör virüsü larva döneminde almalıdır. Vektör pupa dönemini yaşamadan önce virüs partiküllerinin salgı kanalları vasıtasıyla orta barsak epitel hücrelerini ve orta bağırsak kaslarını geçmesi gerekmektedir. Ergin tripsler bünyesine virüsü alabilirler ancak bunları iletmezler, çünkü ergin dönemde vektörün orta barsak duvarının bir engel oluşturması nedeniyle, virüsü sadece larva döneminde kazanabilmektedir (German vd., 1992). Bunun nedeni muhtemelen orta bağırsakta yetersiz çoğalma, tükürük bezlerine hareket eksikliği ve daha sonra çoğalma eksikliğidir. Vektör virüsü bir kez kazandıktan sonra yaşamı boyunca taşıyabilmekte (Şevik, 2008), ancak kazanılan bu virüs vektörün yumurtasına geçmemektedir. (Nagata vd., 2002).

Hawaii’de 1981- 1984 yılları arasında yapılan survey çalışmasında marul yetiştirilen alanlarda TSWV’nin oldukça yıkıcı bir hastalık olduğu rapor edilmiştir. Bölgedeki gözlem sonucunda hastalık yoğunluğunun ve trips sayısının yüksek yerde üretim yapılan alanla, alçak yerde üretim yapılan alan ile karşılaştırıldığında alçakta (366 m) bulunan yerlerde daha fazla olduğu belirtilmiştir. Etmenin taşınmasında *Frankliniella occidentalis*, *F. scultzei*, ve *Thrips tabaci* olmak üzere 3 tür vektörlük yapmıştır (Cho vd., 1987a).

TSWV’nin Kuzey Carolina’daki birinci vektörü, tütün tripsi (*Frankliniella fusca* (Hinds) olarak belirlenirken, etmenin bir diğer vektörü olan *F. occidentalis* önem taşıyan bir trips olarak kaydedilmiştir (Eckel ve ark, 1996).

Kuzeybatı Amerika’ da batı (Kaliforniya) çiçek tripsi *F. occidentalis* ortaya çıktıktan bu yana Dünya’da hızlı yayılım göstermiştir. Yoğun insektisit kullanımı ile bu insektisitlere karşı dayanıklı ırkların oluşumu ve de bitki materyalleri (kesme çiçek,

fide vs.) ile uluslararası taşınması, dünyada hızlı bir şekilde yayılmasının sebepleri arasında yer almaktadır (Şevik, 2008). Bu şekilde trips türü tahminen yılda yaklaşık 230 km yayılım gösterirken (Kirk ve Terry, 2003), TSWV' nin de hızla bir şekilde yayılmasına olanak sağlamıştır.

Ülkemizde, trips türlerinden *F. occidentalis* (Tunç ve Göçmen, 1995; Atakan, 2003), *F. intonsa* ve *T. tabaci* (Tunç, 1985) türleri tripslere yönelik yapılan çalışmalarda çeşitli kültür bitkilerinde ve yabancı otlarda (Atakan ve Özgür, 1999; Atakan ve Uygur, 2005) belirlenmiştir.

Ülkemizde, 2004 yılında domates yetiştirilen alanlarda trips türlerinin yayılışı, virüs taşınmasında etkili olan vektör türleri ve bunların hastalığın bulaşma ve yayılmasındaki rollerinin saptanması amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Toplamda 4080 domates bitkisi dikilmiştir. Çalışma kapsamında inokulum kaynağı olarak TSWV- domates izolatu ile inokule edilmiş 15 adet domates bitkisi kullanılmış ve deneme alanının merkezine bu bitkiler konumlandırılmıştır. 15 gün ara ile inokulum kaynakları değiştirilerek virüs konsantrasyonunun sürekli olarak yüksek seviyede tutulması sağlanmıştır. On hafta süren gözlem süresinde 240 bitkiden örnek alınmış ve DAS- ELISA yöntemiyle testlenmiştir. Bu işlemin yanı sıra haftalık olarak thrips türlerinin popülasyonundaki değişiklikleri gözlemlemek için araziye yerleştirilen sarı yapışkan tuzaklar kullanılmıştır. Gözlem sonucunda deneme alanında *Frankliniella intonsa*, Trybom ve *Thrips tabaci* Lindeman tespit edilmiştir. Enfekteli bitki sayısı ve trips popülasyonu arasındaki ilişki istatistiki olarak $P < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Arazi gözlemleri sonucunda inokulum kaynağına 24,5 m ve 25 m uzaklıktaki iki bitkinin enfekteli olduğu bulunmuş ve ilerleyen zamanda yeni enfekteli bitki sayısında artış olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Bunun yanı sıra domatesten izole edilen TSWV- Samsun izolatu domates ve tütünden tekrar domatese *T. tabaci* bireyleri ile taşınabilirliği biyolojik, serolojik ve moleküler yöntemlerle belirlenmiştir (Şevik, 2007).

Başka bir çalışmada bitki bünyesinde var olan bitki besin elementlerinin besin değerinin, tripslerin konukçu seçimini ve ardından performansını etkilediği belirtilmiştir (Westmore, 2012). Bitkilerde daha yüksek seviyelerde çözünür protein ve diğer azotlu bileşiklerin tripslere karşı duyarlılığı arttırdığı (Scott Brown vd., 2002) ve trips popülasyonları için faydalı olduğu bulunmuştur (Baez ve diğerleri, 2011; Brodbeck vd., 2001; Chen vd., 2004; Davies vd., 2005; Fennah, 1963; Hsu vd., 2010;

Malik vd., 2009; Mollema ve Cole, 1996; Schuch vd., 1998).

TSWV tripslerle taşınmanın yanı sıra bitki öz suyu ile mekanik yöntem ile de taşınabilmektedir (Norris, 1946). TSWV'nin tohum ve polen yoluyla taşınması kesin olmamasına rağmen, virüsün sadece bazı bitki tohum kabuğunda %1 gibi düşük bir oranda taşındığı bildirilmiştir (Le, 1970). Bir çalışmada etmenin varlığı yer fıstığı tohumlarının kabuğunda belirlenmiş olsa da tohumla taşınıp taşınmadığı belirlenememiştir (Bailey, 2003). Ancak en son Wang vd., (2022) arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada biber tohumunun endosperminde TSWV'nin varlığı tespit edilmiştir. Patojen ırkı, konukçu bitki türü ve çeşidi ve çevre şartları gibi birçok faktör etmenin tohumla taşınmasına etki etmektedir (Şevik 2007).

2.7. TSWV ile Mücadele

Dünya'da bitkisel üretimde virüs, bakteri ve fungusların neden olduğu kalite ve kantite kayıpları gün geçtikçe artmaktadır. Bitki patojenleri içerisinde yer alan virüsler bitkilerde ürün kalitesi ve miktarı yönünden dünyada büyük kayıplara neden olmaktadır. Tarımsal üretim alanlarında viral hastalıklar ile mücadele oldukça güçtür. Viral etmenlerle mücadelede ana yaklaşım etmenin bitkilere bulaşmasını önlemektir (Roselló,1996). Bütün viral hastalıklarda olduğu gibi TSWV ile etkili bir kimyasal mücadele yöntemi bulunmamaktadır. Virüsten ari sertifikalı tohum, sağlıklı fide, sağlıklı yumru, soğan, rizom, stolon, çelik, göz gibi vejetatif üretim materyalleri kullanılarak ayrıca enfekteli bitkilerin imhası, vektör ile etkin mücadele ve dayanıklı çeşit kullanımı gibi (Roselló,1996) birden fazla yöntemin entegre edilmesiyle virüsün yayılımı yavaşlatılabilir ve hastalık yoğunluğu azaltılabilmektedir (Şevik, 2015).

TSWV'nin vektörü olan tripsler ile mücadele kimyasal yollar vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir (Oğuz vd., 2009), ancak birçok trips türü pyrethroid, carbamate, organophosphate ve abamectin içerikli kimyasal ilaçlara karşı dayanıklılık kazanmış durumdadır (Cho vd., 1989; Rice vd., 1990). Tripslerle mücadele bilhassa seralarda feromon tuzakların kullanılması ya da seraların pencere ve kapı girişlerine tripslerin giremeyeceği şekilde tüllerin çekilmesi gibi farklı yollarla gerçekleştirilmektedir (Şefik, 2008). Trips türleri arasında *Frankliniella occidentalis* virüsü en hızlı ve aktif taşıyan tür olup, varlığı her zaman kontrol edilmelidir (Tunç ve Göçmen, 1995).

Gürcistan'da 1999, 2000, 2001 ve 2002 yıllarının ilkbahar dönemlerinde domates bitkisinde tripslerin ve tripslerle taşınan TSWV'nin azaltılmasına yönelik bir

Çalışma yürütülmüştür. Bu alışma kapsamında yapışkan tuzaklar kullanılarak *Frankliniella occidentalis* ve *Frankliniella fusca* popülasyonları tespit edilmiştir. Konukçu bitki dayanıklılığı, kimyasal uygulama ve mal kullanımı gibi farklı yöntemler denenerek trips popülasyonu ve virüsün varlığı izlenmiştir. Gümüş yansıtıcı mal kullanılan sıralardaki bitkiler tripslerden ve TSWV'nin neden olduğu enfeksiyonun etkilerinden en düşük seviyede etkilenmiştir. Toprağa imidacloprid uygulamasından sonra erken dönemde bitki yapraklarına uygulanan insektisit, trips ve hastalık kontrolünde başarılı olmuştur (Riley ve Pappu, 2004).

ABD'nin Florida eyaletinde 2000-2002 yılları arasında tripslerle ilgili yapılan bir çalışmada UV ışınlarının yetiştiricilikte kullanılan mallardan geri yansımasıyla trips popülasyonunun azaldığı gözlemlenmiştir (Momol ve ark., 2004).

Alüminyum yüzeyli mallamanın Solanaceae familyasına ait bitkilerde TSWV kontrolüne yönelik etkisini araştırmak için çalışmalar yürütülmüştür. Çalışma kapsamında plastik film mallarının domates, biber ve tütün tarlalarında trips hareketi/yayılmı ve TSWV oranı üzerindeki etkisi incelenmiştir.  tür bitki, tesadüf blokları deneme deseninde  mal uygulaması ile (alüminyum yüzey plastik malçlama, siyah plastik malçlama ve kontrol grubu) düzenlenmiştir. Bloklardaki trips yayılışı sarı yapışkan tuzaklar kullanılarak izlenmiştir. Mal uygulamaları karşılaştırıldığında alüminyum yüzeyli mal, domateste trips oranını %68 ve TSWV insidansını %64 oranında azaltmıştır. Dolmalık biberde trips sayısı ve TSWV insidansı sırasıyla %60 ve %78 oranında düşüş gözlemlenmiştir. Trips sayısı alüminyum yüzeyli mal uygulaması ile %33 azalmıştır. TSWV insidansı, her bir deneme parselinde domates, biber ve tütün ekiminde %60 oranında azalmıştır. *Thrips tabaci* ve *Frankliniella fusca* TSWV' yi taşıyan vektörler olarak belirlenmiştir (Greenough, 1990).

Bu viral etmen ile mücadele kapsamında birçok farklı yöntem denenmiş olsa da en etkili yöntemin dayanıklı çeşit geliştirilmesi olduğu saptanmıştır (Stevens vd. 1992). Dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalara göre TSWV'ye karşı günümüzde dayanıklılık sağlayabilen iki gen bulunmuştur, bunlar biberde bulunan Tsw geni ve domatesde bulunan Sw-5 geni'dir (Debreczeni vd., 2015). Domates türlerinde TSWV'ye karşı en iyi dayanıklılık sağlayıcı kaynak olarak, *Lycopersicon peruvianum* yabani türü bilinmektedir (Sevik, 2015). Bu virüse dayanıklı; Stevens, BHN 444, BHN 555, Health Kick domates eşitleri kullanılarak,

domateslerde bu virüs tarafından meydana gelen ekonomik kayıplar azaltılabilmektedir (Aramburu vd., 2000).

2.8. Besin Elementlerinin Bitki Hastalıkları ile ilişkisi

Bitkiler diğer tüm canlılar gibi sağlıklı gelişmeleri ve dengeli beslenmeleri için farklı oranlarda çeşitli besin elementlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Bitkiler yetiştikleri ortamda, toprak altı ve toprak üstü organlarıyla yaklaşık 74 farklı bitki besin elementini (Kacar, 2012) hava, su ve toprak yoluyla bünyesine almaktadır. Fakat bunlardan en az 17 tanesi bitkilerin büyüme ve metabolizması için mutlak gerekli/zorunlu besin elementleridir (Bolat ve Kara, 2017). Bu zorunlu bitki besin maddeleri, diğer elementler tarafından yeri doldurulamayan, bitki metabolizması için temel ve bitkinin yaşamını devam ettirebilmesi için olması gereken elementlerdir. Kısaca bu elementlerin yokluğunda bitki yaşamına devam edemez (Fageria vd., 2002; Rice, 2007). Bunlar karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), kükürt (S), demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn), bakır (Cu), bor (B), molibden (Mo), klor (Cl) ve nikel (Ni) elementleridir (Karthika vd., 2018). Bu elementler içerisinde yer alan hidrojen, karbon ve oksijen esas olarak su ve CO₂'den elde edilir ve çoğunlukla hava ve sudan alındıkları için mineral besin olarak kabul edilmezler (Taiz ve Zeiger, 2002). Ayrıca bu elementler, şeker ve nişasta gibi karbonhidratların temeli olması nedeniyle bitki kütlesinin çok büyük bir kısmını (%94-99,5) oluşturmaktadır.

Bitkilerin ihtiyaç duyduğu 17 temel bitki besin maddesi bitki dokusundaki nispi konsantrasyonlarına göre makro besinler ve mikro besinler olarak sınıflandırılmaktadır. Bitkiler tarafından topraktan çok fazla miktarda alınan ve bitkilerin büyük oranda ihtiyaç duyduğu besinler, birincil ve ikincil olarak tanımlanabilen makro besinler olarak isimlendirilmektedir. Bunlardan azot, fosfor ve potasyum birincil makro besinleri oluştururken, bitkiler tarafından orta düzeyde gereksinim duyulan (Rattan, 2015); kalsiyum, magnezyum ve kükürt elementleri ikincil makro besin öğelerini oluşturmaktadır. Mikro besinler ise bitkiler tarafından nispeten daha az miktarda alınmaktadır, ancak makro besinler kadar gerekli olan elementlerdir. Bunlar; demir, mangan, çinko, bakır, bor, molibden ve klor elementleridir. Ayrıca belirli bitki türlerinin büyüme ve gelişimini destekleyen ancak zorunlu olarak gerek duyulmayan sodyum (Na), kobalt (Co) ve silisyum (Si) gibi bitki besin elementleri de vardır (Arnon ve Stout, 1939; Gardiner ve Miller, 2008; Fageria,

2009). Toprak vasıtasıyla bitki bünyesine alınan makro ve mikro besin elementleri bitkinin yapısında %0,5-6 oranlarında bulunmaktadır. Ancak her element ve bitki türü için bu besinlerin oynadığı roller ve konsantrasyonları farklılık göstermektedir (Pilon-Smits vd., 2009).

Dengeli beslenme sonucunda bitki, patojen saldırısına karşı hücre yapısını güçlendirerek hastalık oluşumunu engelleyebilmektedir (Karaman vd., 2012). Bitkide her bir besinin belirli bir düzeyde yeterlilik aralığı vardır ve bu aralıktaki dengesizlik gübre ve besin kaynaklarının hatalı, yetersiz ve dengesiz kullanımı sonucu besin eksikliğine ya da toksisiteye yol açabilmektedir. Bununla birlikte topraktan alınan besin elementlerinin yetersizlik durumunda ortaya çıkan fizyolojik ve morfolojik değişimler, havadan ve sudan alınan besin elementlerinin eksikliğinde ortaya çıkan problemlerle karşılaştırıldığında daha ciddi sorunlara neden olabilmektedir.

Azot (N), karbon (C), hidrojen (H) ve oksijenden (O_2) sonra bitkide en çok bulunan elementtir ve bitki gelişimi için önemli bir besin maddesidir. Genellikle, %1-5 oranında N madde içeren bitkiler azot bakımından yeterli kabul edilir (Hawkesford vd., 2012). Tabiatta azotun kaynağı organik maddeler ve atmosferdeki serbest azottur. Atmosferdeki azot, N_2 formundadır ve bitkiler tarafından alınamaz. Azot bazı kimyasal olaylar sonucu bitkilerin faydalanabileceği amonyum ve nitrat formuna dönüşmektedir. Bunun için birçok dönüşümden geçmesi gerekmektedir (Haktanır ve Arcak, 1997). Çok hareketli (mobil) bir element olan azot, atmosfer, toprak ve canlı organizmalar arasında dolaşım halindedir. Toprakta çoğunlukla (%96-98) organik madde halinde bulunan azot, zaman içerisinde ayrışma sonucunda üre ve inorganik bileşiklere dönüşerek bitki için yararlı hale gelmektedir (Çepel, 1996; Kantarcı, 2000; Boşgelmez vd., 2001; Bolat ve Ömer, 2017). Ayrışma sonucunda bitkiler azotu topraktan kökleri vasıtasıyla amonyum (NH_4^+) ve nitrat (NO_3^-) formunda almaktadır.

Azot, hemen hemen tüm bitki sisteminin yapı taşlarının bir parçasını oluşturmaktadır. Nükleik asit, protein, aminoasit, fosfolipid, klorofil, ATP ve diğer birçok ikincil metabolitlerin temel bileşenidir (Aktaş ve Ateş, 1998; Boşgelmez vd., 2001; Güzel vd., 2004; Gardiner ve Miller, 2008; McCauley vd., 2009). Nükleik asitlerin temelini oluşturan nükleotidlerin pürin ve pirimidin bazlarının halka yapısında azot bulunur. Yapraklara yeşil rengini veren klorofil pigmentinin önemli bir parçası olan azot, fotosentez için gerekli bir elementtir. Klorofilde bulunması nedeniyle özellikle yapraklı sebzelerde ve yem bitkilerinde yaprak kalitesini

artırmaktadır (Rattan, 2015). Daha çok bitkilerin genç ve büyüyen kısımlarında bulunmasıyla vejetatif aksamın gelişmesini sağlamakla beraber, bitki köklerinin solunumunda, çiçek ve meyve oluşumunda azotun rolü fazladır. Klorofil miktarını artırarak fotosentezi teşvik eder (Sedano-Castro vd., 2011). Bunun yanı sıra kök büyümesini ve bitki gelişimini ve diğer besinlerin alımına katkı sağlamaktadır (Hofman ve Van, 2004). Azot, diğer temel besinlere kıyasla bitki tarafından yüksek miktarlarda ihtiyaç duyulduğundan, bitki besin maddeleri içerisinde önemli bir konuma sahiptir.

Bitkide azot eksikliği sonucunda özellikle vejetatif gelişim olumsuz yönde etkilenir. Yaprak, gövde ve kök sistemi zayıflar ve bitkiler kısa ve zayıf görünür. Bitkiler erken olgunlaşır, çiçeklenme ve meyve tutma oranı azalır ve oluşan meyveler küçük kalır. Böylelikle verim ve kalitede önemli düşüşe neden olur. Azot yetersizliğinde bitkiler normale göre soluk açık yeşil bir görünüm kazanır. Ciddi noksanlık durumunda alt yapraklardan itibaren kloroz (sarılık hastalığı) görülür. İlerleyen zamanda yapraklar kahverengiye döner ve ölür (Aktaş ve Ateş, 1998; Boşgelmez vd., 2001; Güzel vd., 2004; Fageria, 2009)

Azot fazlalığında ise bitkilerde vejetatif gelişme dönemi uzar. Dal, sürgün, yaprak miktarı ve boyutu normalden daha büyük ve uzun olur. Azot fazlalığı olan yapraklar daha koyu yeşil renge sahiptir. Yaprak alan indeksinin artmasıyla beraber yaprakların su içeriği artar ve don, hastalık etmeni ve zararlılara karşı bitki daha hassas hale gelir. Özellikle mantar hastalıklarına karşı dayanıklılık azalır (Aktaş ve Ateş, 1998; Boşgelmez vd., 2001; Fageria vd., 2011). Generatif gelişim zayıf kalır ve çiçeklenme ve meyve tutumu gecikir. Meyvelerde geç olgunlaşma meydana gelir ve hasat zamanının gecikmesine neden olmaktadır (Kacar ve Katkat, 2010). Fazla azot ayrıca bitkilerin kırılmaya karşı dirençlerini azaltır (Kacar ve Katkat, 2010). Bu özellikle tahıllarda sık görülen bir durumdur. Ayrıca bitkiler bazı depo hastalıklarına karşı daha hassas hale gelir ve depolanma kabiliyetleri düşer.

Bitki hastalıkları tarımsal üretimi sınırlandıran en önemli faktörlerden biridir. Bitkilerin hastalanmasına neden olan virüs, fungus ve bakteri gibi zararlı mikroorganizmalarla birlikte, toprakta yaşayan diğer canlılar bitkilerle besin maddesi açısından rekabet içerisindeyler. Bitki patojenleri, canlılıklarını devam ettirebilmeleri için beslenmeye ihtiyaç duyarlar ve bu ihtiyaçlarını karşılamak için bitkilere saldırırlar. Bunun sonucunda bitkide enfeksiyona neden olarak mineral

madde alınımı, asimilasyonu, besin maddesi iletimi ve bitki fizyolojisinde birtakım değişikliklere neden olurlar (Marschner, 1995). Besin maddelerinin iletim ve kullanımını engelleyerek, besin eksikliğine ya da toksisitesine yol açabilmektedirler. Besin eksikliği ve toksisitesi yaşayan bitkiler, daha zayıf gelişmekte ve bazı hastalıklara hassas olabilmektedir.

Bitki besin maddeleri hem bitkilerin büyüme ve gelişmesi hem de mikroorganizmaların çoğalması için önemli rol oynamaktadır (Dordas, 2008). Bitki besin elementlerinin hastalıklar üzerindeki pozitif veya negatif etkisi birçok faktöre bağlıdır. Bitki ve mikroorganizmalar arasında karmaşık bir ilişki söz konusudur ve bu sıcaklık, ışık, nem ve besin gibi birçok çevresel faktörden etkilenmektedir. Besin maddeleri, bitkilerin hastalıklara karşı toleransını veya patojenlere karşı direncini etkileyebilir. Ancak her madde; patojen ve bitki türüne bağlı olarak hastalık oluşumunu teşvik edici veya engelleyici yönde etkiye sahiptir. Bu etki, karmaşık bir yapıdadır. Bitki besin elementleri, direkt patojen üzerine etkili olarak, ya da bitki gelişimi ve dayanıklılık mekanizması üzerine etkide bulunarak, hastalığın gelişiminde olumlu veya olumsuz etki oluşturmaktadır (Karaman vd., 2012). Genel olarak, besin maddelerinin bitki hastalıkları üzerindeki etkisi; bitki türüne, bitkinin yaşına, patojen türüne ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Huber ve Wilhelm, 1988; Graham ve Webb, 1991). Besin elementlerinin bitki bünyesindeki fizyolojik etkisi genellikle iyi anlaşılmış olsa da besin elementi-bitki-patojen arasındaki dinamik etkileşime ilişkin hala cevaplanmamış sorular vardır (Huber, 1996).

Bitkiler, abiyotik ve biyotik stres faktörlerine maruz kaldıklarında kendilerini korumak için birçok savunma mekanizmasına sahiptir. Besin elementleri, yapısal bileşenler ve metabolik düzenleyiciler olarak doğrudan bitki savunma mekanizmasında yer almaktadır (Huber, 1980). Patojen saldırısı altında bitki savunma sistemi harekete geçmekte ve böylece bitkiler kendilerini koruyabilmektedir. Bitkiler patojen saldırısından önce var olan fiziksel ve biyokimyasal savunma yapılarının yanı sıra, patojen ile etkileşim sonucunda aktif hale geçen savunma mekanizmalarını da sahip olabilirler. Fakat bu mekanizmalar, bazı patojenler için caydırıcı bir engel olsa da bazı patojenler için başarısız olmaktadır.

Bitkilerin sağlıklı bir savunma sistemi geliştirebilmesi için besin maddelerinin katkısı önemlidir. Patojene karşı bitkinin hassasiyeti veya dayanıklılığında, bitki besin

maddeleri kritik rol oynayabilmektedir (Walters ve Bingham, 2007; Marschner ve Marschner, 2012). Ancak, bitkilerin hastalıklara karşı dayanıklılık göstermesi esas olarak bitkinin genetik yapısı ile ilgili bir durumdur. Bitki dayanıklılığı veya toleransı genetik olarak kontrol edilmesine rağmen (Agrios, 2005), çevreden ve özellikle besin eksiklikleri ve toksisitelerinden etkilenirler (Marschner, 1995; Krauss, 1999). Belirli bir hastalığa karşı gösterilen genetik dayanıklılık bitkinin veya patojenin beslenme durumu ile ilişkilidir ve bu nedenle besin yönetimi bitki hastalıkları için önemli bir düzenleyici olarak görev almaktadır (Bhaduri vd., 2014). Bazı hastalıklar ile ilişkili dayanıklılık genleri, yalnız belirli çevresel uyaranlarla aktive edilir (Spann ve Schumann, 2010). Ayrıca bitki besin elementleri, savunma metabolitlerinin (kalloz, glukozinolatlar, lignin, fenoller ve fitoaleksinler) sentezinde yer alan enzimleri doğrudan aktive ederek veya dolaylı yoldan mikrobiyal aktiviteyi, kök eksüda bileşimini ve rizosfer pH modülasyonunu değiştirerek bitki sağlığını potansiyel olarak etkileyebilmektedir (Datnoff vd., 2007).

Bitki besin elementleri ışık, nem ve sıcaklık gibi abiyotik faktörlerden etkilenmektedir. Bu duruma örnek olarak, yüksek ışık yoğunluğunda bitkide fosfor (P) miktarının azaldığı ve daha sonrasında saçak kök oluşumunda artışa neden olduğu Wen vd. (2017) tarafından rapor edilmiştir.

Bitkiler için temel gerekli besinler hastalık şiddetini etkileyebilmektedir (Huber ve Graham, 1999). Ancak, genel bir kural yoktur. Bazı besin maddelerinin diğerlerine göre bitki hastalıkları üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir. Belirli bir besin maddesi bir hastalığın şiddetini azaltabilirken, başka hastalıkların şiddetini artırabilir veya farklı bir ortamda tamamen zıt bir etkiye sahip olabilmektedir (Marschner, 1995; Graham ve Webb, 1991; Huber, 1980).

2.8.1. Potasyum (K)

Potasyum elementi bitki gelişimi ve metabolizması için temel bir besin maddesidir ve bitkide en çok bulunan inorganik katyondur (Shabala ve Pottosin, 2010). Enzim aktivasyonu, protein sentezi, fotosentez, osmoregülasyon, stomaların açılıp kapanması, enerji transferi, katyon-anyon dengesi, su ve besin taşınımı, stres direnci (Marschner, 2012) gibi bitkinin çeşitli hayati biyokimyasal ve fizyolojik işlevleri için gerekli bir elementtir (Marschner, 1995; Wang vd., 2013). Ayrıca, bitkinin verim ve kalitesinde önemli bir role sahiptir (Marschner, 2012; Oosterhuis vd., 2014).

Bitkide bulunan potasyum, savunma mekanizmasını harekete geçirerek dayanıklılıkta rol oynayan metabolik ürünlerin (flavonoidler ve fitoaleksinler) birikimini teşvik etmek suretiyle hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığın oluşumunda rol oynamaktadır (Sarwar, 2012). Potasyumun, bitki epidermal hücrelerinin dış duvarlarının daha kalın gelişimini teşvik ederek patojenlerin bitkiye girişini engellediği tespit edilmiştir (Dordas, 2008). Ayrıca potasyum, farklı biyotik streslere maruz kalan bitkilerin hayatta kalmasına büyük ölçüde katkı sağlamaktadır (Pettigrew, 2008).

Potasyum noksanlığında bitkiler pek çok hastalıklara karşı daha duyarlı hale gelmektedir. Potasyumun hastalık gelişimi üzerine etkisi hakkında net bir bilgi olmasa da fungus, bakteri, virüs ve nematodların neden olduğu birçok hastalığın şiddetini azalttığı tespit edilmiştir (Elmer ve Datnoff, 2014). Bitkilere potasyum uygulamasının bazı hastalıklar için enfeksiyonu azalttığı yönünde bulgular olsa da başka hastalıklar için enfeksiyonu arttırdığı rapor elde edilmiştir. Bu yüzden potasyumun bitki hastalığı üzerindeki etkisi "artmış", "azalmış" ve "etkisi yok" veya "değişken etkiye sahip" olarak sınıflandırılmıştır (Prabhu vd., 2007).

Mısır bitkisinde *Fusarium graminearum*'un sebep olduğu gövde çürüklüğü hastalığı ortalama %10-50 arasında verim kaybına neden olmaktadır. Üretim süreci kapsamında bitkiye uygulanan potasyum elementi hem parankima hem de epidermis hücrelerinin duvarını kalınlaştırarak mekanik bir bariyer oluşturduğu aynı zamanda hücre içerisindeki golgi cisimciği oluşumunu teşvik ederek hücre içine bol miktarda sekonder metabolit taşınmasını sağladığı belirlenmiş ve hastalığı engellediği rapor edilmiştir (Sharma vd., 2005, Liu vd., 2007, 2008).

Patates bitkisinde, potasyumlu gübrelemenin geç yanıklık (*Phytophthora infestans*), kuru çürüklük (*Fusarium* sp.), patates tozlu uyuzu (*Spongospora subterranean*) ve erken yanıklık (*Alternaria solani*) gibi çeşitli hastalıkların görülme oranını azalttığı bulunmuştur (Marschner, 1995). Ayrıca buğdayda yaprak yanıklığı hastalığının şiddetini azalttığı rapor edilmiştir (Sharma vd., 2005). Bunun yanı sıra bitki yapraklarına püskürtme şeklinde uygulanan KCI' nin, fungus sporlarının çimlenmesini engelleyerek buğdayda Septoria yaprak lekesi ve külleme enfeksiyonunu baskıladığı gözlemlenmiştir (Mann vd., 2004). Potasyum uygulamasının Helminthosporium yaprak yanıklığı hastalığının şiddetini azaltabildiği ve buğdayda tane verimini artırdığı rapor edilmiştir (Sharma ve Duveiller, 2004;

Sharma vd., 2005).

Potasyum noksanlığında ise yapraklar soluk bir renge dönüşmektedir ve bu da yaprak bitleri için daha cezbedici olmakta ve aynı zamanda virüslerin taşınmasının artmasına neden olmaktadır (Marschner, 1995; Oosterhuis vd., 2014).

2.8.2. Fosfor (P)

Bitkide azottan sonra en yaygın olarak bulunan ikinci besin maddesidir. Deoksiribonükleik asit (DNA), ribonükleik asit (RNA), adenosin trifosfat (ATP) gibi organik moleküllerin yapısında bulunmaktadır. İlaveten hem bitkide hem de patojende gerçekleşen birçok metabolik süreçte yer almaktadır (Tripathi vd., 2022) ve bitkilerin hastalıklara karşı direncinin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Griffith, 2011; Karaman vd., 2012).

Kök çürüklüğü sebebi toprak kökenli fungusları, birçok ekonomik değeri olan bitkilerde ve süs bitkilerinde görülen virüs hastalıklarını kontrol etmek için uygulandığında fosforun faydalı olduğu görülmüştür (Huber ve Graham, 1999). Fosforlu gübrelemenin buğdayda *Pythium* kök çürüklüğünün kontrol altına alınmasında (Huber, 1980) ve çeltik bakteriyel yaprak yanıklığının, mildiyö, mavi küf, tütünde yaprak kıvrılma virüsü (TLCV), soya fasulyesinde bakla ve kök yanıklığı, arpada sarı cücelik virüsü (BYDV), şeker kamışında kahverengi şerit hastalığı ve çeltik yanıklığı hastalığının azaltılmasında önemli etkisi olduğunu rapor edilmiştir (Reuveni vd., 1998; Huber ve Graham, 1999; Kirkegaard vd., 1999; Reuveni vd., 2000). Ayrıca P, tahıl ürünlerinde hem göçerten hastalığını (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) hem de *pythium* kök çürüklüğü enfeksiyonunu azaltmıştır (Kiraly, 1976; Huber, 1980).

Fosforun hastalıklar üzerine etkisi toprak pH'sı ile de bağlantılıdır. Asidik topraklarda Fe, Al ve Mn ile reaksiyona girmesiyle fosfor daha az kullanılabilir hale gelmektedir. Alkali topraklarda ise Ca ile reaksiyona girerek fosfor kullanılabilirliği azalmaktadır (Elmer ve Datnoff, 2014). Bu nedende, toprak pH'sı fosfor mevcudiyetini korumada ve kök sağlığında oldukça önemlidir. Toprak pH'ı asidik iken yüksek fosfor dozunun *Fusarium* solgunluğunu teşvik ettiği, pH'ın bazik olduğu durumda ise hastalık gelişimini engellediği bilinmektedir (Karaman vd., 2012).

Yapraktan uygulanan fosforun hıyar, gül, üzüm, mango ve nektarin bitkilerinde külleme hastalığına karşı lokal ve sistemik bir koruma sağladığı belirtilmiştir (Reuveni

ve Reuveni, 1998). Ayrıca, P uygulaması domatesta *Fusarium* ve tütünde *Pseudomonas tabaci*'ye karşı direnci artırırken, tütünde Tobacco mosaic virus (TMV) ve hıyarda Cucumber mosaic virus (CMV)'e karşı direncin azaldığı tespit edilmiştir (Király, 1976). Diğer bazı çalışmalar P uygulamasının şeker kamışında pas, birçok bahçe bitkisinde Sclerotinia ve buğdayda sürme (flag smut) hastalıklarının şiddetini artırabileceğini bildirmiştir (Huber, 1980).

2.8.3. Azot (N)

Azot, bitkilerde gerçekleşen pek çok fizyolojik ve biyokimyasal olayda önemli rol oynamaktadır (Fageria, 2009). Azot, amino asit, enzim, hormon, fenolik bileşik, fitoaleksin ve proteinlerin yapısında yer almaktadır ve bunların tümü hastalık gelişimi üzerinde doğrudan etkiye sahip olabilmektedir (Elmer ve Datnoff, 2014). Bu nedenle azotun bitki hastalıkları üzerindeki etkisi hakkında kapsamlı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Fakat yapılan çok sayıdaki bilimsel araştırma arasında, çelişen birkaç rapor mevcuttur ve bu tutarsızlığın nedeni tam olarak anlaşılamamıştır (Huber ve Watson, 1974; Büschbell ve Hoffmann, 1992; Marschner, 1995; Hoffland vd., 2000; Bahadır vd., 2017; Verma vd., 2017b).

Savunma mekanizmasında görev alan enzimler, patojenle mücadelede bitkilerin sahip olduğu önemli kaynaklardır. Azotun konukçu-patojen etkileşimi sırasında bu enzimlerin uyarılmasında rol aldığı bilinmektedir (Ngadze vd., 2012).

Sıcaklık, bitkideki metabolik faaliyetleri ve ayrıca topraktaki azotun varlığını etkileyen abiyotik faktörlerden birisidir. Azot, yüksek toprak sıcaklığından etkilenmektedir (Lukac vd., 2011) ve bitki tarafından N alımı sıcaklıkla pozitif olarak ilişkilendirilmiştir (Dong vd., 2001).

Yapılan çalışmalara bakıldığında, azot noksanlığı ve fazlalığı durumlarında bitki hastalıkları arasında önemli ilişkilerin olduğu ve her bir ayrı durumun bitkinin hastalıklara karşı gösterdiği direnç mekanizmasında farklı etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur. Azot noksanlığı yaşayan bitkiler, obligat parazit patojenler için besin ortamı sağlayamazken, fazla azot diğer patojenlere karşı bitkide savunma bileşiklerinin üretimini engelleyebilmektedir (Huber, 1980; Huber ve Watson, 1974). Obligat ve fakültatif parazitlerde azotun etkisinin farklı olduğu görülmektedir. Obligat parazit olan *Puccinia graminis* ve *Erysiphe graminis* etmenlerinin yüksek azot miktarında şiddetli enfeksiyona neden oldukları gözlemlenirken, fakültatif parazit olan

Alternaria, *Fusarium* ve *Xanthomonas* spp., etmenlerinde ise enfeksiyon şiddetinin azaldığı tespit edilmiştir. Azot konukçu bitkinin morfolojisinde ve fizyolojisinde değişikliklere neden olmaktadır. Obligat ve fakültatif parazitlerde azot etkisinin farklılığı, bu iki parazit türünün beslenme gereksinimlerinden kaynaklanmaktadır (Dorsas, 2008).

Azotun mildiyö, külleme, yaprak pası, kök çürüklüğü ve çeltik yanıklığı gibi bitki hastalıklarının insidansını arttırırken, çökerten, kurşuni küf ve yaprak lekesi gibi hastalıkların insidansını azalttığı yönünde aksi sonuçlar bildirilmiştir (Krupinsky vd., 2007; Lecompte vd., 2010). Bu farklılıklar, konukçu bitkinin N ile beslenme şekline (Huber ve Watson, 1974; Celar, 2003; Harrison ve Shew, 2001), patojenin türüne (zorunlu ve fakültatif parazit olması) (Büschbell ve Hoffmann, 1992; Marschner, 1995) veya N uygulamasının gelişim aşamasına (Carballo vd., 1994) bağlı olabileceği bildirilmiştir.

Yüksek azot miktarında, bitkilerin enfeksiyona karşı savunma sisteminin bir parçası olan fenolik bileşiklerin sentezinde yer alan enzimlerin daha düşük aktiviteye sahip olduğu ve fenolik bileşiklerin içeriğinin azaldığı ve lignin içeriğinin ise daha düşük olabileceği rapor edilmiştir (Meena vd., 2014; Shrivastava vd., 2016; Meena vd., 2015; Bahadur vd., 2016; Das ve Pradhan, 2016; Nath vd., 2017; Sarkar vd., 2017; Verma vd., 2017). Ayrıca yüksek N miktarında Si içeriğinin de azaldığı bildirilmiştir (Grosse-Brauckmann, 1957; Volk vd., 1958).

Konukçu bitkilerin yüksek N oranlarına karşı artan duyarlılığının ana nedeni çeşitli anatomik ve fizyolojik değişikliklerdir. Last (1962), arpa küllemesinin (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) yüksek azot miktarında enfeksiyon şiddetini arttırdığını gözlemlemiştir.

Bitkilerde aşırı N'lu gübre kullanımı, kalın doku (succulent) büyümesini teşvik eder ve bitki örtüsünün iyileştirmenin yanı sıra hücreler arası boşluklarda apoplastik amino asit konsantrasyonunda artışa neden olur, bunun sonucunda patojen sporlarının gelişmesini destekler (Neumann vd., 2004; Dordas, 2008). Aşırı azotun çok sayıda sera bitkisinde Botrytis kurşuni küf hastalığının şiddetini arttırdığı da bildirilmiştir (Dik ve Wubben, 2007; Yermiyahu vd., 2006).

Düşük azot koşullarında yetişen bitkilerde, savunma ile ilgili bileşiklerin sentezinde bir artış gözlemlendiği için patojenlere karşı daha iyi korunulduğuna

inanılmaktadır (Bryant vd., 1983; Herms ve Mattson, 1992; Hoffland vd., 1999; Wilkens vd., 1996; Hoffland vd., 2000). Bitkilere uygulanan azotun uygulama zamanının da hastalık gelişimi üzerinde etkiye sahip olabileceği bildirilmektedir (Elmer ve Datnoff, 2014).

Azot kullanımının bitki hastalıkları üzerinde farklı etkiye sahip olduğu belirtilirken, aynı zamanda farklı N formlarının da (NH_4 ve NO_3 formu) hastalık direnci üzerinde farklı etkileri olduğu bildirilmiştir. (Bolton ve Thomma, 2008; Mur vd., 2017). Farklı azot formları ile hastalığın baskılanmasını yöneten temel mekanizmaların çoğu, toprak pH' sı ile ilgilidir (Smiley ve Cook, 1973). Amonyum toprağı asitleştirirken, nitrat ortamın pH'sını artırmaktadır. Kök bölgesinin asitleşmesi ayrıca çinko, bakır, manganez ve demir oksitlerini çözündürür ve bu maddelerin bitki tarafından alımını artırmaktadır (Elmer ve Datnoff, 2014).

Bu duruma örnek olarak nitrat formunda uygulanan azotun kuşkonmaz, fesleğen, pancar, karanfil, tütün, domates ve karpuz bitkilerinde *Fusarium* solgunluğu ve kök çürüklüğü enfeksiyonlarının şiddetini arttırdığı, azot amonyum şeklinde uygulandığında enfeksiyonun daha az şiddetli olduğu bildirilmiştir. *Gaeumannomyces* spp., *Thielaviopsis* spp. ve *Verticillium* spp. patojenlerinin neden olduğu enfeksiyonlarda ise $\text{NH}_4\text{-N}$ enfeksiyonu baskılarken, $\text{NO}_3\text{-N}$ ' in enfeksiyon gelişimini desteklediği gözlemlenmiştir (Elmer ve Datnoff, 2014).

G. graminis' in neden olduğu buğdayın kök çürüklüğü hastalığı, NH_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4Cl ve $(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$ gibi amonyak formunda nitrojen sağlayarak baskı altına alınabilmektedir (Huber, 1989). Bunun yanı sıra patlıcanda, nitratin yerine amonyum içeren azot gübresi kullanıldığında *Verticillium* solgunluğunun baskılandığı ve verimde %20 artışa neden olduğu tespit edilmiştir (Elmer ve Ferrandino, 1994).

Bazı çalışmalarda ise bu sonuçlara uymayan veriler elde edilmiştir. Farklı N formları, pH'a duyarlı kök kaynaklı hastalıkların aktivitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilmektedir. Amonyum bazlı gübrelerin kullanımı bazı hastalıkların (örneğin; *Phytophthora* kök çürüklüğü, *Fusarium* solgunluğu ve *Fusarium* taç ve kök çürüklüğü) görülme sıklığını artırabilirken, nitrat bazlı gübreler genellikle ters etkiye sahiptir (McGovern, 2015). Toprak kaynaklı patojenler için durum daha karmaşık bir hal almaktadır, zira kök yüzeyinde toprağın geneline kıyasla çok daha fazla mikroorganizma bulunmaktadır (Bhaduri vd., 2014).

Azot ve diğer besin maddeleri arasındaki etkileşimin de hastalık direncini etkilediği görülmektedir. Örneğin, NO_3^- uygulaması K alımını uyarırken, NH_4^+ K alımı ile rekabet içindedir (Marschner, 1995). Doğru K beslemesinin bitkileri hastalık ve zararlılardan koruduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, azotun NO_3^- olarak alınmasının, NH_4^+ a göre bir dereceye kadar hastalık direnci sağladığı bildirilmiştir. Buna ek olarak, yüksek seviyelerde N uygulamasıyla Si içeriğinde bir azalma olur ve bu da hastalık toleransını etkileyebilmektedir (Gupta vd., 2017).

Önceki çalışmalar incelendiğinde, bitki virüsleri ve besin maddeleri arasındaki ilişkileri araştıran çalışma sayısının fungus ve bakterilere göre oldukça az olduğu görülmektedir. Azot uygulamasının bitkide virüs enfeksiyonuna veya virüsün çoğalması üzerindeki etkisi hakkında çok az çalışma mevcuttur. Çoğu durumda mineral beslenme ile virüs hastalıkları arasındaki ilişki çok açık değildir (Ekbiç vd., 2017). Virüsün yapısı özellikle N ve P bakımından zengindir (Nass vd., 1998), yani virüs partikülleri P bakımından zengin nükleik asitler ve N bakımından zengin proteinlerden oluşurlar (Hurst, 2000), bu da virüs replikasyonunda konukçu içerisindeki N ve P miktarının önemini göstermektedir.

Patates Y virüsü (Potato virus Y; PVY) birçok bitkide verimi etkileyen önemli bir bitki patojenidir. Tipik yaprak belirtileri arasında damar nekrozu, yaprak dökülmesi ve ara sıra görülen mozaik belirtisi yer almaktadır. Azotlu gübrelemenin PVY'nin neden olduğu verim kaybı üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğunu belirlemek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Çalışma kapsamında 3 patates çeşidi (Russet Norkotah, CO80011-5 ve Russet Burbank) kullanılmıştır. Hafif belirti gösteren Russet Norkotah ve CO80011-5 çeşitlerinde verimde yaklaşık %38 azalma görülürken, tipik belirti gösteren Russet Burbank'ta %63,5 oranında olmuştur. Çalışma sonucunda artan azotun toplam verimi etkileyebileceği, ancak PVY enfeksiyonuna bağlı verim düşüşünü önemli ölçüde azaltmadığı sonucuna varılmıştır (Whitworth vd., 2006).

Selman (1945) yaptığı bir çalışmada orta ve yüksek düzeyde sulama koşullarında N, P uygulamasının sera marulunun Marul mozaik virüsü (Lettuce mosaic virus; LMV)' ne karşı duyarlılığı üzerindeki etkisini incelemiş, N ve P'nin duyarlılık üzerindeki etkilerinin, bitki büyümesi üzerindeki etkilerine aşağı yukarı paralel olduğunu saptamıştır. Sulama miktarının orta düzeyde olması durumunda yüksek azot seviyesinin virüse hassasiyeti artırdığı, daha sık sulama durumunda hassasiyetin artmadığı belirtilmiştir.

Rischkov ve Smirnova (1939), N noksanlığı gösteren ve göstermeyen bitkilerde TMV'nin aynı konsantrasyona ulaştığını belirtirken, Spencer (1939), konsantrasyonun doğrudan konukçu bitkiye sağlanan nitrojen miktarına bağlı olduğunu belirlemiştir. Yüksek miktarda azot uygulanan bitkilerde bitki özsuyundaki virüs konsantrasyonunun, N eksikliği olan bitkilerdekinden 80 kat daha fazla olduğu belirtilmiştir.

1998-1999 yıllarında gerçekleştirilen bir çalışmada, azot uygulamasının ve su stresinin biber bitkisinde Hıyar mozaik virüsü (Cucumber mosaic virus; CMV), PVY ve Domates lekeli solgunluk virüsü (Tomato spotted wilt virus; TSWV) enfeksiyonlarının insidansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Dört azot gübreleme dozu (0, 100, 200 ve 300 kg/ha) ve iki sulama rejimi (ilk bitkinin maksimum evapotranspirasyon miktarını tamamlayacak düzeyde, diğeri su stresi oluşturacak düzeyde) uygulanmıştır. Viral enfeksiyonlar semptomatolojik, biyolojik, immünoenzimatik ve immüno-spesifik elektron mikroskobu testlerine dayanarak doğrulanmıştır. N oranı artışı ile biber bitkilerinde TSWV enfeksiyonunun görülme sıklığı arasında pozitif bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle, 1998 yılında 200 ve 300 N Kg/ha uygulandığında enfekte olmuş bitkilerin yüzdesi N uygulanmayan toprakta %17'den %93'e kadar değişkenlik göstermiştir. İkinci yılda, en yüksek enfeksiyon yüzdesi (%70) en çok azot gübresi verilen uygulamada bulunurken, 200, 100 ve 0 N kg/ha ile sırasıyla %55,1, 30,1 ve 10,3'e düşmüştür. Su rejimi ikinci yılda TSWV yayılımını etkilemezken, 1998 yılında 100 N Kg/ha ile gübre verilen ve iyi sulanan bitkilerde enfeksiyon yüzdesinin %19,1'den su stresi yaşayan bitkilerde %69,1'e yükselmesine neden olmuştur (Camele vd., 2000).

Bir başka çalışmada, azot kaynağının tütün bitkilerinde TMV' nin çoğalma oranına etkisi araştırılmıştır. Çalışma kumda gerçekleştirilmiş ve düşük, orta veya yüksek miktarda azot içeren besin çözeltileri verilmiştir. Virüs inokulasyonundan sonra 5 gün gibi erken bir zamanda genç tütün bitkilerinde virüsün varlığı tespit edilmiştir. Düşük seviyede azot uygulanan bitkilerdeki virüs çoğalmasının, daha fazla azot uygulanan bitkiler kadar (%35) olduğu görülmüştür. İnokulasyondan sonraki 4. günden 12. güne kadar, düşük azot uygulanan bitkilerden elde edilen bitki özsuyunun virüs protein içeriği yaklaşık 20 kat artarken, yüksek azot uygulanan bitkilerden elde edilen bitki özsuyunun virüs protein içeriği 200 kattan fazla artmıştır. Orta düzeyde azot uygulaması yapılan tütün bitkilerinde ise ilave azot uygulamasından sonra daha

yüksek virüs aktivitesine ulaşılmıştır. Azot miktarındaki artışın virüs aktivitesini yükselttiği, bu durumun virüs çoğalmasında azotun olumlu katkı yapması nedeniyle olabileceği vurgulanmıştır (Spencer, 1941).

Besin kısıtlamasının konukçu bitkilerdeki virüs gelişimi üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini karşılaştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada, konukçu bitki olarak yabani çim (*Bromus hordeaceus*) ve viral patojen Arpa sarı cücelik virüsü (Barley yellow dwarf virus; BYDV)-PAV ırkı kullanılmıştır. Serada yürütülen bu çalışmada, bitki besin maddelerinden azot ve fosforun varlığının, virüs gelişimi üzerindeki durumu analiz edilmiştir. Toprağa azot ilavesinin konukçu dokularda virüs konsantrasyonunu artırdığı ve bu etkinin konukçu bitkinin gelişmesi ile bağlantılı olduğu belirtilmiştir. Özellikle konukçu biyokütle artışı, yaprak azotu ve yaprak fosforunun rollerini değerlendiren istatistiki analizlerde, virüs çoğalmasının her iki elementin konsantrasyonundan ziyade, daha çok konukçu biyokütlesindeki artış ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Ayrıca, azot içeriği düşük topraklarda, büyük bitkilerde daha yüksek virüs konsantrasyonları elde edilirken, yüksek azot içeren topraklarda küçük bitkilerin daha fazla virüs içerdiği belirlenmiştir. Araştırmacılar virüs miktarındaki artışın, besin elementinin bitki gelişim oranına pozitif etkisinin dolaylı bir sonucu olduğunu rapor etmişlerdir (Whitaker vd., 2015).

2.9. Virüs ile Enfekteli Bitkilerin Su Stresi Koşullarında Gelişimi

Bitkiler doğaları gereği yaşamları boyunca dış çevre ile sürekli etkileşim halindedirler, fakat her zaman uygun çevre şartları altında bulunmazlar. Olumsuz çevre şartları bitki tarafından stres olarak algılanmakta ve bitkilerin büyüme, gelişme veya verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bitkilerde stres kısaca bitkinin gelişimini, üretimini ve yaşam formlarının tüm süreçlerini etkileyen herhangi bir dış faktör olarak tanımlanabilmektedir. Bu stres faktörleri biyotik ve abiyotik olmak üzere iki ana bölüme ayrılmaktadır (Biyotik faktörler; enfeksiyon oluşturan mikroorganizmaları (fungus, bakteri ve virüs), zararlı hayvanları (böcekler, nematodlar) kapsayan bir durumdur. Abiyotik faktörler ise yüksek ve düşük sıcaklık, don, kuraklık, tuzluluk, ağır metaller ve yetersiz oksijen gibi çevre faktörlerini içermektedir (Hirayama ve Shinoza, 2010).

Stresten etkilenen bitkilerin morfolojik ve fizyolojik işlevlerinde birçok anormallikler görülmektedir. Düşük seviyede veya kısa süreli strese maruz kalan bitkilerde daha hızlı iyileşme görülmekte ve oluşan hasar geçici olabilmektedir. Fakat

yüksek seviyede veya daha uzun süreli strese maruz kalan bitkilerde çimlenme, üreme ve büyüme gibi gelişim süreçleri engellenmekte ve bu da bitkinin ölümüne yol açabilmektedir.

Kuraklık, tuzluluk, aşırı sıcaklık gibi abiyotik stres faktörleri tarımsal faaliyetlerin sekteye uğramasına neden olmakta ve bitkisel verim kaybının birincil nedenleri arasında yer almaktadır. Aynı zamanda kültür bitkilerinde ortalama verimi %50'den fazla azalttığı bilinmektedir (Wang vd., 2004). Bu faktörlerin aynı zamanda virüslerin yoğunluğunu ve şiddetini de değiştirdiği bilinmektedir (Tenllado ve Canto, 2020). Virüslerin abiyotik stres koşulları altında konukçu bitkilerinin yaşam süresini uzatabildiği ve de bitkiye fayda sağlayabileceği yönünde birkaç rapor mevcuttur. Virüslerin ekolojik rolleri çoğunlukla bilinmemekle beraber viral enfeksiyonunun bitkilerin abiyotik strese karşı toleransını artırdığı ve bunun da enfekteli bitkilerde artan ozmoprotektan ve antioksidan seviyeleri ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Xu vd., 2008). Virüsün, konukçu bitkinin ve içinde bulunduğu çevreye bağlı olarak, virüs ve bitki arasındaki etkileşimin mutualizimden patojenik duruma kadar değişebileceği bildirilmiştir (Roossinck, 2011).

En önemli abiyotik stres faktörlerinden birisi olan su stresi/kuraklık bitkilerde önemli verim kayıplarına neden olmaktadır ve dünya çapında tarımsal üretimi tehdit eden başlıca abiyotik stres faktörlerinden birisidir (Lesk vd., 2016). Ayrıca kuraklığın tek başına, tüm bitki patojenlerinin neden olduğu verim kaybından daha yüksek verim kaybına neden olduğu belirtilmiştir (Naylor ve Coleman-Derr, 2018).

Kuraklık, bitki su potansiyelini ve turgor basıncını etkileyerek bitkinin fizyolojik ve morfolojik özelliklerini değiştirmektedir (Rahdari ve Hoseini, 2012). Su stresi yaşayan bitkilerde fotosentez oranı düşmekte, büyüme ve gelişmede önemli ölçüde azalma meydana gelmektedir. Aynı zamanda bitki yapraklarının su oranındaki azalma, stomaların kapanmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra hücre içerisinde kaybedilen su hücre membran yapısında bir takım değişikliğe neden olarak plazma zarında deformasyona yol açmaktadır. Kuraklık stresi aynı zamanda, bitki-virüs etkileşimini de büyük ölçüde etkilemektedir (Bergès vd., 2018).

González vd., (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, su stresi altında gelişen bazı bitki patojeni virüslerin zaman içerisinde evrimleşmesiyle bitki adaptasyonunu modüle ettiği ve bitkinin kuraklığa karşı toleransının artmasına neden olduğu gösterilmiştir. Su kısıtı koşullarında evrimleşen virüs ırklarının, tam sulama koşulları

altında evrimleşenlere kıyasla, konukçu bitkilere önemli ölçüde daha yüksek kuraklık toleransı kazandırdığı bilinmektedir (Poudel vd., 2021).

Giderek artan sayıdaki çalışma, viral enfeksiyonların abiyotik strese karşı bitki toleransının artmasına neden olabileceğini göstermektedir (Aguilar vd., 2017; Anfoka vd., 2016; Westwood vd., 2012; Xu vd., 2008). Bu viral etkilerin altında yatan moleküler mekanizmaların tanımlanmasının henüz bilinmeyen stres tolerans stratejilerinin kilidini açabileceği ve strese dirençli bitkilerin üretilmesini sağlayabileceği fikrini ortaya çıkarmaktadır.

Virüs ile enfekteli pancar, domates, pirinç, karpuz ve tütün gibi bazı kültür ve yabani bitkilerde kuraklık stresine karşı toleransın arttığı kaydedilmiştir (Xu vd., 2008; Dastogeer vd., 2018). Bu kayda değer gözlemin altında yatan mekanizma bilinmemekle birlikte, virüs enfeksiyonun bitki hücresindeki su içeriğini, su tutma oranını ve salisilik asit (SA) ile bitkide bazı ozmoprotektan ve antioksidan seviyelerini artırarak bitkiyi su kısıtı koşullarına karşı daha toleranslı hale getirdiği belirlenmiştir (Xu vd., 2008). Salisilik asidin bitkinin abiyotik strese karşı toleransını artırmadaki rolü bilinmektedir (Singh ve Usha, 2003).

Tütün (*Nicotiana benthamiana*) bitkisi CMV, TMV, TRV ve BMV gibi farklı konukçu aralığına sahip virüsler tarafından enfekte edildiğinde, tütün bitkisinin su kısıtı koşullarında daha uzun süre hayatta kaldığı rapor edilmiştir (Xu vd., 2008). Çoğu durumda virüs enfeksiyonu, bitki büyümesinin yavaşlamasına ve daha kısa olmasına neden olmaktadır (Hull, 2013). Buna bağlı olarak da bitkide düşük su tüketimine yol açarak şiddetli kuraklık ortamında bitkinin hayatta kalmasına neden olmaktadır. Viral enfeksiyon, dokuların su içeriğini değiştirebilir ve bitkinin kuraklığa karşı daha toleranslı olmasına yardımcı olan metabolik bileşiklerin üretimine ve hareketine neden olabilmektedir (Hull, 2013). Dahası, TMV ile enfekteli tütün bitkilerinde absisik asit (ABA) seviyelerinde radikal bir şekilde artış gözlemlenmiştir (Whenham vd., 1986). Ancak bunun virüs enfeksiyonuna karşı bitkinin olağan bir tepkisi olup olmadığı açık değildir. Başka çalışmalarda ise su stresine karşı geliştirilen toleransın ABA'dan bağımsız bir mekanizma tarafından düzenlenebileceği öne sürülmektedir (Corrales-Gutierrez vd., 2020). Aguilar ve vd. (2017), virüsle enfekte olmuş bitkilerde salisilik asit (SA) indüksiyonunun dolaylı olarak kuraklığa karşı toleransı etkilediğini belirtmişlerdir (Aguilar vd., 2017).

Tütün (*Nicotiana benthamiana*) bitkisinin kısıtlı sulama koşullarında dört RNA

virüsünden herhangi birisi [Brome mosaic virus (BMV), CMV, TMV veya Tobacco rattle virus] ile enfeksiyonu sonucunda, enfekte olmamış kontrol bitkilerine kıyasla kuraklık semptomlarının başlaması gecikmiştir. Benzer bir etki ise CMV ile inokülasyon sonucunda pancar, hıyar, *Chenopodium amaranticolor*, biber, kabak, *Solanum habrochaites* (domatesin yabani bir akrabası), domates ve karpuz gibi diğer birkaç kültür ve yabani üründe de kuraklık stresine karşı daha iyi tolerans kaydedilmiştir (Xu vd., 2008). Benzer bir etki BMV ile enfekteli çeltik bitkisinde ve CMV ile enfekteli domates, karpuz, kabak, hıyar, biber ve pancar gibi ekonomik açıdan önemli ürünler de dahil olmak üzere kuraklığa karşı toleransın arttığı gözlemlenmiştir.

Xu vd. (2008) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, CMV ile enfekteli bitkilerde bitki su içeriğinin ve su tutma oranının arttığı ve bunun da virüs ile enfekteli bitkilerde stomaların kapanmasına ve transpirasyonun da azalmasına neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, Davis vd. (2015) tahıllarda enfeksiyona neden olan Barley yellow dwarf virus'un akut su stresi koşullarında buğday gelişimini desteklediğini belirtmişlerdir.

Biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki etkisi üzerinde bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, kuraklık stresi ve CMV enfeksiyonunun kombinasyonunun sera koşullarında domates bitkilerinin bazı fizyolojik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. CMV ile enfekteli ve enfekteli olmayan domates bitkilerine dört sulama seviyesi (%100, %80, %60 ve %40) uygulanmıştır. İki hafta sonra, bitkinin oransal su içeriği (RWC), bitkide çözünmüş olan anyon ve katyonların yıkanması (EL), klorofil ve karotenoid içerikleri dahil olmak üzere bazı fizyolojik özellikleri ölçülmüştür. Analiz sonucunda, CMV' nin kuraklık semptomlarının ortaya çıkmasını geciktirdiği gözlemlenmiştir. Kuraklık stresinin CMV enfeksiyonunun belirtilerini iyileştirdiği ve aynı zamanda bu domates bitkisinin tolerans seviyesini artıran abiyotik ve biyotik stres faktörleri arasında bir korelasyon olduğu sonucuna varılmıştır (Hosseini vd., 2018).

Şimdiye kadar mevcut olan sınırlı çalışmalardan, virüs enfeksiyonunun bitkinin su stresine karşı toleransını nasıl geliştirdiği yönünde net bir bilgi yoktur. Fakat virüsün bu etkisi bitkide meydana gelen morfofizyolojik değişiklikler ile açıklanabilir (Dastogeer vd., 2020). Bu yönde yapılacak daha fazla araştırma konuya ışık tutabilir.

Küresel iklim değişikliğinin etkileri nedeniyle tarıma elverişli topraklarda su

kaynaklarının etkin kullanımı giderek azalmaktadır. Toprak ve su kaynaklarının korunması, toplum yararına en iyi biçimde değerlendirilmesi ve geliştirilmesi, çağımızda tüm ülkelerin önde gelen problemleri arasında bulunmaktadır. Aynı zamanda kısıtlı su koşulları, dünya çapında bitkisel üretim için başlıca sınırlayıcı faktörlerden biri haline gelmiştir (Wollenweber vd., 2005). Su kaynaklarından yüksek düzeyde ve devamlı yarar sağlanabilmesi için bölge şartlarına uygun sulama sistemlerinin hazırlanması, bunun için de bitkilerin tükettikleri su miktarlarının bilinmesi gerekmektedir (Aydınşakir vd., 2003). Bu nedenle bitki-virüs-su kısıtı etkileşiminin temel mekanizmalarının ortaya çıkarılması su stresine karşı bitki toleransının belirlenmesinde önemli olacaktır. Aynı zamanda virüslerin konukçularına adaptasyonu ve evrimi daha iyi anlaşılacaktır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Tomato spotted wilt virus (TSWV) izolatu

Çalışmada kullanılan TSWV izolatu Dr. İlyas Deligöz (Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Bitki Sağlığı Bölümü)’ den temin edilmiştir. Biberde *Tsw* dominant dayanıklılık genini kırma özelliği vardır.

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Biber Çeşidi

Bu tez çalışmasında, TSWV’ e hassas “Kandil dolma” biber çeşidi (Arzuman) kullanılmıştır.

3.1.3. Bitki Yetiştirme Ortamı

TSWV’ye hassas ve dayanıklı biber bitkilerinin tohumlarının ekimi için steril torf ortamı (Klasmann) kullanılmıştır.

3.1.4. Yetiştirme Ortamının Su Tutma Kapasitesinin Hesaplanmasında Kullanılan Materyaller

İki tarafı açık 4,5 cm çapında plastik silindir, filtre kâğıdı, lastik bant, tül, 3-4 cm çapında alüminyum kap ve örneklerin kurutulması amacıyla etüv cihazı kullanılmıştır.

3.1.5. Virüs İnokulasyonunda Kullanılan Tampon Çözelti ve Diğer Malzemeler

İnokulasyonda, %0,1 oranında sodyum sülfat (Na_2SO_3) içeren %1’lik dipotasyum hidrojen fosfat (K_2HPO_4) çözeltisi kullanılmıştır. Biber hücre özsuyunda bulunan virüs inhibitörü maddeler için inokulasyon öncesi çözeltiye 0.02 M 2-merkaptan etanol ilave edilmiştir.

Enfekteli bitki dokusunun homojenize edilmesi için steril havan ve havan eli; yapraklarda yara açmak için aşındırıcı olarak silikon karbide (karborundum tozu, 400 mesh) (Sigma-Aldrich) ve Celite-545 (Merck) kullanılmıştır.

3.1.6. Bitki Besin Maddeleri

TSWV enfeksiyonunun farklı besin maddeleri ile ilişkisinin araştırılmasında, saf amonyum nitrat (NH_4NO_3), amonyum sülfat $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, magnezyum nitrat

[Mg(NO₃)₂], magnezyum sülfat [Mg(SO₄)₂] ve üre (CH₄N₂O) kullanılmıştır.

3.1.7. TSWV Antiserumu ve Konjugatı

DAS-ELISA yönteminde TSWV-spesifik poliklonal antiserumu ve konjugatı (Bioreba) kullanılmıştır.

3.1.8. ELISA Yönteminde Kullanılan Tampon Çözeltiler

ELISA yönteminin uygulanmasında farklı tampon çözeltiler kullanılmıştır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. ELISA’da Kullanılan Tampon Çözeltiler

Çözelti Adı	Kimyasal	Miktar
Kaplama	Sodium carbonate(Na ₂ CO ₃)	1.59 g
Tampon Çözeltisi (pH: 9.6)	Sodium hydrogen carbonate (NaHCO ₃)	2.93 g
		(1 litre)
Yıkama Tampon Çözeltisi (pH: 7.4)	Potassium chloride (KCl)	0.2 g
	Potassium phosphate, monobasic (anhydrous- KH ₂ PO ₄)	0.2 gr
	Sodium phosphate dibasic (anhydrous- Na ₂ HPO ₄)	1.15 gr
	Sodium chloride (NaCl)	8 gr
	Tween-20	2.5 ml
		(1 litre)
Örnek Tampon Çözeltisi	Sodium sulfite (anhydrous- Na ₂ SO ₄)	0.13 g
	Polyvinylpyrrolidone (PVP-40)	2 g
	Yağsız süt tozu	0.1 g
		(100 ml)
Konjugat Tampon Çözeltisi	Örnek tampon çözeltisi aynı zamanda konjugat tampon çözeltisi olarak kullanılmıştır.	
Substrat Tampon Çözeltisi (pH:9.8)	Diethanolamine	
	80 ml H ₂ O ilave edilir. Konsantre HCl ile pH: 9.8’ e ayarlanır. Daha sonra hacim su ile 100 ml’ye tamamlanır.	9.7 ml
		(100 ml)

3.1.9. Doygunluk Eksikliği Yüzdesi ve Oransal Turgidite Değerlerinin Belirlenmesinde Kullanılan Materyal

Bitki nispi su içeriğinin veya su doygunluğu açığının ölçülmesinde 50 ml’lik falkon tüp, saf su, hassas terazi, kâğıt havlu, pens ve örneklerin kurutulması amacıyla etüv cihazı kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Tohum Ekimi ve Biber Bitkilerinin Yetiştirilmesi

Biber tohumları, içerisinde torf bulunan 13x20 boyutundaki plastik kaplara ekilerek iklim odasında çimlendirilmiş ve daha sonra bitkiler 2-4 yapraklı döneme

ulaştığında içerisinde (1:4) oranında torf:perlite karışımı olan 13 cm çapındaki saksılara şaşırtılmıştır. Biber fideleri daha sonra Bitki Koruma Bölümü' ne ait 20°C/25°C (gece/gündüz) sıcaklık ve 16 saat fotoperiyoda sahip iklim odasında yetiştirilmiştir. Bitkinin yetiştirilmesinde periyodik olarak bitkileri sulamak için yağmur suyu, hassas terazi ve piset kullanılmıştır.

3.2.2. TSWV' nin Mekanik İnokulasyon Yöntemi ile Biber Bitkilerine Bulaştırılması

Mekanik inokulasyon, biber fidelerinin şaşırtma işleminden 18 gün sonra gerçekleştirilmiştir. TSWV izolatu ile enfekteli bitkilerden alınan yapraklar 0.01 M 2-mercaptoethanol içeren 0.1 M fosfat tampon çözeltisinde (%1 K_2HPO_4 + %0,1 Na_2SO_3) 1:10 oranında (1 g yaprak: 10 ml çözelti) sulandırıldıktan sonra, steril soğuk havan içerisinde homojenize edilmiştir (Mandal vd., 2008). İnokulasyon aşamasında aşındırıcı madde olarak 400 meshlik karborandum tozu (silicon carbide) ve celite kullanılmıştır. İnokulasyon öncesi 0.2 g enfekteli yaprak örneği, 0.02 g celite (%1) ve 0.02 gr (%1) karborandum tozu ilave edilmiş 2 ml tampon çözelti içerisinde homojenize edilmiştir (Mandal vd., 2001).

Elde edilen bitki öz suyundan 100' er mikrolitre alınarak 4-6 yapraklı dönemine ulaşan biber fidelerinin karşılıklı 2 yaprağına inokule edilmiştir (Şekil 3.1). İnokulasyon aşamasında, biber bitkilerinin aynı pozisyondaki yapraklarının eşit miktarda inokulum ile bulaştırılmasına dikkat edilmiştir. TSWV izolatu ile inokule edilen bitkilerin yaprakları musluk suyu altında yıkandıktan sonra, bitkiler 20°C/25°C (gece/gündüz) sıcaklık ve 16 saat fotoperiyoda sahip iklim odasında yeterli virüs çoğalması sağlanıncaya kadar muhafaza edilmiştir. İnokulasyondan 4 hafta sonra mekanik inokulasyonun başarısı ve virüsün varlığı DAS-ELISA yöntemi ile teyit edilmiştir.



Şekil 3.1 TSWV izolatının mekanik inokulasyonu

3.2.3. Yetiştirme Ortamının Su Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi

Bitki yetiştirme ortamında kullanılan torf:perlite karışımının su tutma kapasitesinin belirlenmesinde iki tarafı açık olan plastik silindirler kullanılmıştır. Silindirlerin bir tarafına filtre kâğıdı ve tül konularak lastik bantla kapatılmış ve bu işlem için toplam 5 adet plastik silindir kullanılmıştır. Öncelikle içi boş silindirler tartılarak boş ağırlıkları ölçülmüş sonrasında su tutma kapasitesinin hesaplanması için 1:4 oranında (240 g torf, 30 g perlite olacak şekilde) hazırlanan perlite:torf karışımından 5'er gram alınarak plastik silindirlere ilave edilmiştir. Hazırlanan silindirler, içerisinde su bulunan bir kaptan 24 saat bekletilerek doygunluk seviyesine ulaşılması hedeflenmiştir. Daha sonrasında ızgara zemin üzerine 5 adet silindir yerleştirilerek, silindirlerden fazla suyun akması için belli bir süre bekletilmiş ve silindirlerin yaş ağırlıkları ölçülmüştür (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Yetiştirme ortamının (perlit:torf) su tutma kapasitesinin (STK) ölçülmesi

Denemede kullanılan toprak örneğinin neminin belirlenmesi işlemi, gravimetrik yöntem esasına uygun gerçekleştirilmiştir. 1 kg ağırlığında olan saksılardan 1:4 oranında (240 g torf, 30 g perlit olacak şekilde) hazırlanan perlit:torf karışımından hassas bir şekilde belirli bir ağırlıkta toprak örneği alınarak yüksek sıcaklığa dayanıklı ve daraları belirli olan alüminyum kaplara konulmuştur. Bu işlem için darası belirli olan 2 adet alüminyum kap kullanılmıştır. Daha sonra içerisinde toprak örnekleri bulunan kapların ağırlıkları hassas terazi yardımıyla belirlenerek not edilmiş ve ardından 105°C’ de 24 saat boyunca sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmaya bırakılmıştır. Etüvden çıkarılan kapların ağırlıkları hassas terazi yardımıyla yeniden belirlendikten sonra iki tartım işlemi arasındaki fark alınarak, toprak örneğindeki suyun ağırlığı hesaplanmıştır. Plastik silindirlerin kuru ve yaş ağırlığı ve torf:perlit karışımının mevcut nem değerleri dikkate alınarak su tutuma kapasiteleri (STK) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Labuschagne ve ark., 1995).

$$STK = (Islak\ ağırlık \times 100) / Kuru\ ağırlık$$

Toprakta maksimum mikrobiyal aktivitenin genellikle toplam gözeneklerin %60’ının suyla dolu olduğunda gerçekleştiği bilinmektedir (Parkinson vd., 1996). Optimum bitki gelişimi için fiziksel toprak kalitesinin iyi bir indikatörü olarak toprakta ideal su tutma kapasitesi, toplam porozitenin %66’sı (tarla kapasitesi civarı) ve havalanma kapasitesinin ise toplam porozitenin %34’ünü sağlayan su dolu

gözeneklerden oluşmaktadır (Reynolds ve ark. 2002). Mevcut çalışmada yetiştirme ortamı olarak torf perlit karışımı kullanıldığından maksimum su tutma kapasitesi toplam gözenekliliği ifade ettiğinden, sulama konularının seçiminde, yetiştirme ortamında maksimum su tutma kapasitesinin %70'ini sağlayan sulama uygulaması tam sulama ve %30'unu sağlayan sulama uygulaması ise kısıtlı sulama uygulaması olarak seçilmiştir.

3.2.4. Bitki Besin Elementi Uygulamaları ve Farklı Sulama Rejimlerinin Kullanılması

Çalışmada 5 farklı besin maddesi [NH_4NO_3 , $\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$ ve Üre] kullanılmıştır. Her muamele 3 tekerrür içermiştir (Tablo 3.2). Bitkiler başlangıçta şaşırtıldıktan sonra, her bir saksıya 12 kg N \da hesabıyla NH_4NO_3 , $\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ve Üre kaynaklarından eşit düzeyde azot ilavesi yapılmıştır. Azota eşlik eden Mg ve SO_4 etkisini belirlemek için azot ilavesine eş değer aynı miktarda $\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$ ilavesi ayrı bir uygulama olarak yapılmıştır. Her bir besin maddesi 350 ml su ile karıştırılmış ve her bir saksı için ayrı ayrı 25 ml uygulanmıştır.

Bitkiler 9 haftalık deneme süresince 2 gün ara ile tartılarak eksilen su miktarı bitki gelişme ortamının tuttuğu maksimum su seviyesinin %70'i (tam sulama) ve %30'u (kısıtlı sulama) olacak şekilde sulanmıştır. Dolayısıyla çalışma toplamda 72 bitki ile gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Bitki Besin Elementi-Su-Virüs Enfeksiyonu İnteraksiyonuna Ait Uygulamalar

	%70 STK Sulama	Tekerrür	%30 STK Sulama	Tekerrür
TSWV-enfekteli	NH_4NO_3	3	NH_4NO_3	3
	$\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$,	3	$\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$,	3
	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	3	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	3
	$\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$	3	$\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$	3
	Üre	3	Üre	3
	Besin yok	3	Besin yok	3
Toplam		18		18
Sağlıklı	NH_4NO_3	3	NH_4NO_3	3
	$\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$,	3	$\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$,	3
	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	3	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	3
	$\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$	3	$\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$	3
	Üre	3	Üre	3
	Besin yok	3	Besin yok	3
Toplam		18		18
Genel Toplam: 72		36		36

3.2.5. Biber Bitkilerinin Gelişim ve Virüs Simptomu Yönünden Fenotipik Olarak Değerlendirilmesi

Farklı besin maddeleri uygulanan tam ve kısıtlı sulama koşullarında yetiştirilen enfekteli ve sağlıklı biber bitkileri virüs inokulasyonundan 4 ve 6 hafta sonra tek tek incelenmiş ve morfolojik özellikleri kayıt edilmiştir. Bitkilerin gövde, yaprak, çiçek ve meyve özellikleri, gelişme şekli, bitki boyu, yaprakların boyutu, ilk çiçek açma zamanı, çiçek sayısı, meyve şekli ve boyutu ölçüm ve gözlemlere dahil edilmiştir. Ayrıca bitkilerde gözlenen virüs belirtileri fotoğraflanmış ve belirti özellikleri kayıt edilmiştir.

3.2.6. DAS-ELISA Yöntemi ile TSWV Enfeksiyonunun Belirlenmesi

İnokule edilen bitkilerde TSWV enfeksiyonunu belirlemek amacıyla, deneme düzenini oluşturan 72 saksıda yetiştirilen biber bitkilerinin sürgün uçlarından yaprak örnekleri alınarak DAS-ELISA yöntemi ile test edilmiştir. Her ELISA tabağında (mikropleyt) negatif kontrol olarak sağlıklı örnek ve bir pozitif (TSWV-enfekteli) kontrol karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır. DAS-ELISA testi Clark ve Adams (1977)' a göre ve antiserumların temin edildiği Bioreba firmasının önerdiği prosedüre göre aşağıdaki gibi uygulanmıştır.

- Kaplama tampon çözeltisi içerisinde 1/1000 (v/v) oranında seyreltilen TSWV-poliklonal antiserumundan ELISA mikropleytinin her bir çukuruna 100 µl ilave edilmiş ve mikropleytin üzeri streç film ile kapatılarak 30 °C'de 4 saat inkübe edilmiştir.
- İnkübasyondan sonra her bir mikropleyt içerisindeki sıvı boşaltılmış ve yıkama tampon çözeltisi ile 3 kez yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir.
- Örnek olarak alınan yaprak örneklerinden 0.5 gr tartılmış, 1:10 oranında örnek tampon çözeltisi ile havan ve havaneli yardımıyla ezilerek bitki öz suları elde edilmiştir. Cam tüpler içerisine konulan bitki öz suları ELISA mikropleytinin her bir çukuruna 100 µl'lik miktarlarda ve iki tekerrürlü olacak şekilde konulmuştur. Daha sonrasında mikropleytin üzeri streç film ile kapatılarak +4 °C'de bir gece inkübe edilmiştir. Bu sürenin sonunda yıkama tampon çözeltisi ile örnekler 5 kez yıkanmıştır.
- Kullanımdan önce hazırlanan alkalın fosfataz enzimi ile işaretli IgG (Konjugat), konjugat tamponu çözeltisi içerisinde 1:1000 oranında

seyreltilerek ELISA mikroypleytinin her bir çukuruna 100 µl konulmuş ve 30°C’de 5 saat inkübasyona bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda ELISA mikroypleyti yıkama tampon çözeltisi ile 5 defa tekrar yıkanmıştır.

- Son aşama olarak ELISA mikroypleytinin her bir kuyusuna, substrat tampon çözeltisinde 1mg/ml olacak şekilde sulandırılan p-nitrophenyl phosphate solüsyonundan 100’er µl ilave edilmiştir. ELISA mikroypleti oda sıcaklığında karanlıkta 60-120 dk bekletildikten sonra ELISA okuyucuda 405 nm dalga boyunda absorbans değeri okunmuştur. Örnekler ift tekerrürlü çalışılmış olup her okuma sonucunda elde edilen negatif kontrol değeri 2 katı ve üzeri değeri veren örnekler pozitif olarak kabul edilmiştir (Uyemoto vd. 1989).

3.2.7. Bitki Toplam Biyokütlesinin Belirlenmesi

Dokuz hafta sonunda denemeye ait bütün uygulamalardaki biber bitkileri toprak seviyesinden kesilerek alınmıştır. Üzerindeki meyveler ile birlikte hasat edilen bitkilerin toplam toprak üstü bitki aksamı tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir.

3.2.8. Tartım ve Evapotranspirasyon Ölçümü

Dokuz haftalık deneme süresince bitkiler 2 gün ara ile tartılmış ve eksilen su miktarı bitki gelişme ortamının tuttuğu maksimum su seviyesinin %70’i (tam sulama) ve %30’u (kısıtlı sulama) olacak şekilde sulama yapılmıştır. Ölçülen değeri not alınmış ve bitkinin dokuz hafta boyunca tükettiği su miktarı hesaplanmıştır.

3.2.9. Bitki Ortalama Su Kullanım Randımanının (SKR: WUE) Belirlenmesi

Su kullanım randımanı (SKR: WUE) bir mm kalınlığındaki suya karşılık bitkinin mg cinsinden ürettiği kuru madde miktarı olarak ifade edilmektedir. Ortalama su kullanım randımanı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$SKR = \frac{\text{Bitki Yaş Ağırlığı (mg)}}{\text{Toplam Evapotranspirasyon (mm)}}$$

3.2.10. Bitki Doygunluk Eksikliği Yüzdesinin ve Oransal Turgidite Değerlerinin Belirlenmesi

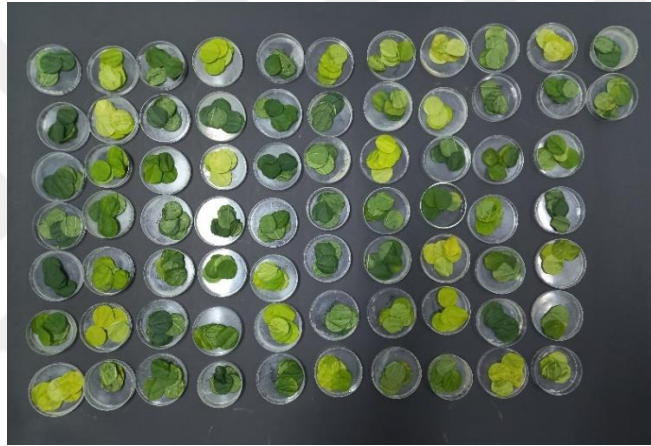
Bitki nispi su içeriğinin veya su doygunluğu açığının ölçülmesinde, her saksıdan alınan yaprak örneklerinden yaklaşık 2 cm çapında 5 yaprak diski kesilerek öncelikle

tartılıp, sonrasında saf su ile doldurulmuş falkon tüp içerisine konulmuştur. Tüp içerisindeki yaprak diskleri 24 saat bekletilmiş ve tamamen turgid hale gelmiş olan disklerin yaş ağırlıkları ölçülmüştür (Şekil 3.3).

Falkon tüp içerisindeki yaprak diskleri alındıktan sonra yüzeydeki fazla su kâğıt havlu yardımıyla kurutulup, takiben yaş ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonrasında 75°C’de etüv cihazında diskler 24 saat bekletilerek fırında kurutulmuştur ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Mevcut değerler dikkate alınarak bitki nispi su içeriği aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Turner, 1981).

$$RCW=(FW-DW) / (TW-DW) \times 100$$

FW: Taze ağırlık, TW: Tam turgid durumundaki ağırlık, DW: kuru ağırlık



Şekil 3.3 Saf suda 24 saat bekletilen yaprak diskleri

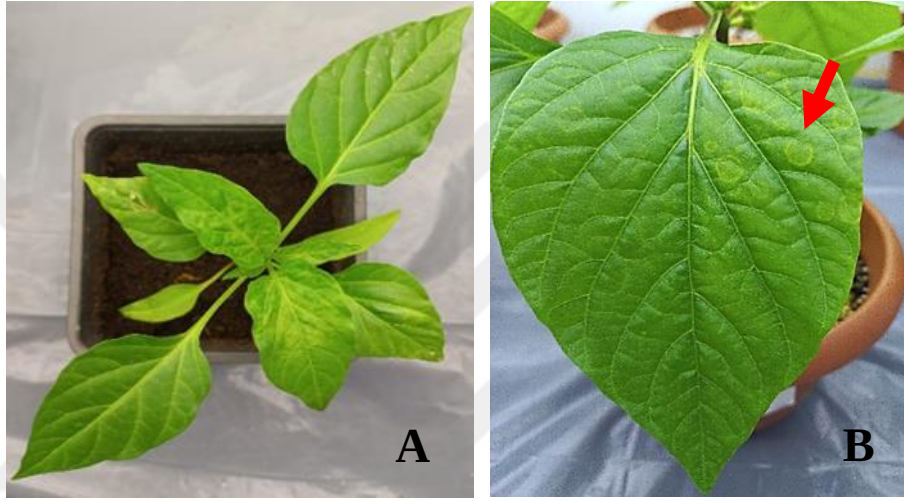
3.2.11. İstatiksel Analiz

Denemenin istatiksel analizinde SPSS paket programı (Versiyon 17) kullanılmıştır. İlk olarak, uygulamalara ait verilerin aritmetik ortalamaları arasında önemli bir fark olup olmadığı, Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Daha sonra farklılığın hangi ikili gruplar arasında olduğunu belirlemek için Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Tomato spotted wilt virus (TSWV) İzolatının Çoğaltılması

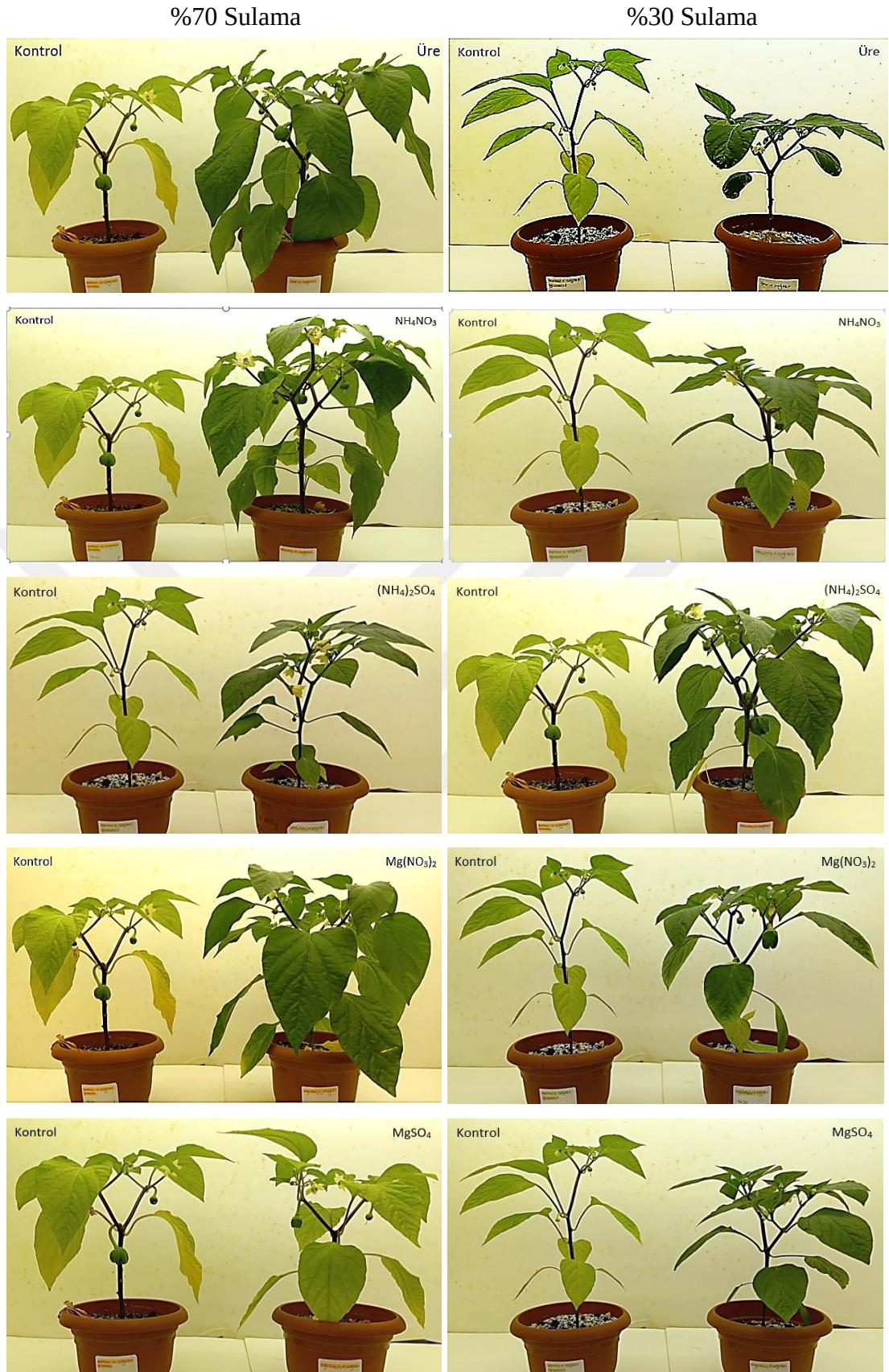
TSWV izolatının çoğaltımı amacıyla uygulanan mekanik inokulasyon yönteminden (Yöntem 3.2.2) 2 hafta sonra inokule edilen bitkilerin sürgün uçlarındaki yapraklarda klorotik lekeler, mozayik, şekil bozuklukları (Şekil 4.1A); alt yapraklarda ise halkalı lekeler gözlenmiştir (Şekil 4.1B). Daha sonra DAS-ELISA yöntemiyle de inokule edilen bitkilerdeki TSWV enfeksiyonu teyit edilmiştir.



Şekil 4.1 TSWV izolatı ile inokule edilen biber bitkilerinin genç yapraklarda mozayik ve kıvrıklık (A), alt yapraklarda klorotik halkalı lekeler (B)

4.2. Farklı Bitki Besin Maddeleri Uygulanan Biber Bitkilerinde Abiyotik (Su kısıtı) ve Biyotik (Virüs) Stres Faktörlerinin Etkilerinin Fenotipik Olarak Değerlendirilmesi

Öncelikle, iki farklı sulama rejimi kullanılarak ve 5 farklı besin uygulaması [üre, amonyum nitrat (NH_4NO_3), magnezyum nitrat [$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$], amonyum sülfat [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] ve magnezyum sülfat [(MgSO_4)] ile yetiştirilen ve kontrol (besin maddesi uygulanmayan) grubundaki virüs stresi altında olmayan bitkiler besin uygulamasından 6 hafta sonra fenotipik olarak karşılaştırılmıştır (Şekil 4.2). Kontrol grubundaki



Şekil 4.2. Tam (%70) ve kısıtlı (%30) sulama koşullarında besin maddesi uygulanmayan sağlıklı kontrol bitkileri (sol) ve besin maddesi uygulanan sağlıklı bitkiler (sağ)

bitkilerin hem tam sulama yapılan hem de kısıtlı sulananlarda, besin maddesi uygulanmış olanlara göre daha zayıf geliştiği ve kısa sürede alt yapraklardan itibaren azot eksikliği belirtisi olarak kloroz simptomu gösterdiği gözlenmiştir (Şekil 4.2). Sağlıklı (virüs bulaştırılmayan) bitkilerde en iyi kanopi gelişiminin tam sulanan üre, amonyum nitrat ve magnezyum nitrat uygulamalarında olduğu, bitkilerin daha fazla sayıda çiçek ve meyve oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2). Besin maddesi uygulanmayan kontrol grubundaki bitkilerden sonra en zayıf gelişmenin tam ve kısıtlı sulanan magnezyum sülfat uygulanan bitkilerde olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.2).

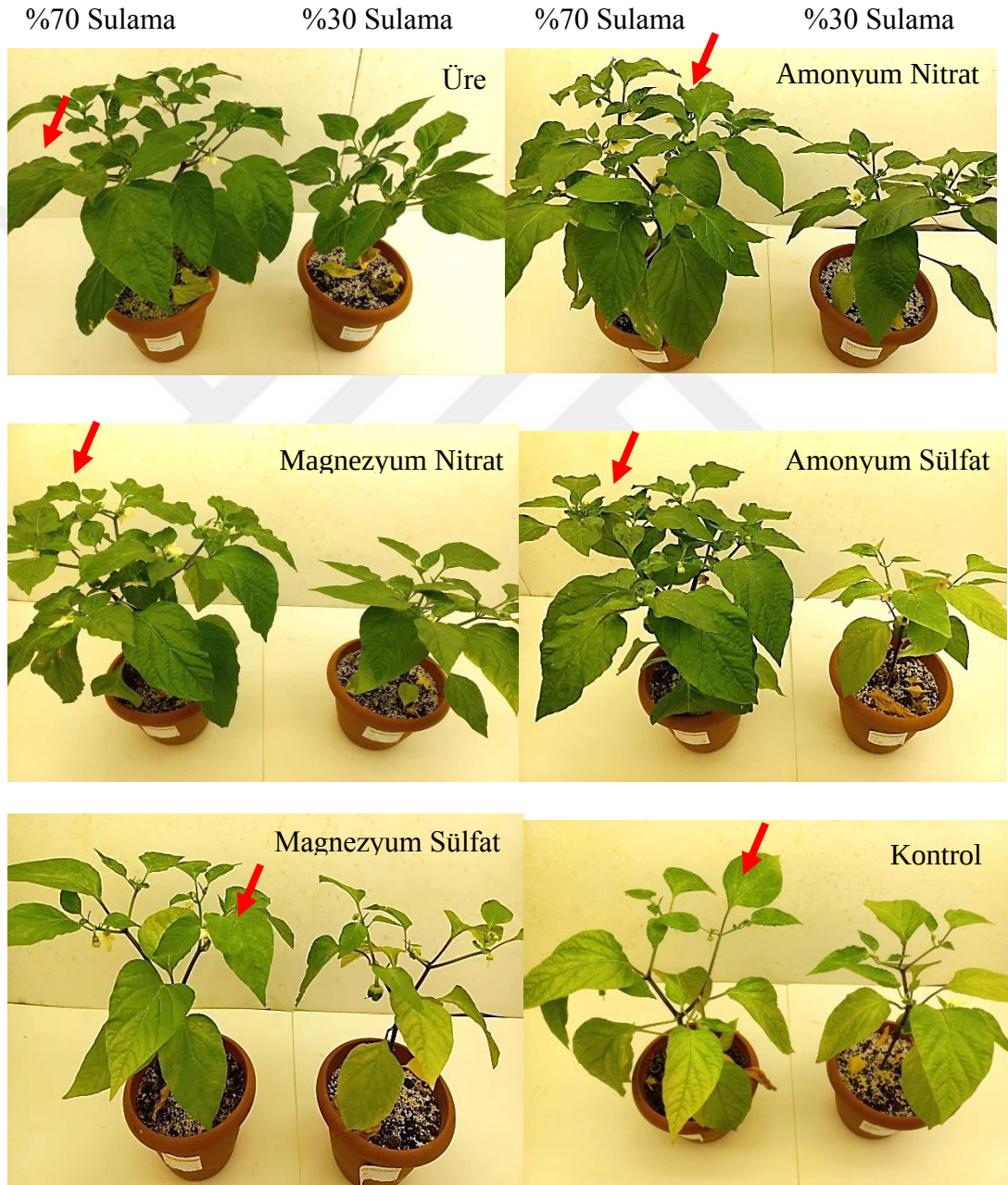
Besin maddesi uygulamasından 6 hafta ve TSWV inokulasyonundan 4 hafta sonraki fenotipik değerlendirmede, kısıtlı (%30) sulanan gerek sağlıklı gerekse TSWV ile inokule edilen bitkiler, tüm uygulamalarda tam (%70) sulanan bitkilere göre daha kısa gövde yapısı ve küçük yaprak oluşumu ile dikkat çekmiştir. Çalışmanın en ilginç bulgularından birisi, %30 sulama rejimine ait olan ve TSWV ile inokule edilmiş olan bitkilerde kanopi gelişiminin küçük olmasına rağmen bu bitkilerde virüs simptomlarının belirgin olmamasıdır. Buna karşılık %70'lik sulama şartlarında yetiştirilenlerde ise kanopi ve bitki gelişiminin daha iyi, ancak kırıksıklık, mozayik şeklindeki virüs simptomlarının ise daha şiddetli ve baskın olmasıdır (Şekil 4.3).

Besin maddesi uygulamasından 8 hafta ve TSWV inokulasyonundan 6 hafta sonra yapılan değerlendirmede, bütün uygulamalarda tam (%70) sulanan sağlıklı bitkilerin daha erken çiçek ve meyve oluşturduğu, buna bağlı olarak yapraklardaki besin maddesi noksanlığı simptomlarının enfekteli olan bitkilere göre daha önce belirgin hale geldiği gözlenmiştir (Şekil 4.4- Şekil 4.6). Böylelikle tam sulanan enfekteli bitkilerin üre, amonyum nitrat, magnezyum nitrat ve amonyum sülfat uygulamalarında tam sulanan sağlıklı bitkilere göre daha uzun süre canlılıklarını sürdürdükleri gözlenmiştir.

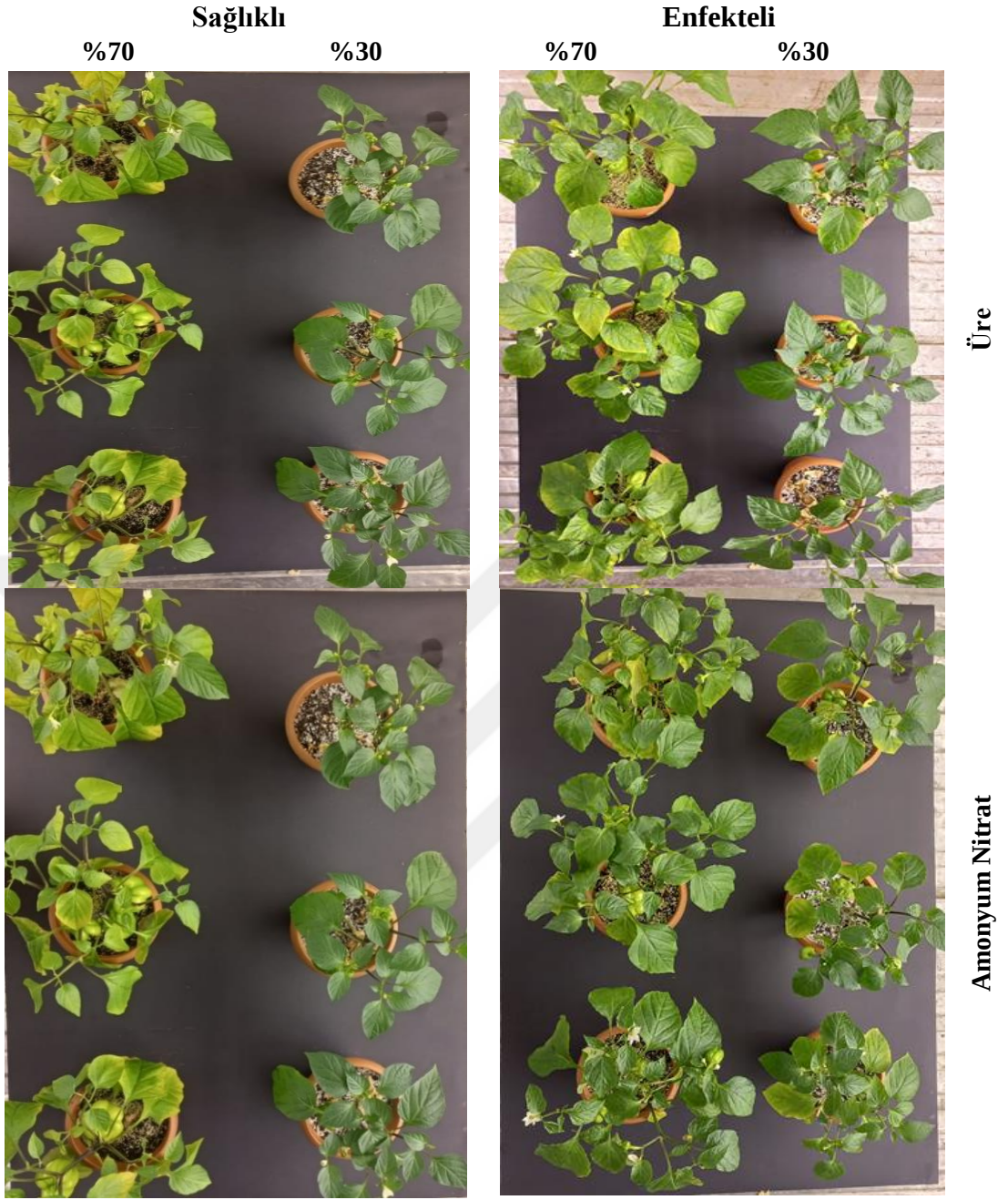
Diğer taraftan kısıtlı (%30) sulanan sağlıklı bitkilerin kanopi gelişimleri ve bitki boyları tam sulanan sağlıklı ve enfekteli bitkilere göre daha küçük olmasına rağmen, yaprak canlılığı ve rengi bakımından bu bitkilerin daha iyi durumda oldukları, kısıtlı sulama şartlarına uyum sağladıkları gözlenmiştir (Şekil 4.4-Şekil 4.6). Benzer şekilde, kısıtlı sulanan ve özellikle üre, amonyum nitrat, magnezyum nitrat uygulamalarındaki TSWV-enfekteli bitkilerin sağlıklı olanlara yakın düzeyde kanopi gelişimine sahip olduğu, bir önceki gözlemde olduğu gibi virüs simptomlarının bu bitkilerde belirgin ve şiddetli olmadığı belirlenmiştir. Buna karşılık kısıtlı sulanan amonyum sülfat ve

magnezyum sülfat ile beslenen bitkilerin ise virüs stresinden belirgin şekilde daha fazla etkilendikleri gözlenmiştir (Şekil 4.5-Şekil 4.6). Hiçbir şekilde besin maddesi verilmemiş olan kontrol grubundaki enfekteli ve %30 (kısıtlı) sulama şartlarındaki bitkilerin tam sulanan enfekteli bitkilere göre nispeten daha iyi kanopiye sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 4.6).

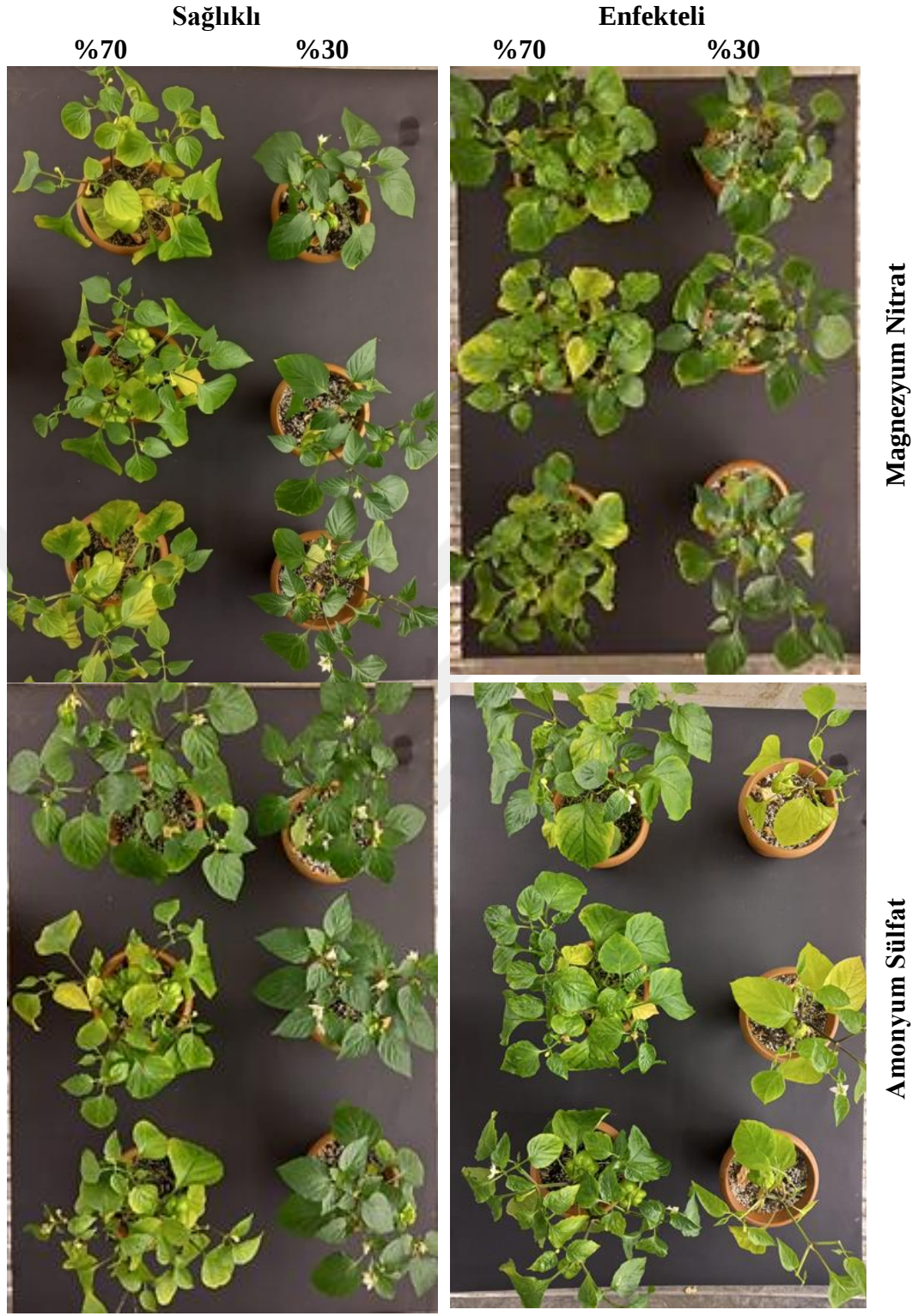
ENFEKTELİ



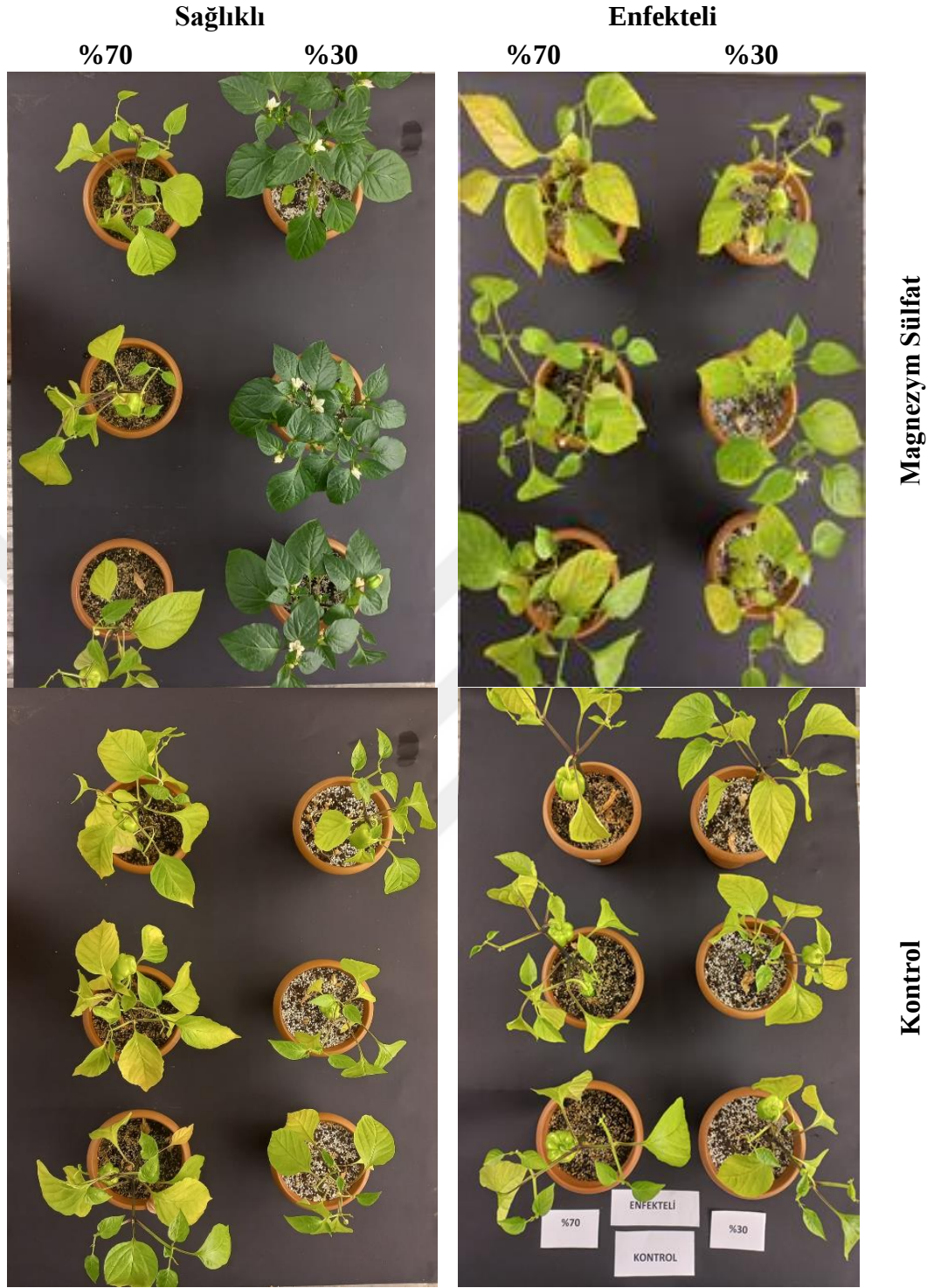
Şekil 4.3. Tam sulama (%70) yapılan ve kısıtlı sulanan (%30) bitkilerdeki virüs belirtilerinin, besin uygulamasından 6 hafta ve virüs uygulamasından 4 hafta sonraki görüntüsü. Kontrol, besin maddesi uygulanmamış olan enfekteli bitkiler



Şekil 4.4. Tam (%70) ve kısıtlı (%30) sulama koşullarında üre ve amonyum nitrat uygulamasından 8 hafta ve virüs inokulasyonundan 6 hafta sonra sağlıklı ve TSWV enfekteli biber bitkileri



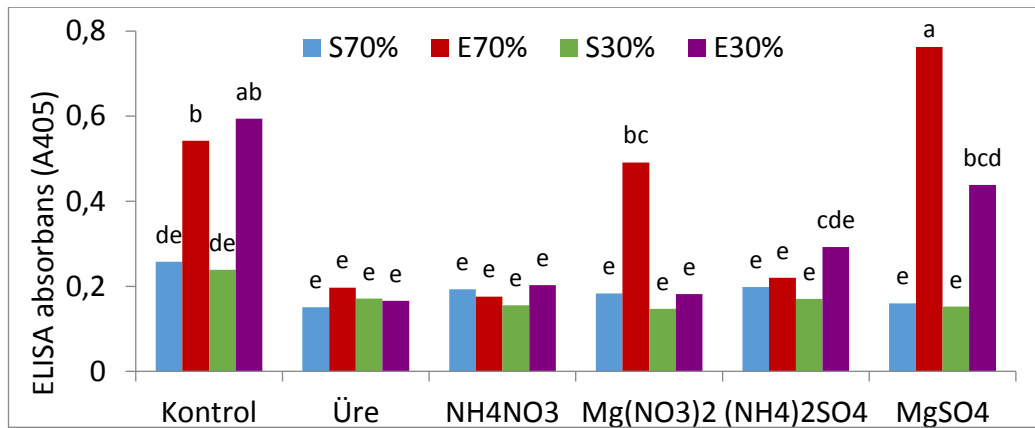
Şekil 4.5. Tam (%70) ve kısıtlı (%30) sulama koşullarında magnezyum nitrat ve amonyum sülfat uygulamasından 8 hafta ve virüs inokulasyonundan 6 hafta sonra sağlıklı ve TSWV enfekteli biber bitkileri



Şekil 4.6. Tam (%70) ve kısıtlı (%30) sulama koşullarında magnezyum sülfat uygulamasından 8 hafta ve virüs inokulasyonundan 6 hafta sonra sağlıklı ve TSWV enfekteli biber bitkileri. Kontrol, besin maddesi uygulanmamış olan sağlıklı ve enfekteli bitkiler

4.3. Farklı Bitki Besin Maddeleri Uygulanan Biber Bitkilerinde Abiyotik ve Biyotik Stres Faktörlerinin Etkilerinin Serolojik Olarak Değerlendirilmesi

Kısıtlı (%30) ve tam (%70) sulama şartları altında yetiştirilen ve farklı besin maddeleri uygulanmış olan biber fideleri, TSWV ile inokulasyondan 4 hafta sonra DAS-ELISA yöntemiyle test edilmiştir. Herhangi bir besin maddesi uygulanmamış olan ve sadece 1:4 oranında perlit: torf karışımında yetiştirilen kontrol grubundaki virüs inokule edilmiş olan bitkilerin ortalama ELISA absorbans değerleri incelendiğinde, kısıtlı sulanan bitkilerin (E%30) tam sulanan bitkilere (E%70) göre nispeten daha yüksek ortalama absorbans değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık; üre, magnezyum nitrat [$Mg(NO_3)_2$] ve magnezyum sülfat ($MgSO_4$) uygulamaları için su kısıtlı koşullarda yetiştirilen ve TSWV ile inokule edilen bitkilerin (E%30), tam sulama şartlarındaki enfekteli bitkilere (E%70) göre daha düşük ortalama ELISA absorbans değerleri içerdiği tespit edilmiştir. İlginç bir şekilde, bütün tekerrürlerinde virüs-benzeri semptom göstermesine rağmen (Şekil 4.3), her iki sulama rejimindeki üre ve amonyum nitrat (NH_4NO_3) ile muamele edilmiş ve virüs inokule edilen bitkilerin absorbans değerleri, sağlıklı bitkilerinkine (S30% ve S70%) yakın düzeyde elde edilmiş ve uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.7). Besin maddesi uygulananlarda en yüksek absorbans değeri ortalaması magnezyumlu gübreler verilen ve %70 sulanan bitkiler ile elde edilmiştir.



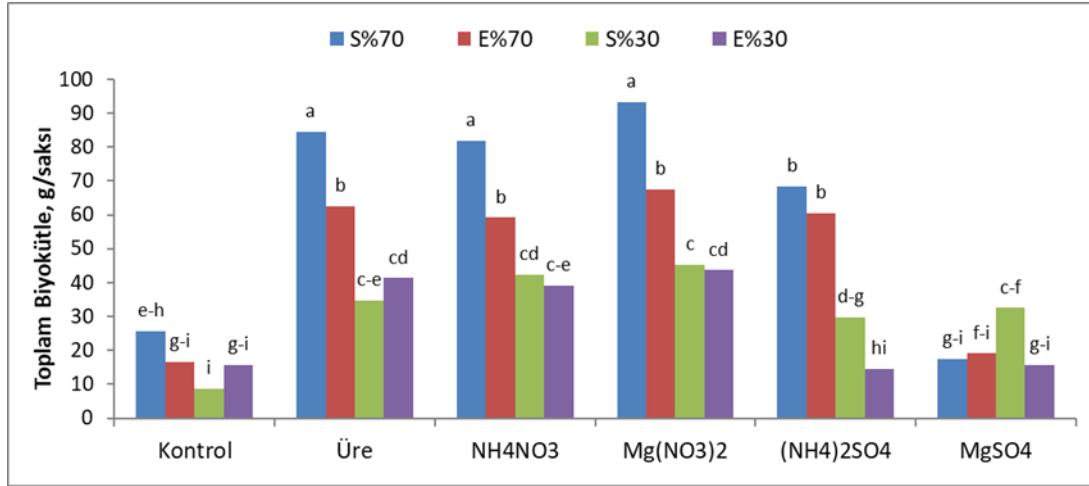
Şekil 4.7. Farklı sulama koşullarında bitki besin maddeleri ile muamele edilen bitkilerin ELISA absorbans değerlerinin karşılaştırılması. Ayrı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistikî olarak %1 düzeyinde önemlidir

4.4. TSWV Enfeksiyonu ve Besin Maddesi Uygulamalarının Bitki Toplam Biyokütlesi Üzerine Etkisi

Biber bitkileri şaşırtıldıktan 3 gün sonra 5 farklı besin maddesi [üre, amonyum nitrat (NH_4NO_3), magnezyum nitrat [$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$], amonyum sülfat [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] ve magnezyum sülfat (MgSO_4)] tüm uygulamalardaki bitkilere 3 tekerrürlü olacak şekilde verilmiştir. Azot içeren besin maddeleri 12 kg N/da olacak şekilde her bir saksıya ayrı ayrı uygulanmıştır (Yöntem 3.2.4). Kontrol olarak besin maddesi verilmemiş olan biber bitkileri aynı tekerrür sayısı ile denemeye dahil edilmiştir. Azota eşlik eden Mg^{++} ve SO_4^- etkisini belirlemek için azot ilavesine eşdeğer miktarda MgSO_4 ilavesi, ayrı bir uygulama olarak denemede kullanılmıştır.

Beş farklı besin maddesinin biyokütle üzerindeki etkisine bakıldığında, MgSO_4 hariç diğer besin maddeleri uygulanan ve tam sulanan (%70) sağlıklı bitkilerden en yüksek biyokütle elde edilmiştir (Şekil 4.8) (EK1).

En yüksek biyokütle değeri sağlıklı ve $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ içeren tam sulanan (%70) biber bitkilerinde 93,13 gr olarak elde edilirken, en düşük biyokütle değeri 8,72 kısıtlı sulanan sağlıklı gübresiz kontrol bitkilerinden elde edilmiştir.



Şekil 4.8. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin toplam biyokütleleri. Ayrı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %1 düzeyinde önemlidir

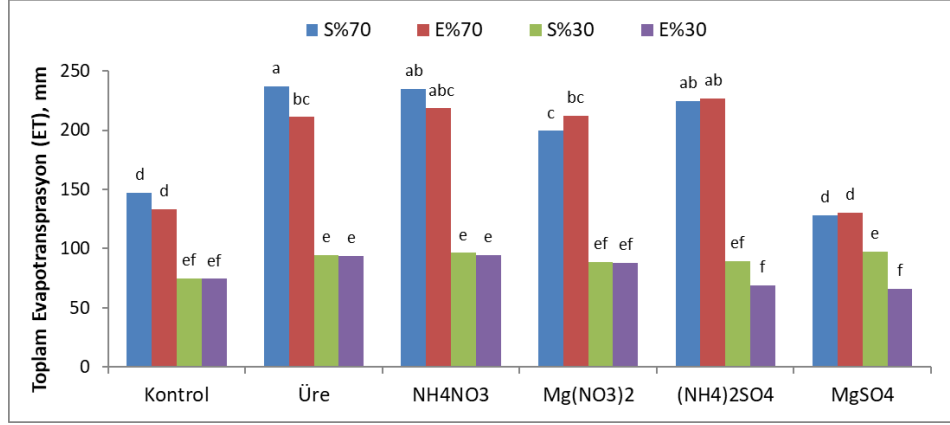
Su kısıtlı (%30) koşullarda yetiştirilen biber bitkilerinin toplam biyokütlesinde tam sulanan (%70) bitkilere göre istatistiki olarak önemli bir azalma meydana gelmiştir. Kısıtlı sulanan bitkilerin biyokütleleri incelendiğinde, diğer uygulamaların

aksine kontrol ve üre uygulanmış olan sağlıklı bitkilerin toplam biyokütlesi enfekteli olanlardan daha düşük seviyede bulunmuştur (Şekil 4.8).

4.5. TSWV Enfeksiyonu ve Besin Maddesi Uygulamalarının Bitki Toplam Evapotranspirasyonu (ET) Üzerine Etkisi

Evapotranspirasyon (ET), bitkinin terleme (transpirasyon) ve buharlaşma (evaporasyon) yoluyla kaybettiği su miktarıdır. Çalışma sırasında haftada 3 defa olmak üzere 9 hafta boyunca bitkiler 2 farklı sulama rejimine (%70 ve %30) uygun şekilde sulanmıştır. Başlangıçta Yöntem 3.2.3’ de belirtildiği şekilde yetiştirme ortamının su tutma kapasitesi (STK) hesaplanmış ve her bir saksıya tartım işleminden sonra eksilen miktar kadar su ilave edilmiştir. Her sulama işlemi sırasında ölçülen su kayıpları 9 hafta boyunca kaydedilmiş ve her uygulamadaki bitkilerin kaybettiği toplam su miktarları Yöntem 3.2.8’de açıklandığı şekilde belirlenmiştir (Şekil 4.9) (EK2).

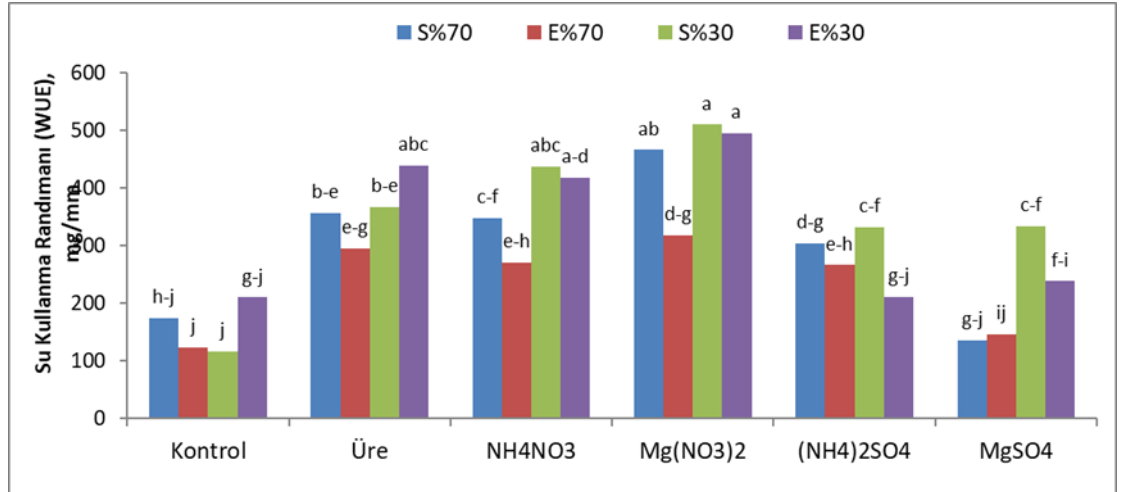
Şekil 4.9’deki grafik incelendiğinde hem sağlıklı hem de TSWV-enfekteli kısıtlı sulanan (%30) bitkilerin evapotranspirasyon değerinin, tam oranda (%70) sulanan enfekteli bitkilere göre önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır. Kısıtlı sulanan üre, amonyum nitrat, magnezyum nitrat ve kontrol (gübresiz) grubunda sağlıklı ve enfekteli bitkilerin ET değerleri arasında istatistiki olarak önemli düzeyde bir farklılık gözlenmezken, amonyum sülfat ve magnezyum sülfat uygulanmış olan enfekteli bitkilerin sağlıklılara göre daha az su kaybettiği tespit edilmiştir. Diğer taraftan, tam sulanan (%70) enfekteli ve sağlıklı bitkilerin ET değerleri karşılaştırıldığında, kontrol, üre ve amonyum nitrat uygulamalarının bir tarafta, magnezyum nitrat, amonyum sülfat ve magnezyum sülfat uygulamalarının diğer tarafta yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.9). Kontrol, üre ve amonyum nitrat uygulamalarında %70’lik STK oranında sulanan sağlıklı bitkilerin daha yüksek ET değerine sahip olmaları sebebiyle, virüs-enfekteli olanlara göre sağlıklı bitkilerin daha fazla su kaybettiği anlaşılmıştır.



Şekil 4.9. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin maddesi uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin toplam evapotranspirasyon değerleri. Ayrı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %1 düzeyinde önemlidir

4.6. TSWV Enfeksiyonu ve Besin Maddesi Uygulamalarının Bitki Ortalama Su Kullanım Randımanı (SKR: WUE) Üzerine Etkisi

Dokuz haftalık sulama periyodu sonunda, besin maddesi uygulanan ve uygulanmayan kontrol grubundaki virüs-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin biyokütleleri ve evapotranspirasyon oranları esas alınarak ortalama bitki su kullanım randımanları (SKR:WUE) hesaplanmıştır (Yöntem 3.2.9). Buna göre elde edilen veriler analiz edilmiş ve Şekil 4.10’ da ve EK3’te verilmiştir.



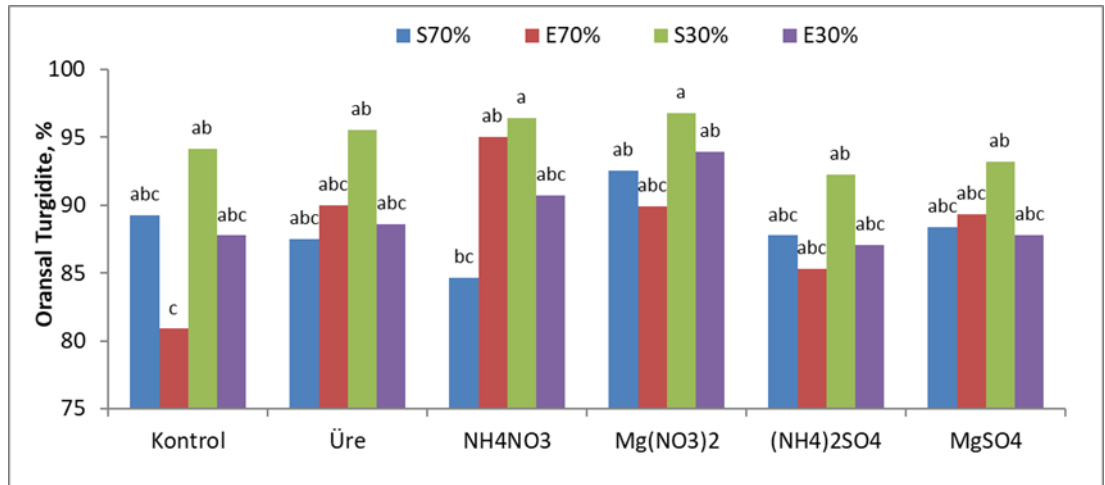
Şekil 4.10. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin maddeleri uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin su kullanma randımanları. Ayrı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %1 düzeyinde önemlidir

Kontrol grubunda ve üre uygulamasında kısıtlı su koşulları (%30) altında yetişen enfekteli bitkilerin su kullanım randımanı sağlıklı bitkilere göre daha yüksek bulunmuştur. Tam sulanan bitkilerde ise magnezyum sülfat dışındaki uygulamalarda,

sağlıklı bitkilerin su kullanım randımanı daha yüksek elde edilmiştir (Şekil 4.10). Üre, NH_4NO_3 ve $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ uygulamalarında, kısıtlı sulanan hem sağlıklı hem de enfekteli bitkilerin su kullanım randımanı diğer uygulamalara göre daha yüksek bulunmuştur. Buna karşılık, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ve MgSO_4 uygulamalarında kısıtlı sulanan enfekteli bitkilerin su kullanım randımanının sağlıklı olanlara göre daha fazla negatif yönde etkelediği belirlenmiştir (Şekil 4.10).

4.7. TSWV Enfeksiyonu ve Besin Maddesi Uygulamalarının Bitki Su İçeriğine Etkisi

Bitki Besin Maddesi x Sulama x Virüs interaksiyonun araştırılması sırasında, tüm uygulamalarda biber yapraklarının Doygunluk Eksikliği Yüzdesi ve Oransal Turgidite değerleri hesaplanmıştır (Yöntem 3.2.10). Yaprakların oransal turgidite yüzde değerleri incelendiğinde, bütün uygulamalarda su kısıtı (%30) koşullarında yetiştirilen sağlıklı bitkilerde, bitki dokusunda tutulan su miktarı enfekteli olanlara göre daha fazla ve bununla ilgili olarak yaprakların turgor durumu daha yüksek çıkmıştır. Yani su kısıtı koşullarındaki enfekteli bitkilerde turgor durumu, buna bağlı olarak turgidite yüzdesi düşmüştür (Şekil 4.11) (EK 4). Tam sulama (%70) koşullarında ise gübresiz kontrol, magnezyum nitrat, amonyum sülfat uygulamaları dışındaki diğer uygulamalarda, biyotik stres faktörü olan viral enfeksiyonun bitki yapraklarında suyun daha fazla tutulmasına neden olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.11).

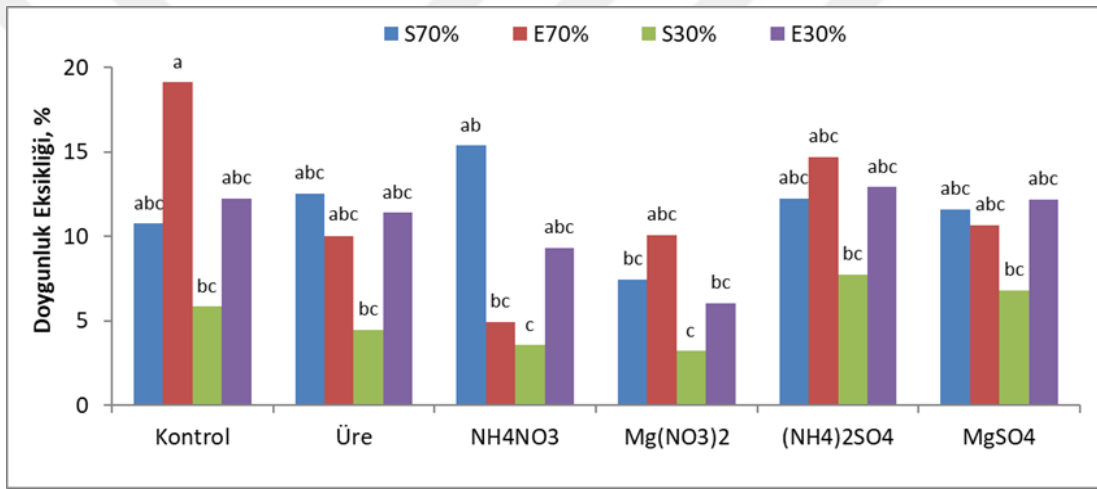


Şekil 4.11. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin maddeleri uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin oransal turgidite değerleri. Ayrı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %1 düzeyinde önemlidir

Diğer taraftan, besin maddesi uygulamalarının tamamında ve gübresiz kontrol

uygulamasında %70'lik tam sulanmış sağlıklı bitkilerin su doygunluk eksikliği, kısıtlı sulanan (%30) sağlıklı bitkilerin doygunluk eksikliğinden yüksek bulunmuştur (Şekil 4.12).

Su kısıtlı koşullarda (%30) yetiştirilen enfekteli bitkilerin yapraklarında su ile doygunluk eksikliği yüzdesinin, tüm besin maddesi ve kontrol uygulamalarında sağlıklı bitkilere kıyasla daha fazla olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan tam sulama (%70) koşullarında ise kontrol, magnezyum nitrat ve amonyum sülfat uygulamaları dışındaki tüm besin maddesi uygulamalarında biber bitkilerinin yapraklardaki su doygunluk eksikliğinin sağlıklı olan bitkilerde daha fazla olduğu saptanmıştır (Şekil 4.12) (EK5).



Şekil 4.12. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin maddeleri uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin doygunluk eksiklikleri (%). Ayrı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %1 düzeyinde önemlidir

5. TARTIŞMA

Tarımsal ekosistem içerisinde bitkiler çevreleri ile karmaşık bir ilişki içerisinde. Bu ekosistem içerisinde abiyotik ve biyotik faktörler bitkileri olumlu veya olumsuz etkileyebilmektedir. Bitkileri etkileyen abiyotik stres faktörleri arasında yüksek ve düşük sıcaklık, kuraklık, tuzluluk, ağır metal toksisitesi ve besin maddesi noksanlıkları veya fazlalıkları ilk sıralarda sayılabilir (Hirayama ve Shinoza, 2010). Abiyotik faktörler bitkilerin ilişki içerisinde olduğu patojen veya patojen olmayan mikroorganizmaları da etkilemektedir.

Tarımsal üretimde bitkilerin su ihtiyacının doğru miktarlarda ve yöntemlerle karşılanması verim üzerinde etkili olan en önemli faktörlerdendir. Ancak, dünyada nüfus artışına paralel olarak yeni alanların tarıma açılması, bu alanların su kaynaklarının aynı yılda birden fazla ürün yetiştirilmesi için kullanılması, yanlış sulama yöntemleri ile üretim yapılması, kirlilik ve iklim değişikliği gibi sebeplerden elverişli su kaynakları giderek azalmaktadır.

Besin elementlerinin bitkinin verim ve kalitesine, büyüyüp gelişmesine, hastalık ve zararlılara karşı reaksiyonunda etkisi vardır. Bir dizi çalışma, doğru bitki besleme yönetimleri ile hastalıkları kontrol etmenin önemli olduğunu göstermiştir (Marschner, 1995; Huber ve Graham, 1999; Graham ve Webb, 1991). Bitki besin maddeleri içinde verime etki eden en önemli besin elementi azot (N)'dur. Azot bitki kuru ağırlığının yaklaşık %1,5-2'sini ve toplam bitki proteinlerinin %16'sını oluşturur (Scheible vd., 2004). Azot, bitki kökleri tarafından nitrat (NO_3^-) veya amonyum (NH_4^+) formunda alınır ve aminoasitlerin, DNA ve RNA'nın, ATP (Gardiner ve Miller, 2008) ve klorofilin (Rattan 2015) yapısında bulunur. Hastalık ve zararlıların bitkiler üzerindeki etkilerinin artıp-azalmasında azotun toprakta ne miktarda olduğunun önemi vardır. Ayrıca, azotun nitrat (NO_3^-) ve amonyum (NH_4^+) formları bitkilerin hastalıklara dayanımında farklı etkilere sahiptir (Sun vd., 2020). Bununla birlikte, günümüzde azotun bitki savunma mekanizmasındaki rolü tam olarak anlaşılamamıştır. Literatürde birbiri ile çelişen sonuçlar mevcuttur. Örneğin fungal hastalıklarla ilgili olarak, yüksek doz azotun buğdayda külleme (*Erysiphe graminis*), kara pas (*Puccinia graminis* f.sp. *tritici*) gibi obligat parazit etmenlerin sebep olduğu bazı hastalıkların oranını artırdığına dair raporlar olduğu gibi, *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporium* gibi fakültatif parazit etmenlerin sebep olduğu hastalıkları ise azalttığı belirtilmiştir (Dordas, 2008). Azotun dozu kadar, formu da önemli görülmektedir. Örneğin

buğdayda göçerten (take-all) hastalığı (*Gaeumannomyces graminis*) nitrat formundaki azotlu gübreler ile artış gösterirken, amonyumlu gübreler ile azalabilmektedir (Anonim 2022c).

Tomato spotted wilt virus (TSWV) tarımsal ürünlerde en fazla tahribata ve ekonomik kayba sebep olan ilk on virüs türü arasında yer almaktadır (Scholthof vd., 2011). Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de TSWV’nin en fazla etkilediği ürünler arasında domates ve biber yer almaktadır (Rosello vd., 1996). Ülkemizde bu ürünlerin yetiştirildiği birçok bölgede TSWV enfeksiyonuna rastlanmaktadır (Güldür, 1997; Yurtmen vd., 1999; Arlı-Sökmen ve Sevik, 2006).

Bitkiler ve patojenler aralarında oldukça karmaşık bir ilişkiye sahiptir ve çok sayıda abiyotik faktör tarafından bu ilişki etkilenmektedir. Bu çalışmada, kısıtlı sulama (%30) ve tam sulama (%70) koşullarında uygulanan üre, magnezyum nitrat $[Mg(NO_3)_2]$, amonyum sülfat $[(NH_4)_2SO_4]$, amonyum nitrat (NH_4NO_3) formlarının, TSWV enfeksiyonu ve bitki gelişim parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, azot oranı 12 kg N/da olacak şekilde ayarlanmıştır. Azota eşlik eden Mg^{++} ve SO_4^- etkisini belirlemek için azot ilavesine eşdeğer miktarda $MgSO_4$ ilavesi, ayrı bir uygulama olarak denemede kullanılmıştır. Besin maddesi uygulanmamış olan bitkiler, denemeye kontrol olarak dahil edilmiştir. Çalışmada besin maddesi uygulanmış bitkilerin ELISA absorbans değerleri incelendiğinde, bütün uygulamalar için (kontrol grubu hariç) %30’luk kısıtlı sulama koşullarında yetiştirilen biber bitkilerinin absorbans değerlerinin tam sulanan bitkilerden (%70) daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7). Kontrol grubunda ise kısıtlı sulama koşullarında yetiştirilen bitkilerde ortalama absorbans değeri tam sulanan bitkilere göre nispeten biraz daha yüksek elde edilmiştir. Kısıtlı su koşullarında bitkilerin besin maddeleri ile desteklenmesinin virüs üzerinde etkili olabileceği bu çalışma ile gösterilmiştir.

Tam sulanan (%70) kontrol grubundaki herhangi bir besin maddesi verilmemiş olan bitkiler ve üre, NH_4NO_3 , $Mg(NO_3)_2$ besin maddeleri uygulananlar, kısıtlı su şartlarında yetiştirilen ve aynı uygulamaları içeren bitkiler ile karşılaştırıldığında TSWV enfeksiyonu şiddetinin tam sulanan bitkilerde daha fazla olduğu gözlenmiştir. Fenotipik gözlemlere göre özellikle üre, NH_4NO_3 , $Mg(NO_3)_2$, $(NH_4)_2SO_4$ uygulanan ve %70 oranında sulanan bitkilerde virüs belirtilerinin daha belirgin ve şiddetli olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.3). Diğer taraftan, sülfatlı gübrelerin $[(NH_4)_2SO_4, Mg(SO_4)_2]$

su kısıtı koşullarda bitki gelişimini desteklemediği, bu uygulamalarda TSWV ve su noksanlığı stresinin birlikte daha etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5 ve 4.6).

Genelde bugüne kadar yapılan çalışmalar virüs-sulama ilişkisi veya virüs-besin elementi ilişkisi üzerinedir (Kendig vd., 2020; Easterday vd., 2022; Mutebi ve Moranga, 2022). Bu çalışma ise virüs-sulama-besin maddesinin üçlü etkileşimi konusunda yapılmış sınırlı sayıda çalışma arasında olması sebebiyle farklılık göstermektedir. Bu tez çalışmasında bazı azotlu gübrelerin kurak koşullarda virüs enfeksiyonunu etkilediği gösterilmiştir. Ancak, özellikle üre, amonyum nitrat ve magnezyum nitrat uygulanmış hassas kandi dolma çeşidine ait enfekteli bitkilerin kısıtlı su koşullarında neden daha hafif TSWV belirtileri gösterdiği ve hem tam hem de kısıtlı sulamada bu uygulamaların daha düşük ortalama ELISA absorban değerlerine sahip olmasının sebebi bu çalışmada gösterilememiştir. Bununla birlikte, bitki hormonları abiyotik ve biyotik stres koşullarına bitkilerin toleransında etkilidir. Özellikle ABA bitkide birçok gelişimsel olayı (tohum çimlenmesi, meyve olgunlaşması vb.) etkiler ve abiyotik stres faktörlerine (özellikle kuraklık ve soğuk) karşı bitkinin reaksiyonunu düzenler. Su noksanlığı bitki kök sistemi tarafından algılanır, bu durum bazı sinyal moleküllerin kökten sürgünlere translokasyonunu sağlar. Bir sonraki aşamada, yapraklarda ABA sentezlenir ve stresle ilgili bir seri olayda rol almaya başlar (Takahashi vd., 2020). ABA virüslere karşı bitkinin savunma sisteminde hem pozitif hem negatif etkiye sahiptir. Örneğin, enfeksiyonun erken aşamalarında stomaların kapanmasını düzenler, plasmodesmatada kallus birikimine sebep olarak virüslerin (TMV ve Tobacco necrosis virus gibi) hücreden hücreye geçişini sınırlandırır. Diğer taraftan, ABA geç dönemde aktive edildiğinde ise bitkinin lokal ve sistemik savunma mekanizmasında görevli salisilik asit hormonu üzerinde antagonistik etkiye sahiptir (Alazem ve Lin, 2015). ABA'nın pozitif etkisi ile ilgili çalışmalarda, bitkiye dışardan eksojen olarak uygulandığında ABA'nın bazı virüslerin belirtilerini zayıflattığı ve virüs titresini düşürdüğü saptanmıştır (Iriti and Faoro, 2008; Alazem vd., 2014). Ayrıca, ABA'nın bitkide RNAi (RNA interferans: gen susturulması) mekanizması üzerinde pozitif etkide bulunarak bitkinin virüse karşı savunmasına yardımcı olduğuna yönelik raporlar mevcuttur (Li et al., 2012). Kurak şartlarda virüs belirtilerinin zayıflamasının ve daha düşük virüs titresinin sebebi yükselen ABA miktarının bitkideki RNAi savunma mekanizmasını olumlu etkilemesi

olabilir. Ancak ABA' nın bitki-virüs etkileşimindeki kompleks rolü konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

İklim odasında kontrollü koşullarda gerçekleştirilen bu çalışmanın, gelecekte arazi koşullarında da tekrarlanması önemlidir. Hosseini vd. (2018), yürüttükleri çalışmada, kurak şartlarda yetiştirilen domates bitkilerinde Cucumber mosaic virus (CMV) simptomlarının şiddetinin hafıflediğini belirlemişlerdir. Oysaki genelde abiyotik stres faktörlerine maruz kalan bitkilerin patojenlere ve zararlılara hassasiyetinin arttığı bilinmektedir (Suzuki vd., 2014). Bu tezdeki çalışmalarda enfekteli gübresiz kontrol, üre ve nitratlı besin maddeleri uygulanan bitkilerin kısıtlı su şartlarında TSWV'ye karşı daha yüksek toleransa sahip olduğu, sülfatlı besin maddeleri (NH_4SO_4 ve MgSO_4) uygulananların ise virüs enfeksiyonundan daha fazla etkilendiği saptanmıştır. 1998 yılında arazi şartlarında gerçekleştirilen TSWV, azot, su ilişkisinin araştırıldığı bir çalışmada bu tezdeki sonuçlar ile çelişen bulgular elde edilmiştir. Denemede 100 kg/ha dozunda azotlu gübre verilen ve iyi sulanan bitkilerde enfeksiyon yüzdesi %19,1 iken, su stresi yaşayan bitkilerde %69,1'e yükselmiştir (Camele vd., 2000). Bu sonuçlar arasındaki farklılık, arazide vektör trips faktörünün de etkileşime dahil olmasından veya kullanılan azot formülasyonu ile ilgili olabilir. Su, besin maddesi ve virüs ilişkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada, Sugarcane streak mosaic virus (SCSMV) ile enfekteli ve farklı sulama koşulları (%55, %70, %85, %100 tarla su tutma kapasitesi) altında, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ve KCl uygulanan bitkilerde hastalık şiddetinin kontrol grubuna ait bitkilere göre önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir. Bu tezdeki çalışmalara benzer olarak, yüksek su içeriğinin SCSMV enfeksiyon şiddeti artışı ile sonuçlandığı tespit edilmiştir (Putra ve Damayanti, 2016).

Diğer taraftan, bazı biyotik faktörlerin de bitkilerin bazı abiyotik stres faktörlerine toleransını artırdığı gösterilmiştir. Giderek artan sayıda çalışma, viral enfeksiyonların bitkilerin abiyotik stres koşullarına karşı toleransının artmasına neden olabileceğini göstermektedir (Aguilar vd., 2017; Anfoka vd., 2016; Westwood vd., 2012; Xu vd., 2008). Son yapılan bazı çalışmalar, su stresi şartları altında evrimleşen bazı bitki virüslerinin, bitkinin kurak koşullara toleransını artırdığını göstermiştir (González vd., 2021; Poudel vd., 2021). Bir diğer çalışmada, kurak şartlarda bitkide 434 gen aktif iken, virüs stresi altında 539 genin aktif olduğu, hem kuraklık hem virüs birlikte olduğunda ise 1370 genin aktif hale geçtiği belirlenmiştir (Gentleman vd., 2004). Bu viral etkinin altında yatan moleküler mekanizmanın gelecekteki

çalışmalarda belirlenmesinin, bugüne kadar bilinmeyen stres-tolerans konusuna ışık tutabileceği ve dirençli bitkilerin üretilmesinin önünü açabileceği düşünölmektedir. Her ne kadar abiyotik koşullara virüs-kaynaklı toleransın arkasındaki fizyolojik ve moleküler mekanizmalar tam anlaşılamamış olsa da (Ramegowda ve Shentil-Kumar, 2015), her patosistemde bu mekanizmaların farklılık gösterdiği bilinmektedir. Aynı virüs türü değişik konukçularda farklı etkileşimler içerisinde olabileceği gibi, bir virüs türünün farklı ırkları aynı genotipe sahip bir bitki türünde farklı etkileşim gösterebilir.

Kuraklık, bitki büyümesini, fizyolojisini ve üremesini olumsuz etkileyerek ürün veriminde önemli azalmalara neden olmaktadır. Bitkiler kuraklığın olumsuz etkilerinin üstesinden gelebilmek için kök sistemlerini optimize ederek su alımını artırmak, terlemenin neden olduğu su kaybını sınırlamak için stomalarını kısmen kapatmak, ozmo-protektanları biriktirmek veya absisik asit (ABA) hormonu üretmek gibi çok çeşitli stratejilere sahiptir (Corrales-Gutierrez vd., 2017). Brome mosaic virus (BMV) ve CMV enfeksiyonlarının kurak şartlarda sukroz, glukoz ve früktoz gibi ozmo-protektanların birikimini fazlalaştırdığı, ayrıca yapraklarda su kaybını önlemek için kısmi stoma kapanmasına neden olduğu ve transpirasyon oranını düşürdüğü belirlenmiştir (Xu vd., 2008). Bu tezin sonuçlarına bakıldığında, kısıtlı (%30) sulanan sağlıklı ve TSWV-enfekteli bitkilerin evapotranspirasyon (ET) değerlerinin, tam oranda sulanan bitkilere göre önemli düzeyde azaldığı saptanmıştır (şekil 4.9). Kendi iğlerinde karşılaştırma yapıldığında kısıtlı sulanan ve üre, amonyum nitrat, magnezyum nitrat ile gübrelenen ve kontrol (gübresiz) grubundaki sağlıklı ve enfekteli bitkilerin ET oranları arasında önemli bir farklılık elde edilmemiştir. Buna karşılık amonyum sülfat ve magnezyum sülfat uygulanmış enfekteli bitkilerin sağlıklılara göre daha düşük ET oranına sahip olduğu, enfeksiyonun muhtemelen daha etkili stoma kapanmasına neden olması sebebiyle bu bitkilerin daha az su kaybettiği belirlenmiştir (şekil 4.9). Diğer taraftan %70 oranında tam sulanan bitkilerde kontrol grubu, üre ve amonyum nitrat uygulaması yapılanlarda sağlıklı bitkiler, magnezyum nitrat, amonyum sülfat ve magnezyum sülfat uygulananlarda ise enfekteli bitkiler daha yüksek ET değerine sahip olmuşlardır. Shteinberg vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada hem kısıtlı hem de tam sulama yapılan şartlarda Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) enfeksiyonunun hassas ve toleranslı domates çeşitlerinde transpirasyon oranında azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Ancak, kurak koşullarda

yetiştirilen, toleranslı virüs içeren bitkilerdeki transpirasyon oranındaki azalmanın daha yavaş gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Bu çalışma sırasında gübrelemeden 8 hafta sonra yapılan gözlemlerde %70 sulama yapılan ve besin maddeleri uygulanan sağlıklı bitkilerin, daha erken çiçeklendiği ve meyve oluşturduğu, %70 sulanan enfekteli bitkilere göre daha erken besin maddesi noksanlığı belirtilerini göstermeye başladığı gözlenmiştir (Şekil 4.4-4.6). Diğer taraftan, her iki sulama koşulu altında yetiştirilen ve üre, NH_4NO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ve NH_4SO_4 'lı gübreler ile beslenen bitkilerin diğer uygulamalardaki bitkilere göre daha yüksek biyokütleyle (Şekil 4.8) sahip olduğu saptanmıştır. Tüm besin uygulamalarındaki sağlıklı ve enfekteli bitkilerin biyokütleleri karşılaştırıldığında, tam sulanan enfekteli bitkilerdeki biyokütle kaybının %23, kısıtlı su koşullarında enfekteli bitkilerdeki kaybın ise %12 olduğu belirlenmiştir (veri gösterilmedi). MgSO_4 uygulaması dışındaki, diğer tüm uygulamalarda tam sulanan sağlıklı ve enfekteli bitkiler arasındaki biyokütle farkının daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.8). Kısıtlı (%30) sulanan enfekteli bitkilerdeki biyokütle kaybının %70 oranında sulanan enfekteli bitkilere göre daha düşük bulunması bu tezdeki çalışmaların önemli bir sonucudur. Önceki bir çalışmada ise daha farklı bir sonuç elde edilmiştir. Shteinberg vd. (2021), Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) ile enfekteli tam sulanan domates çeşitlerinde sürgün biyokütle kaybının %15-17 olduğunu, köke ait biyokütleye ise herhangi bir kayıp tespit edilmediğini bildirmiştir. Aynı çalışmada, kısıtlı su koşullarında yetiştirilen enfekteli domates çeşitlerindeki sürgün biyokütle kaybının %28, kökteki kaybın ise %25 olduğu tespit edilmiştir.

Bitki besin maddeleri uygulanmış ve uygulanmamış sağlıklı ve enfekteli bitkilerde ortalama su kullanma randımanı (SKR: WUE) bu çalışmada incelenmiştir. Tam sulama şartları altında MgSO_4 hariç, tüm uygulamalarda sağlıklı bitkilerin SKR değeri TSWV-enfekteli olanlardan daha yüksek bulunmuştur. Kısıtlı sulanan bitkilerde ise gübresiz kontrol ve üre uygulanan enfekteli bitkilerin SKR değerinin, sağlıklı olanlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Şekil 4.10). Benzer şekilde, TYLCV ile enfekteli domates bitkileri ile daha yüksek su kullanım randıman değerleri elde edilmiştir (Shteinberg vd., 2021).

6. SONUÇ

Bitkilerin beslenme durumu ile patojen ve çevre arasında dinamik bir ilişki vardır. Bitkiler üzerinde besin maddelerinin uygun yönetimi çoğu hastalığın şiddetini etkili bir şekilde azaltabilmektedir. Herhangi bir bitkinin hastalık direnci esas olarak genetik olarak kontrol edilir, ancak bitkilerin veya patojenlerin beslenme durumu ile yakın bir ilişkisi söz konusudur ve bu nedenle, besin yönetimi bitki hastalıkları için her zaman önemli bir düzenleyici olarak görev almaktadır.

Tarımsal sistemlerde karşılaşılan birçok virüs patojeniktir ve ekonomik açıdan önemli verim kayıplarına neden olmaktadır. Viral enfeksiyonların etkin bir kimyasal mücadelesinin olmamasından dolayı, kontrolleri oldukça güçtür. Kültürel mücadele ne yazık ki her zaman yeterince etkili değildir. Bu nedenle, viral hastalıkları önlemek için etkili ve çevre dostu önlemlerin araştırılması gerekmektedir. Bitki besleme bu sistemde önemli bir role sahiptir ve bitkilerde sadece verimi değil aynı zamanda bitki sağlığını etkilemektedir.

Azot, bitkilerin en fazla ihtiyaç duyduğu bitki besin maddesi elementlerinden birisidir ve bitkilerin biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı tolerans geliştirmesinde önemli bir göreve sahiptir. Ancak azotun bitki-patojen etkileşimindeki rolü ve bitki savunma sistemindeki görevi oldukça karmaşıktır. Örneğin azot, bitkilerin fiziksel savunma kapasitesi ve antimikrobiyal özellikteki fitoaleksinin üretimi üzerinde olumsuz etkiye sahipken; savunma ile ilgili enzimleri ve proteinleri üzerinde ise pozitif etkide bulunur. Azotun nitrat (NO_3^-) ve amonyum (NH_4^+) formları bitkilerin hastalıklara karşı dayanımında farklı etkilere sahiptir.

Kontrollü iklim odası koşullarında yürütülen bu çalışmada bazı azotlu besin maddelerinin kısıtlı sulama (%30) şartları altında biber bitkilerinde TSWV enfeksiyonu üzerinde etkili olabileceği gösterilmiştir. Bu çalışmada, üre ve nitrat formunda azot [NH_4NO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$] uygulanan bitkilerin kısıtlı sulama koşullarında TSWV enfeksiyonuna karşı daha yüksek toleransa sahip olduğu, sülfatlı besin maddeleri (NH_4SO_4 ve MgSO_4) uygulananların ise virüs enfeksiyonundan nispeten daha fazla etkilendikleri saptanmıştır. Buna karşılık bitki gelişim parametrelerine bakıldığında, tam sulanan ve üre, NH_4NO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ve $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ile beslenen biber bitkilerinin daha iyi geliştiği ve diğer uygulamalara göre daha yüksek biyokütleyle sahip oldukları belirlenmiştir. Tüm uygulamalardaki enfekteli ve sağlıklı bitkiler göz

önüne alındığında tam sulama koşullarında enfekteli bitkilerdeki biyokütle kaybının %23, kısıtlı su koşullarındaki kaybın ise %12 olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada kısıtlı sulama koşullarında yetiştirilen enfekteli bitkilerde (sülfatlı besin maddesi uygulananlar hariç) TSWV simptomlarının şiddetinin azaldığı gözlenmiştir.

Su kısıtlı koşullarında sağlıklı ve TSWV-enfekteli bitkilerin toplam evapotranspirasyon (ET) değerlerinin, tam sulanan bitkilere göre önemli düzeyde azaldığı, bu azalmanın NH_4SO_4 ve MgSO_4 uygulananlarda daha belirgin olduğu saptanmıştır.

Tam sulama koşulları altında MgSO_4 hariç, tüm uygulamalarda sağlıklı bitkilerin ortalama su kullanma randımanı (SKR) daha yüksek olurken, kısıtlı sulamada üre ve NH_4NO_3 uygulanan enfekteli bitkilerinki daha yüksek bulunmuştur.

Bu çalışma, kısıtlı su şartlarında üre, NH_4NO_3 , veya $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ile TSWV enfeksiyonu etkileşiminin bitki gelişimine pozitif katkı yaparak ya da bu besin maddelerinin virüs enfeksiyonunu baskılayarak etkide bulunduğuna işaret etmiştir.

Besin maddelerinin uygulanmasıyla hastalıkların kontrol edilmesinde ya da baskılanmasında rol oynayan fizyolojik veya biyokimyasal mekanizmaların anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin patojen ile etkileşiminde önemli olan biyokimyasal sinyallerin ve moleküler mekanizmaların belirlenmesine ihtiyaç vardır. Azotun ve diğer besin elementlerinin bitki savunma sistemindeki etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için gelecekte, arazi koşullarında farklı su stresleri altında bitki-virüs etkileşimi üzerine değişik besin elementleri ve konsantrasyonlarının etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKÇA

- Adkins, S. (2000). Tomato spotted wilt virus- positive steps towards negative success. *Molecular Plant Pathology*. 1. 151-157.
- Agrios, G.N. (2005). *Plant pathology*. Elsevier.
- Aguilar, E., Cutrona, C., Del Toro, F.J. et al. (2017). Virulence determines beneficial trade-offs in the response of virus-infected plants to drought via induction of salicylic acid. *Plant Cell Environ*. 40, 2909–2930.
- Ahmed, S.M. (2013). Inter-simple sequence repeat (ISSR) markers in the evaluation of genetic polymorphism of Egyptian Cipsçim L. hybrids. *African Journal of Biotechnology*, 12 (7): 665-669.
- Akcura, C. ve Şevik, M. (2015). Tospovirüslerin Tripsler ile Taşınma Mekanizmaları. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*. 25(2). 214-220.
- Akıncı, S., Akıncı, İ.E. (1999). Kahramanmaraş Kırmızı Biber Yetiştiriciliğinin Sorunları. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği Karşısında Kahramanmaraş Biberinin Sorunları ve Çözüm Önerileri Paneli, 6 Mart 1999, Kahramanmaraş.
- Aktaş, M. ve Ateş, A. (1998). Bitkilerde Beslenme Bozuklukları Nedenleri Tanınmaları. Ankara: Nurol Matbaacılık A.Ş.
- Allen, W.R. and Broadbent, A.B. (1986). Transmission of Tomato spotted wilt virus in Ontario greenhouses by *Frankliniella occidentalis*. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 8. 33-38.
- Alazem, M., Lin, K.Y. and Lin, N.S. (2014) The abscisic acid pathway has multifaceted effects on the accumulation of bamboo mosaic virus. *Mol. Plant–Microbe Interact*. 27, 177–189.
- Alazem, M, Lin, N. S. (2015). Roles of plant hormones in the regulation of host–virus interactions. *Molecular Plant Pathology*. 16 (5): 529-540.
- Âmin, P.W., Reddy, D.V.R. and De Ghanekar, A.M. (1981). Transmission of tomato spotted wilt virus, causal agent of bud necrosis of peanut, by *Scirtothrips dorsalis* and *Frankliniella schultzei*. *Plant Disease*. 65. 663 – 665.
- Anfoka, G., Adi, M., Lilia, F., Amrani, L. et al. (2016) Tomato yellow leaf curl virus infection mitigates the heat stress response of plants grown at high temperatures. *Sci. Rep*. 6, 19715.
- Anonim, (2006). Ziraî Mücadele Teknik Talimatı, Domates lekeli solgunluk virüsü, S. 1-2.
- Anonim, (2022a). <https://gd.eppo.int/taxon/TSWV00/datasheet>. (Erişim tarihi: 19.10.2022)
- Anonim, (2022b). https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/184319/mod_resource/content/1/5-thysanoptera.pdf (Erişim tarihi: 17.10.2022).
- Anonim, (2022c). <http://www.cine-tarim.com.tr/dergi/arsiv30/sektorel.htm>. (Erişim Tarihi: 22.11.22).
- Alazem, M., & Lin, N. S. (2015). Roles of plant hormones in the regulation of host–virus interactions. *Molecular plant pathology*, 16(5), 529-540.
- Aramburu, J., Rodriguez, M. and Arino, J. (2000). Effect of Tomato Spotted Wilt Tospovirus (TSWV) Infection on the Fruits of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Plants of Cultivars Carrying the SW-5 gene. *Journal of Phytopathology*, 148(11-12), 569-574.
- Arin, L. (2018). Kapsaisin ve Tarımda Kullanımı. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 8(4), 21-27.

- Arli Sokmen, M., Mennan, H., Sevik, M.A. and Ecevit, O. (2005). Occurrence of Viruses in Field-grown Pepper Crops and Some of Their Reservoir Weed Hosts in Samsun, Turkey. *Phytoparasitica*. 33(4). 347-358.
- Arli-Sokmen, M., Şevik, M.A. (2006). Viruses infecting field-grown tomatoes in Samsun province, Turkey. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 39(4). 283-288.
- Arnon, D.I. and Stout, P.R. (1939). The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiol*. 14. 371–385.
- Atakan, E. (2003). *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae)’nin pamuk bitkisinde zararının araştırılması. *Türkiye Entomoloji Dergisi*. 27(1). 39-49.
- Atakan, E. and Uygur, S. (2005). Winter and spring abundance of *Frankliniella* spp. and *Thrips tabaci* Lindeman (Thysan., Thripidae) on weed host plants in Turkey. *Journal of Applied Entomology*. 129 (1). 17-26.
- Atakan, E. ve Özgür, A.F. (1999). *Frankliniella intonsa* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae)’nin pamuk bitkisinde yumurta bırakma yerinin tespiti. *Türkiye Entomoloji Dergisi*. 23(2). 135-141.
- Atakan, E., Uygur, S., Özgür, A.F. (1999). Çiçek thrips, *Frankliniella intonsa* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae)’ne konukçuluk eden yabancı ot türleri. *Türkiye Herboloji Dergisi*. Cilt 2, Sayı 1. 32-38.
- Aydınşakir, K., Baştuğ, R. ve Büyüktaş, D. (2003). Antalya Yöresinde Çim Kıyas Bitki Su Tüketimini Veren Bazı Ampirik Eşitliklerin Tarla ve Lizimetre Koşullarında Kalibrasyonu. *Akd. Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 16(1), 107-119.
- Azeri, T. (1981). Preliminary report of tomato spotted wilt virus (TSWV) and its epidemy on tobacco in the Canakkale region of Turkey. *Journal of Turkish Phytopathology*. 10. 2-3.
- Azeri, T. (1994). Detection of tomato spotted wilt virus in tobacco and tomato cultivars by enzyme linked immunosorbent assay. *Journal of Turkish Phytopathology*. 23(1).37-46.
- Baez, I., Reitz, S.R., Funderburk, J.E. and Olson, S.M. (2011). Variation within and between *Frankliniella* thrips species in host plant utilization. *Journal of Insect Science* 11. 41.
- Bahadur, I., Maurya, B.R., Kumar, A., Meena, V.S., Raghuwanshi, R. (2016). Towards the soil sustainability and potassium-solubilizing microorganisms. Meena, V.S., Maurya, B.R., Verma, J.P., Meena, R.S. (ed.). *Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture*. (s. 225-266). New Delhi: Springer.
- Bahadur, I., Maurya, B.R., Meena, V.S., Saha, M., Kumar, A., Aeron, A. (2017). Mineral release dynamics of tricalcium phosphate and waste muscovite by mineral-solubilizing rhizobacteria isolated from indo-gangetic plain of India. *Geomicrobiol J*.
- Bailey, J. (2003). Investigations into possible seed transmission of Tomato spotted wilt virus (TSWV). *North Carolina Peanut Research Project Reports*.
- Barboza, G.E., de Bem Bianchetti, L. and Stehmann, J.R. (2020). *Capsicum carassense* (Solanaceae), a new species from the Brazilian Atlantic Forest. *PhytoKeys*, 140, 125.
- Bayoumi, T.Y., Eid, M.H. and Metwali, E.M. (2008). Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology*, 7(14).
- Belliure, B., Janssen, A. and Sabelis, M. (2008). Herbivore benefits from vectoring plant virus through reduction of period of vulnerability to predation. *Oecologia*. 156. 797- 806.
- Belliure, B., Janssen, A., Maris, P.C., Peters, D. and Sabelis, M.W. (2005). Herbivore arthropods benefit from vectoring plant viruses. *Ecology Letters*. 8. 70-79.

- Bergès, S. E., Vile, D., Vazquez-Rovere, C. et al. (2018). Interactions between drought and plant genotype change epidemiological traits of Cauliflower mosaic virus. *Frontiers in plant science*, 9, 703.
- Best, R. J. (1968). Tomato spotted wilt virus. *Advances in virus research*, 13, 65-146.
- Bhadhuri, D., Rakshit, R., Chakraborty, K. (2014). Primary and secondary nutrients- a boon to defense system against plant diseases. *Int J Bio-Res StressManage* 5.461–466.
- Bitterlich, I. and MacDonald, L. S. (1993). The prevalence of tomato spotted wilt virus in weeds and crops in southwestern British Columbia. *Canadian Plant Disease Survey*, 73(2), 137-142.
- Boiteux, L.S., Nagata, T., Dutra, W.P. and Fonseca, M.E.N. (1993). Sources of resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV) in cultivated and wild species of Capsicum. *Euphytica*, 67(1), 89-94.
- Bolat, İ. ve Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*. 19(1). 218-228.
- Bolton, M. D. and Thomma, B. P. H. J. (2008). The complexity of nitrogen metabolism and nitrogen-regulated gene expression in plant pathogenic fungi. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 72.104–110.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Savaşçı, S. ve Paslı, N. (2001). *Ekoloji – II (Toprak)*. Ankara:Başkent KİİŞE Matbaacılık.
- Bozdoğan, V., Kamberoglu M.A. (2015). Incidence and distribution of Tomato spotted wilt tospovirus (TSWV) in vegetable crops in Antalya province of Turkey. *Journal of Turkish Phytopathology*. 44 (1-3). 39-50.
- Bozdoğan, V., Kamberoglu, M.A. (2015). Incidence and distribution of Tomato spotted wilt tospovirus (TSWV) in vegetable crops in Antalya Province of Turkey. *Turkish Journal of Phytopathology*. 44(1-3). 39-50.
- Bozdoğan, V. (2009). Antalya ilinde domates, biber ve marul yetiştirilen alanlarda Domates Lekeli Solgunluk Virüsü (Tomato spotted wilt virus, TSWV)'nün saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 65.
- Brodbeck, B.V., Stavisky, J., Funderburk, J.E., Andersen, P.C. and Olson, S.M. (2001). Flower nitrogen status and populations of *Frankliniella occidentalis* feeding on *Lycopersicon esculentum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 99. 165-172.
- Bryant, J.P., Chapin, F.S., Klein, D.R. (1983). Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos* 40. 357–368.
- Büschbell T., Hoffmann G.M. (1992). The effects of different nitrogen regimes on the epidemiologic development of pathogens on winterwheat and their control. *J. Plant Dis. Prot.* 99. 381–403.
- Camele, I., Candido, V., Miccolis, V. and Rana, G. L. (2000). 'Influence of nitrogen fertilization and water stress on incidence of virus infections in sweet pepper culture under glasshouse'. *Atti, Giornate Fitopatologiche*. Perugia.
- Capell, T., Bassie, L., Christou, P. (2004). Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress, *PNAS* 101(26): 9909–9914.
- Carballo S.J., Blankenship S.M., Sanders D.C. (1994). Drip fertigation with nitrogen and potassium and postharvest susceptibility to bacterial soft rot of bell peppers, *J. Plant Nutr.* 17. 1175–1191.
- Cebolla-Cornejo, J., Soler, S., Gomar, B. et al. (2003). Screening Capsicum germplasm for resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV). *Annals of applied biology*, 143(2), 143-152.

- Celar, F. (2003). Competition for ammonium and nitrate forms of nitrogen between some phytopathogenic and antagonistic soil fungi. *Biol. Control* 28. 19–24.
- Chen, Y., Williams, K.A., Harbaugh, B.K., Bell, M.L. ve Bell, M.L. (2004). Effects of tissue phosphorus and nitrogen in *Impatiens wallerana* on western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) population levels and plant damage. *Hortscience*. 39. 545-550.
- Chinn, M.S., Sharma-Shivappa, R.R., Cotter, J.L. (2011). Solvent extraction and quantification of capsaicinoids from *Capsicum chinense*. *Food and Bioproducts Processing*, 89, 340-345.
- Cho, J.J., Mau, R.F.L., German, T.L., Hartman, R.W. and Yudin, L.S. (1989). A multidisciplinary approach for tomato spotted wilt virus (TSWV) management in Hawaii. *Plant Disease*. 73. 375-383.
- Cho, J.J., Mau, R.F.L., Gonsalves, D. and Mitchell, W.C. (1986). Reservoirweed hosts of tomato spotted wilt virus. *Plant Disease*. 70. 1014-1017.
- Cho, J.J., Mau, R.F.L., Mitchell, W.C., Gonsalves, D. and Yudin L.S. (1987a). Host list of plants susceptible to tomato spotted wilt virus (TSWV). 630 US ISSN 0271-9916, Research Extension Series 078.
- Cho, J.J., Mitchel, W.C., Mau, R.F.L., Sakimura, K. (1987b). Epidemiology of Tomato Spotted Wilt Virus Disease on Crisphead Lettuce in Hawaii. *Plant Disease*. 71. 505-508.
- Cho, K., Eckel, C.S., Walgenbach, J.F. ve Kennedy, G.G. (1995). Overwintering of thrips (Thysanoptera: Thripidae) in North Carolina. *Environmental Entomology*, 24(1), 58-67.
- Clark, M.F. and Adams, A.N. (1977). Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of general virology*, 34(3), 475-483.
- Corrales Gutierrez, M.Á., R Bejarano, E. and Castillo, A. (2017). Importance of the temperature in the interaction plant-geminivirus.
- Corrales-Gutierrez, M., Medina-Puche, L., Yu, Y., Wang, L., et al. (2020). The C4 protein from the geminivirus Tomato yellow leaf curl virus confers drought tolerance in Arabidopsis through an ABA-independent mechanism. *Plant Biotechnology Journal*, 18(5), 1121.
- Crombie, L. (1999). Natural product chemistry and its part in the defence against insects and fungi in agriculture. *Pesticide Science*, 55, 761-774
- Cupertino, F.P. , Grogan, R.G. , Petersen, L.J. , Kimble, K.A. (1984). Tobacco streak virus infection of tomato and some natural weed hosts in California. *Plant disease*. 68(4). 331-333.
- Çelik, İ., Özalp, R., Polat, İ. (2010). Biberde Domates Lekeli Solgunluk Virüs (Tomato Spotted Wilt Virus-TSWV) Hastalığı, Yayılışı ve Dayanıklılık Çalışmaları, VIII. Tarım Sempozyumu. s. 477-484.
- Çepel, N. (1996). Toprak ilmi. İÜ Yayın No 3945, Orman Fakültesi Yayın No: 438. İstanbul.
- Das, I., Pradhan, M. (2016). Potassium-solubilizing microorganisms and their role in enhancing soil fertility and health.Meena, VS., Maurya, BR., Verma, JP., Meena, RS. (ed.). *Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture*. (s. 281-291). New Delhi: Springer
- Dastogeer, K.M.G. (2018). Influence of fungal endophytes on plant physiology is more pronounced under stress than well-watered conditions: A meta-analysis. *Planta* 248:1403–1416.

- Dastogeer, K.M.G., Chakraborty, A., Sarker, M.S.A. and Akter, M.A. (2020). Roles of fungal endophytes and viruses in mediating drought stress tolerance in plants. *International Journal of Agriculture and Biology*, 24(6), 1497-1512.
- Datnoff, L.E., Elmer, W.H., and Huber, D.M. (2007). *Mineral nutrition and plant disease*. American Phytopathological Society. APS Press
- Davies, F.T.J., He, C., Chau, A., Spiers, J.D. and Heinz, K.M. (2005). Fertiliser application affects susceptibility of chrysanthemum to western flower thrips - Abundance and influence on plant growth, photosynthesis and stomatal conductance. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 80. 403-412.
- Davis, T.S., Bosque-Pérez, N.A., Foote, N.E., Magney, T. and Eigenbrode, S.D. (2015). Environmentally dependent host-pathogen and vector-pathogen interactions in the Barley yellow dwarf virus pathosystem. *Journal of Applied Ecology*, 52(5), 1392-1401.
- De Avila, A.C., Haan, P.D., Kitajima, E.W., Kormelink, R., Resende, R.D.O., Goldbach, R. W. and Peters, D. (1992). Characterization of a distinct isolate of tomato spotted wilt virus (TSWV) from *Impatiens* sp. in the Netherlands. *Journal of Phytopathology*, 134(2), 133-151.
- De Haan, P., Wagemakers, L., Peters, D. and Goldbach, R. (1990). The S RNA segment of tomato spotted wilt virus has an ambisense character. *Journal of General Virology*. 71(5). 1001-1007.
- Debreczeni, D.E., López, C., Aramburu, J., Darós, J.A. et al. (2015). Complete sequence of three different biotypes of tomato spotted wilt virus (wild type, tomato Sw-5 resistance-breaking and pepper Tsw resistance-breaking) from Spain. *Archives of virology*, 160(8), 2117-2123.
- Dietzgen, R.G., Twin, J., Talty, J., Selladurai, S., Carroll, M.L., Coutts, B.A., Berryman, D.I., Jones, R.A.C. (2005). Genetic variability of Tomato spotted wilt virus in Australia and validation of real time RT-PCR for its detection in single and bulked leaf samples. *Annals of Applied Biology*, 146, 517-530.
- Dik, A. J. and Wubben, J.P. (2007). *Epidemiology of Botrytis cinerea diseases in greenhouses*. In *Botrytis: biology, pathology and control* (s. 319-333). Dordrecht : Springer
- Dong, S., Scagel, C.F., Gheng, L., Fuchigami, L.H., and Rygiewicz, P. (2001). Soil temperature and plant growth stage influence nitrogen uptake and amino acid concentration of apple during early spring growth. *Tree Physiol*. 21. 541-547.
- Dordas, C. (2008). Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. *Agron. Sustain. Dev*. 28. 33-46.
- Duman, A.D., Zorlugenç, B. ve Evliya, B. (2002). Kahramanmaraş'ta kırmızı biberin önemi ve sorunları. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*., 5 (2): 111-117.
- Easterday, C.A., Kendig, A.E., Lacroix, C., Seabloom, E.W., Borer, E.T. (2022). Long-term nitrogen enrichment mediates the effects of nitrogen supply and co-inoculation on a viral pathogen. *Ecology and Evolution*;12:e8450. <https://doi.org/10.1002/ece3.8450>.
- Eckel, C.S., Cho, K., Walgenbach, J.F., Kenndy, G.G., Moyer, J.W. (1996). Variation in Thrips Species Composition in Field Crops and Implications for Tomato spotted wilt Epidemiology in North Carolina. *Entomol.exp*. 78. 19-29.
- Ekbiç, E., Fidan, H., ve Selim, E.K.E.R. (2017). Hıyar mozaik virüsünün (CMV) hıyarda bitki besin elementi içeriğine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*. 6. 263-268.
- Elmer, W.H., Datnoff, L.E. (2014). 'Mineral Nutrition and Suppression of Plant Disease'. In: Neal VA. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* (s. 231-244). San Diego. Elsevier.

- Elmer, W.H., Ferrandino, F.J. (1994). Comparison of ammonium sulfate and calcium nitrate fertilization effects on Verticillium wilt of eggplant. *Plant Disease* 78. 811–816.
- Ertekin, A. (2020). TSWV virüsüne dayanıklı yerli pembe domates çeşitlerinin moleküler işaretleyiciler kullanılarak geliştirilmesi (Doctoral dissertation, Bursa Uludağ University).
- Fageria, N.K. (2009). *The Use of Nutrients in Crop Plants*. New York: CRC Pres
- Fageria, N.K., Baligar, V. C. ve Clark, R.B. (2002). Micronutrient in crop production. *Adv. Agron.* 77. 185– 268.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Jones, C.A. (2011). *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops 3rd Edition.*, CRC Pres,
- Farooq, A.A., Akanda, A.M., and Islam, D. (2007). Impact of Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) on Yield Contributing Characters of Eight Tomato Varieties Under Field Condition . *Int. J. Sustain. Crop. Prod.*, 2 (2). 1-9.
- Felton, G.W. and Korth, K.L. (2000). Trade-offs between pathogen and herbivore resistance. *Current Opinion in Plant Biology*. 3. 309-314.
- Felton, G.W., Korth, K.L., Bi, J.L., Wesley, S.V., Huhman, D.V., Mathews, M.C., Murphy, J.B., Lamb, C. and Dixon, R.A. (1999). Inverse relationship between systemic resistance of plants to microorganisms and to insect herbivory. *Current Biology*. 9. 317-320.
- Fennah, R.G. (1963). Nutritional factors associated with seasonal population increase of cacao thrips, *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) (Thysanoptera) on cashew, *Anacardium occidentale*. *Bulletin of Entomological Research*. 53. 681-713.
- Gardiner, D.T. and Miller, R.W. (2008). *Soils in Our Environment*. Pearson New Jersey, USA.
- Gentleman, R.C., Carey, V.J., Bates, D.M., Bolstad, B., Dettling, M. et al. (2004). Bioconductor: open software development for computational biology and bioinformatics. *Genome biology*, 5(10), 1-16.
- German lo, S., Diez M.J., Nuez F. (1996). Viral diseases causing the greatest economic losses to the tomato crop. I. The Tomato spotted wilt virus -a review. *Scientia Horticulturae*. 67. 117-150.
- German, T.L., Ullman, D.E. and Moyer, J.W. (1992). Tospoviruses: diagnosis, molecular biology, phylogeny, and vector relationships. *Annual review of phytopathology*, 30(1), 315-348.
- Gitaitis, R.D., Dowler, C.C., Chalfant, R.B. (1998). Epidemiology of Tomato Spotted Wilt in Pepper and Tomato in Southern Georgia. *Plant Disease*. 82. 752- 756.
- Golnaraghi, A.R., Shahraeen, N., Pourrahim, R., Ghorbani, S. and Farzadfar, S. (2001). First report of Tomato spotted wilt virus on soybean in Iran. *Plant Disease*, 85(12), 1290-1290.
- González, R., Butković, A., Escaray, F. J., Martínez-Latorre, J., Melero, Í. et al. (2021). Plant virus evolution under strong drought conditions results in a transition from parasitism to mutualism. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(6), e2020990118.
- Govindarajan, V.S. (1986). Capsicum-Production, Technology, Chemistry, and Quality Part III. Chemistry of the Color, Aroma, and Pungency Stimuli. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 24: 245.
- Graham, D.R. and Webb, M.J. (1991). “Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants,” in *Micronutrients in Agriculture*, 2nd Edn, (ed). J. J. Mortvedt, F. R. Cox, L. M. Shuman, and R. M. Welch . (s. 329-370). Madison: Soil Science Society of America.

- Green, S.K., Kim, J.S. (1991). Characteristics aid control of viruses infecting peppers. A literature review. Asian Vegetable Research and Development Center. Technical Bulletin No. 18, 60 p.
- Greenleaf, W.H. (1986). Pepper breeding. In: Basset MJ (ed) Breeding vegetable crops.
- Greenough, D.R., Black, L.L. and Bond, W.P. (1990). Aluminium-surfaced mulch: An approach to the control of tomato spotted wilt virus in solanaceous crops. *Plant Disease*. 74. 805-808.
- Griep, R.A., Prins, M., Van Twisk, C., Keller, H.J.H.G., Kerschbaumer, R.J., Kormelink, R., Golbach, R.W., Schots, A. (2000). Application of Phage display in selecting Tomato spotted wilt virus -Specific single -Chain antibodies (scFvs) for sensitive diagnosis in ELISA. *Phytopathology* 90: 183-190.
- Griffith, B. (2011). Essential role of phosphorus in plants.
- Grosse-Brauckmann, E. (1957). The influence of silicic acid on mildew infection of cereals with different nitrogen fertilizers. *Phytopathol.* 30. 112–115.
- Gupta, N., Debnath, S., Sharma, S., Sharma, P. and Purohit, J. (2017). 'in Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture' V. S. Meena, et al. (ed.). (s. 217-251). Singapore: Springer.
- Güldür, M.E. (1997). Şanlıurfa ili için yeni bir virüs: Domates lekeli solgunluk virüsü (Tomato spotted wilt virus). *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 1(3). 71-76.
- Güldür, M.E., Marchoux, G., Yürtmen, M. ve Yılmaz, M.A. (1995). Mersin ve çevresinde yetiştirilen domateslerde zararlı yeni bir virüs: tomato spotted wilt virus. VII: Türkiye Fitopatoloji Kongresi, 26/29 Eylül, s. 303-305. Adana.
- Güzel, N., vd. (2004). Toprak Verimliliği ve Gübreler. Adana : Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın
- Hagan, A.K., Weeks, J.R., French, J.C., Gudauskas, R.T., Mullen, J.M., Gazaway, W.S., Shelby, R. (1990). Tomato Spotted Wilt Virüs in Peanut in Alabama. *Plant Disease*. 74. 615.
- Haktanır, K. ve Arcak, S. (1997). Toprak Biyolojisi: Toprak Ekosistemine Giriş. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*. 126.
- Hamblin, C.O. (1921). Spotted wilt of tomatoes. *Agr. Gaz. NSW*, 32, 50.
- Harrison, U.J., Shew, H.D. (2001). Effects of soil pH and nitrogen fertility on the population dynamics of *Thielaviopsis basicola*. *Plant Soil* 228. 147–155.
- Havlin, J.L., Tisdale, S.L., Nelson, W.L. and Beaton, J.D. (2016). *Soil fertility and fertilizers*. Pearson Education India.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Möller, I.S. ve White, P. (2012). Functions of macronutrients. In *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (pp. 135-189). Academic Press.
- Heming, B.S. (1993). Structure, function, ontogeny and evolution of feeding in thrips (Thysanoptera), pp. 3– 41. In C. W. Schaefer and R. B. Leschen (eds.), *Functional Morphology of Insect Feeding*, Lanham, MD.
- Herms, D.A., Mattson, W.J. (1992). The dilemma of plants – to grow or defend. *Q. Rev. Biol.* 67.283–335.
- Hirayama, T. and Shinozaki, K. (2010). Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future. *Plant Journal*, 61(6): 1041- 1052.
- Hoet, A.E., Cho, K.O. and Chang, K.O.M Tsompana and JW Moyer, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. *Veterinary Research*, 63, 342-348.

- Hoffland, E., Jegger, M.J., van Beusichem, M.L. (2000). Effect of nitrogen supply rate on disease resistance in tomato depends on the pathogen. *Plant Soil* 218. 239–247.
- Hoffland, E., Van Beusichem, M.L., Jegger, M.J. (1999). Nitrogen availability and susceptibility of tomato leaves to *Botrytis cinerea*. *Plant Soil* 210. 263–272.
- Hofman, G. and Van Cleemput, O. (2004). Soil and plant nitrogen.
- Holcomb, G.E. and Valverde, R.A. (2000). First report of *Oidium* sp. powdery mildew and Tomato spotted wilt virus on *Melampodium divaricatum*. *Plant Disease*, 84(10), 1152-1152.
- Hosseini, S.A., Zamani, G.R., Yaghub, Z.M. and Khayyat, M. (2018). Effects of Cucumber Mosaic Virus infection and drought tolerance of tomato plants under greenhouse conditions: Preliminary results. *Journal of Berry Research*, 8(2), 129-136.
- Hsu, C.L., Hoepting, C.A., Fuchs, M., Shelton, A.M. and Nault, B.A. (2010). Temporal Dynamics of Iris Yellow Spot Virus and Its Vector, *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae), in Seeded and Transplanted Onion Fields. *Environmental Entomology*. 39(2). 266-277
- Huber, D.M., and Graham, R.D. (1999). “The role of nutrition in crop resistance and tolerance to disease,”. Z.Rengel (ed). Mineral Nutrition of Crops Fundamental Mechanisms and Implication (s205–226). New York: Food Product Press.
- Huber, D.M. and Wilhelm, N. S. (1988). *The role of manganese in resistance to plant diseases*. Dordrecht: Springer
- Huber, D.M. (1980). The role of mineral nutrition in defense. In Plant Disease An Advanced Treatise. Horsfall J.G., Cowling E.B. (Eds.). How Plants Defend Themselves. (s.381-406) . New York: Academic Press.
- Huber, D.M. (1989). ‘The role of nutrition in the take-all disease of wheat and other small grains’. Engelhard, A.W. (ed.). *Soilborne plant pathogens: management of diseases with macro- and microelements*. (s. 46-75) St Paul: APS Press.
- Huber, D.M., Watson R. D. (1974). Nitrogen form and plant disease. *Phytopathol.* 12. 139–165.
- Huber, M.D. (1996). Introduction, in. Engelhard W.A. (Ed.). ‘*Management of Diseases with Macro- and Microelements*’. (s.217) Minneapolis: APS Press.
- Hull, R. (2013). *Plant virology*. Academic press.
- Hurst, C. J. (Ed.). (2000). *Viral ecology*. Academic Press.
- Iriti, M. and Faoro, F. (2008) Absciscic acid is involved in chitosan-induced resistance to tobacco necrosis virus (TNV). *Plant Physiol. Biochem.* 46, 1106–1111.
- Jain, R.K., Pappu S.S., Culbreath, H.R. et al. (1998). Molecular Diagnosis of Tomato Spotted Wilt Tospovirus Infection of Peanut and Other Field and Greenhouse Crops. *Plant Disease*. 82. 900- 904.
- Johnson, R.R., Black, L.L., Hobs, H.A., Valverde, R.A., Story, R.N., Bond, W.P. (1995). Association of *Frankliniella fusca* and three winter weeds with tomato spotted wilt virus in Louisiana. *Plant Disease*. 79. 572-576.
- Kacar, B. (2012). *Temel bitki besleme*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kacar, B. ve Katkat, A. V. (2010). Bitki Besleme,(5. baskı). *Nobel Yayınları, Ankara*.
- Kamberoğlu, M.A., Çalışkan A.F., Alan, B. (2009). First Report of Tomato spotted wilt virus on eggplant in Turkey. *Journal of Plant Pathology*. 91(1). 231-231.

- Kantarcı, M.D. (2000). Toprak İlmi. İÜ Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İ Ü Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul, 420 s.
- Karaman, M.R. (2012). Bitki besleme ‘sağlıklı bitki, sağlıklı üretim’. Ankara: Gübretaş.
- Karaşahin, M. (2014). Bitkisel üretimde azot alım etkinliği ve reaktif azotun çevre üzerine olumsuz etkileri. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 2(3), 15-21.
- Karthika, K.S., et al. (2018). *Plant nutrients and abiotic stress tolerance*. Singapore: Springer
- Kendig, A.E., Borer, E.T., Boak, E.N., Picard, T.C., Seabloom, E.C. (2020). Host nutrition mediates interactions between plant viruses, altering transmission and predicted disease spread. *Ecology* 101(11):e03155. 10.1002/ecy.3155.
- Kenyon, L., Kumar, S., Tsai, W.S., Hughes, J.D. (2014). Virus diseases of peppers (*Capsicum* spp.) and their control. *Advances in Virus Research*, 90:297-354. doi:10.1016/B978-0-12-801246-8.00006-8.
- Kiraly Z. (1976). *Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients and fertilizers Fertilizer Use and Plant Health, Proceeding*. Atlanta: International Potash Institute.
- Kirk, W.D.J., and Terry, L.I. (2003). The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology*, 5:301–310.
- Kirkegaard, J.A., Munns, R., James, R.A., and Neate, S.M. (1999). Does water and phosphorus uptake limit leaf growth of rhizoctonia-infected wheat seedlings. *Plant Soil*. 209. 157–166.
- Krauss A. (1999). Balanced Nutrition and Biotic Stress. IFA Agricultural Conference on Managing Plant Nutrition, 29 June-2 July (1999), Barcelona, Spain.
- Krishna-Kumar, N.K., Ullman, D.E., and Cho, J.J. (1993). Evaluation of lycopersicon germ plasm for Tomato spotted wilt tospovirus resistance by mechanical and trips transmission. *Plant Disease*. 77. 938-941.
- Krupinsky, J.M., Halvorson, A.D., Tanaka, D.L., Mer-rill, S.D., (2007). Nitrogen and tillage effects on wheat leaf spot diseases in the northern Great Plains. *Agronomy Journal* 99. 562–569.
- Kumar Shaha, R., Rahman, S., Asrul, A. (2013). Bioactive compounds in chilli pepper (*Capsicum annuum* L.) at various ripening (green, yellow and red) stage. *Annals of Biological Research*, 4(8): 27-34.
- Labuschagne, P.M. (1995). *Casing media for Agaricus bisporus cultivation in South Africa* (Doctoral dissertation, University of Pretoria).
- Last, F.T. (1962). Analysis of the effects of E. Graminis DC on the growth of barley. *Ann Bot* 26:297–289.
- Le, T.S. (1970). Tomato Spotted Wilt Virus. C.M.I/A.A. B Description of Plant Virus. No: 39.
- Lecompt, F., Abro, M.A., Nicot, P.C. (2010). Contrasted re-sponses of *Botrytis cinerea* isolates developing on tomato plants grown under different nitrogen nutrition regimes. *Plant Pathology* 59. 891–899.
- Lesk, C., Rowhani, P. and Ramankutty, N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, 529(7584), 84-87.
- Lewis, T. (1973). *Thrips: Their Biology, Ecology and Economic Importance*. New York: Academic Press.

- Li, W., Cui, X., Meng, Z., Huang, X., Xie, Q., Wu, H. et al. (2012) Transcriptional regulation of Arabidopsis MIR168a and argonaute1 homeostasis in abscisic acid and abiotic stress responses. *Plant Physiol.* 158, 1279–1292.
- Liu, X.Y., He, P. and Jin, J.Y. (2008). Effect of potassium chloride on the exudation of sugars and phenolic acids by maize root and its relation to growth of stalk rot pathogen. *Plant Nutrition and Fertilizer Science.* 14(5). 929-934.
- Liu, X.Y., Jin, J.Y. vd. (2007). Effect of potassium chloride on lignin metabolism and its relation to resistance of corn to stalk rot. *Scientia Agricultura Sinica.* 40.2780-2787.
- Lukac, M., Calfapietra, C., Lagomarsino, A., and Loreto, F. (2011). Global climate change and tree nutrition: effects of elevated CO₂ and temperature. *Tree Physiol.* 30. 1209–1220.
- Malik, M.F., Nawaz, M., Ellington, J., Sanderson, R. and El-Heneidy, A. H. (2009). Effect of Different Nitrogen Regimes on Onion Thrips, *Thrips tabaci* Lindemann, on Onions, *Allium cepa* L. *Southwestern Entomologist.* 34(3). 219-225.
- Mandal B, Pappu H.R, Culbreath, A.K (2001) Factors affecting mechanical transmission of tomato spotted virus to peanut (*Arachis hypogae*). *Plant Dis* 85:1259–1263
- Mandal, B., Csinos, A.S., Martinez-Ochoa, N. and Pappu, H.R. (2008). A rapid and efficient inoculation method for Tomato spotted wilt tospovirus. *Journal of Virological Methods*, 149(1), 195-198.
- Mann, R.L., Kettlewell, P.S. and Jenkinson, P. (2004). Effect of foliar-applied potassium chloride on septoria leaf blotch of winter wheat. *Plant pathology*, 53(5), 653-659.
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants 2nd edition*. New York: Academic Press.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. London: Academic Press. 889.
- Marschner, H. (Ed). (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. London: Academic Press.
- Marschner, H., and Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, San Diego: Elsevier Academic Press. 1–651.
- Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3rd Edn. London: Academic Press. 178–189.
- Matsuura, S., Hoshino, S., Hayashi, H., Kohguchi, T., Hagiwara, K. and Omura, T. (2002). Effects of latent infection of stock plants and abundance of thrips [*Frankliniella occidentalis*] on the occurrence of Tomato spotted wilt virus in chrysanthemum fields. *Journal of General Plant Pathology (Japan)*.
- McCauley, A., Jones, C. and Jacobsen, J. (2009). Nutrient Management. *Montana State University Extension Service.* 4449-9. 1–16.
- McGovern, R.J. (2015). Management of tomato diseases caused by *Fusarium oxysporum*. *Crop Prot* 73.78–92.
- Meena, V.S., Meena, S.K., Verma, J.P., Meena, R.S. and Ghosh, B.N. (2015). The needs of nutrient use efficiency for sustainable agriculture. *J Clean Prod.* 102. 562–563.
- Meena, V.S., Maurya, B.R., Bahadur, I. (2014). Potassium solubilization by bacterial strain in waste mica. *Bang J Bot* 43. 235–237.
- Meena, V.S., Maurya, B.R., Meena, R.S. (2015). Residual impact of wellgrow formulation and NPK on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) *Bangladesh J Bot* 44(1). 143–146.

- Mollema, C. and Cole, R.A. (1996). Low aromatic amino acid concentrations in leaf proteins determine resistance to *Frankliniella occidentalis* in four vegetable crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 78. 325-333.
- Momol, M.T., Funderburk, J.E., Olson, V., Stavisky, V. (2002). Management of TSWV on tomatoes with UV-reflective mulch and acibenzolor-S-methyl. Thrips and Tospoviruses: Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera held in Reggio Calabria, Italy; 2 – 7 July 2001. pp 111 – 116.
- Momol, M.T., Olson, S.M., Funderburk, J.E. and Stavisky, J. (2004). Integrated management of tomato spotted wilt on field-grown tomatoes. *Plant Disease*, 88: 882–890.
- Moreno, A., De Blas, C., Biurrun, R., Nebreda, M., Palacios, I., Duque, M., Fereres, A., (2004). The Incidence and Distribution of Viruses Infecting Lettuce, Cultivated Brassica and Associated Natural Vegetation in Spain. *Annals of Applied Biology* 144 (3).
- Moriones E., Aramburu J., Riudavets J., Arno J., Laviña A. (1998). Effect of plant age at time of infection by tomato spotted wilt tospovirus on the yield of fieldgrown tomato. – *Eu.J.Plant Pathol.* 104. 295-300.
- Mound, L.A., Paris, D. and Fisher, N. (2009). World Thysanoptera. CSIRO. <http://anic.ento.csiro.au/thrips/index.html>.
- Moury, B., Selassie, G.K., Marchoux, G., Daubeze, A.M., Palloix, A. (1998). High temperature effects on hypersensitive resistance to Tomato Spotted Wilt Virus Tospovirus (TSWV) in pepper (*C. chinense* Jacq.). *European Journal of Plant Pathology*. 104. 489-498.
- Mumford, R.A., Barker, I. and Wood, K.R. (1996). The biology of the tospoviruses. *Annals of Applied Biology*, 128(1), 159-183.
- Mun, H.Y., Park, M.R., Lee, H.B. and Kim, K.H. (2008). Outbreak of cucumber mosaic virus and tomato spotted wilt virus on bell pepper grown in Jeonnam province in Korea. *The Plant Pathology Journal*, 24(1), 93-96.
- Mur, L.A., Simpson, C., Kumari, A., Gupta, A.K. and Gupta, K.J. (2017). Moving nitrogen to the centre of plant defence against pathogens. *Annals of botany*, 119(5), 703-709.
- Mutebi, C.M. and Moranga, V. (2022). Effect of Different Soil Fertilities on Cowpea Mosaic Virus Disease Incidence. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 9 (3): 355-362. <https://DOI: 10.22059/IJHST.2021.331384.507>.
- Nagata, T. and Peters, D. (2001). An anatomical perspective of Tospovirus transmission. In: Harris KF, Smith OP, Duffus JE (eds) *Virus–insect–plant interactions*, Academic Press, New York. pp 51–67.
- Nagata, T., A.C.L. Almeida, R.O. Resende, and A.C. de A'vila. (2004). The competence of four thrips species to transmit and replicate four tospoviruses. *Plant Pathology*. 53. 136 –140.
- Nagata, T., Inoue-Nagata, A.K., Prins, M., Goldbach, R., Peters, D. (2000). Impeded trips transmission of defective Tomato spotted wilt virus isolates. *Phytopathology*. 90. 454-459.
- Nagata, T., Almeida, A.C.L., De Resende, R.O. and De Avila, A.C. (2002). The transmission specificity and efficiency of Tospoviruses: Marullo R, Mound LA, (eds) *Thrips and Tospoviruses: Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera*. Canberra, Australian National Insect Collection. p. 45–46.
- Nass, P.H., Domier, L.L., Jakstys, B.P. and D'Arcy, C.J. (1998). In situ localization of barley yellow dwarf virus-PAV 17-kDa protein and nucleic acids in oats. *Phytopathology*, 88(10), 1031-1039.

- Nath, D., Maurya, B.R., Meena, V.S. (2017). Documentation of five potassium- and phosphorus-solubilizing bacteria for their K and P-solubilization ability from various minerals. *Biocatal Agric Biotechnol* 10. 174–181.
- Naylor, D. and Coleman-Derr, D. (2018). Drought stress and root-associated bacterial communities. *Frontiers in plant science*, 8, 2223.
- Neumann, S., Paveley, N.D., Beed, F.D. and Sylvester-Bradley, R. (2004). Nitrogen per unit leaf area affects the upper asymptote of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* epidemics in winter wheat. *Plant Pathol.* 53. 725–732.
- Ngadze, E., Icishahayo, D., Coutinho, T.A. and Van der Waals, J.E. (2012). Role of polyphenol oxidase, peroxidase, phenylalanine ammonia lyase, chlorogenic acid, and total soluble phenols in resistance of potatoes to soft rot. *Plant Dis.* 96.186–192.
- Norris, D.O. (1946). The strain complex and symptom development of tomato spotted wilt virus. *Bull. Aust. Council Sci. Ind. Res.* 202. 5.
- Nuez, F., Díez, M. J., RosellÚ, S., Lacasa, A., Jord, C., Martí, M., Costa, J. (1994). Genetic resistance to TSWV (tomato spottedwilt virus) in *Capsicum* spp. *Capsicum Newsletter* 13:86-87.
- Oğuz, A., Ellialtıoğlu, Ş., Çelik, N., Zengin, S. (2009). Bazı domates hatlarının domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV =Tomato Spotted Wilt Virus)’ne karşı reaksiyonlarının mekanik inokulasyon yöntemi ile belirlenmesi. *Derim*, 26(1): 40-50.
- Ohnishi, J., Knight, L.M., Hosokawa, D., Fujisawa, I. and Tsuda, S., (2001). Replication of Tomato spotted wilt virus after ingestion by adult trips *setosus* is restricted to midgut epithelial cells. *Phytopathology*. 91. 1149-1155.
- Oosterhuis, D. M., Loka, D. A., Kawakami, E. M., ve Pettigrew, W. T. (2014). The physiology of potassium in crop production. *Advances in agronomy*. 126. 203-233.
- Osborn, T. G. B. (1919). *J. Agr. S. Australia* 23,437.
- Paksoy, Uslu. (2006), “Türkiye’de kırmızı biberin pazarlanması ve sorunları, VI. Sebze Tarımı Sempozyumu, Kahramanmaraş, ss. 335-339.
- Pappu, H.R. (2008). Tomato spotted wilt virus. *Encyclopedia of virology*. 133-138.
- Pappu, S.S., Pappu, H.R., Gitaitis, R.D. and Gay, J.D. (1998). First report of tomato spotted wilt Tospovirus infection of watermelon in Georgia. *Plant Disease*, 82(3), 351-351.
- Pardossi, A., Tognoni, F. ve Incrocci, L. (2004). Mediterranean greenhouse technology. *Chronica horticulturae*, 44(2): 28-34.
- Parrella, G., Gognalons, P., Gebre-Selassie, K., Vovlas, C., Marchoux, G. (2003). An update of the host range of Tomato spotted wilt virus. *Journal of Plant Pathology*. 85. 227-264.
- Pataky, N.R. (1991). Tomato spotted wilt virus. report on Plant Disease RPD No. 665, Department of Crop Sciences, University of Illinois, UrbanaChampaign.
- Persley, D.M., Thomas, J. E. and Sharman, M. (2006). Tospoviruses: an Australian perspective. *Australasian Plant Pathology*. 35. 161–180.
- Peters, D. (1998). An updated list of plant species susceptible to tospoviruses. Proceedings of the Fourth International Symposium on Tospoviruses and Thrips in Floral and Vegetable Crops, pp. 107-110.
- Pettigrew, W.T. (2008). Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiol. Plantarum*. 133. 670–681.
- Pilon-Smits, E.A., Quinn, C. F., Tapken, W., Malagoli, M., and Schiavon, M. (2009). Physiological functions of beneficial elements. *Current opinion in plant biology*. 12(3). 267-274.

- Poudel, M., Mendes, R., Costa, L.A., Bueno, C.G., Meng, Y., Folimonova, S.Y. et al. (2021). The role of plant-associated bacteria, fungi, and viruses in drought stress mitigation. *Frontiers in microbiology*, 3058.
- Prabhu, A.S., Fageria, N.K., and Huber, D.M. (2007). "Potassium nutrition and plant diseases," L. E. Datnoff, W. H. Elmer, and D. M. Huber (ed). *Mineral Nutrition and Plant Disease*. (s.57-58) .Saint Paul: American Phytopathological Society.
- Putra, L.K. and Damayanti, T.A. (2016). Effect of nitrogen and potassium fertilizers, and soil water content on incidence and severity of Sugarcane streak mosaic virus (SCSMV) infecting sugarcane. In *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists* (Vol. 29, pp. 1620-1626).
- Rahdari, P. and Hoseini, S.M. (2012). Drought stress: a review. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 3(10), 443-446.
- Ramegowda, V. and Senthil-Kumar, M. (2015). The interactive effects of simultaneous biotic and abiotic stresses on plants: mechanistic understanding from drought and pathogen combination. *Journal of plant physiology*, 176, 47-54.
- Rattan, R.K. (2015). *Soil science: an introduction.*, New Delhi: Indian Soc Soil Sci.
- Reuveni, M., Oppenheim, D., and Reuveni, R. (1998). Integrated control of powdery mildew on apple trees by foliar sprays of mono-potassium phosphate fertilizer and sterol inhibiting fungicides. *Crop Prot.* 17. 563–568.
- Reuveni, R., Dor, G., Raviv, M., Reuveni, M., and Tuzun, S. (2000). Systemic resistance against *Sphaerotheca fuliginea* in cucumber plants exposed to phosphate in hydroponics system, and its control by foliar spray of monopotassium phosphate. *Crop Prot.* 19. 355–361.
- Reuveni, R. and Reuveni, M. (1998). Foliar-fertilizer therapy—a concept in integrated pest management. *Crop protection*. 17(2). 111-118.
- Rice, D., German, T.L., Mau, R.F.L. and Fujimoto, F.M. (1990). Dot blot detection of tomato spotted wilt virus RNA in plant and thrips tissues by cDNA clones. *Plant Disease*, 74: 274-276.
- Riley, D.G. and Pappu, H.R. (2004). Tactics for management of thrips (Thysanoptera, Thripidae) and Tomato spotted wilt virus in tomato. *Journal of Economic Entomology*, 97: 1648-1658.
- Rischkov, V.L. ve Smirnova, V.A. (1939). Accumulation of virus of tobacco mosaic in plants when nitrogen is withheld from them. *C.R. Acad. Sci. U.R.S.S.* 23. 95.
- Rice, R.W. (2007). The physiological role of minerals in the plant. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (eds.) *Mineral nutrition and plant disease*, St. Paul, Minnesota: The American *Phytopathological Society*. p. 9–29.
- Riley, D.G., Joseph, S.V., Srinivasan, R. and Diffie, S. (2011). Thrips vectors of tospoviruses. *Journal of Integrated Pest Management*. 1. 1–10.
- Riley, D.G., Pappu, H.R. (2000). Evaluation of tactics for management of trips-vectored Tomato spotted wilt virus in tomato. *Plant Disease*. 84. 847-852.
- Roggero, P., Lisa, V., Nervo, G., Pennazio, S. (1996). Continuous high temperature can break the hypersensitivity of *Capsicum chinense* 'PI152225' to tomato spotted wilt tospovirus (TSWV).
- Roossinck, M.J. (2011). The good viruses: viral mutualistic symbioses. *Nature Reviews Microbiology*, 9(2), 99-108.

- Roselló, S., Díez, M.J. and Nuez, F. (1996). Viral diseases causing the greatest economic losses to the tomato crop. I. The Tomato spotted wilt virus—a review. *Scientia Horticulturae*, 67(3-4), 117-150.
- Saidi, M. and Warade, S.D. (2008). Tomato breeding for resistance to Tomato spotted wilt virus (TSWV): An overview of conventional and molecular approaches. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 44. 83-92.
- Sakimura, K. (1962). The present status of thrips-borne viruses. *Biological transmission of disease agents*, 33-40.
- Samuel, G., Bald, J.G. and Pittman, H.A. (1930). Investigations on" Spotted Wilt" of Tomatoes. *Bulletin of the Council for Scientific and Industrial Research, Australia*, (44).
- Sarı, N. (2018). Domates lekeli solgunluk virüs hastalığına karşı dayanıklılığı kıran TSWV (Tomato Spotted Wild Virus) izolatının moleküler karakterizasyonu.
- Sarkar, D., Meena, V. S., Haldar, A., Rakshit, R. (2017). Site-specific nutrient management (SSNM): a unique approach towards maintaining soil health. *Adapt Soil Manage Theory Pract.* 69–88.
- Sarwar, M. (2012). Effects of potassium fertilization on population build up of rice stem borers (lepidopteron pests) and rice (*Oryza sativa* L.) yield. *Journal of Cereals and Oilseeds*. 3(1). 6-9.
- Scheible, W.R., Morcuende, R., Czechowski, T., Fritz, C., Osuna, D., Palacios-Rojas, N., Schindelasch, D., Thimm, O., Udvardi, M.K., Stitt, M. (2004). Genome-wide reprogramming of primary and secondary metabolism, protein synthesis, cellular growth processes, and the regulatory infrastructure of Arabidopsis in response to nitrogen. *Plant Physiol.*, 136, 2483–2499.
- Scholthof, K.B.G., Adkins, S., Czosnek, H., Palukaitis, P., Jacquot, E., Hohn, T., ... & Foster, G. D. (2011). Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology*, 12(9), 938-954.
- Schuch, U.K., Redak, R.A. and Bethke, J.A. (1998). Cultivar, fertilizer, and irrigation affect vegetative growth and susceptibility of Chrysanthemum to western flower thrips. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 123. 727-733.
- Scott Brown, A.S., Simmonds, M.S.J. and Blaney, W.M. (2002). Relationship between nutritional composition of plant species and infestation levels of thrips. *Journal of Chemical Ecology*. 28(12). 2399-2409.
- Sedano-Castro, G., González-Hernández, V.A., Saucedo-Veloz, C., Soto-Hernández, M., Sandoval-Villa, M. and Carrillo-Salazar, J. A. (2011). Yield and Quality of Zucchini Fruits on High Doses of N and K. *Terra Latinoamericana*. 29(2). 133-142.
- Selman, I.W. (1945). The susceptibility of lettuce to mosaic virus in relation to nitrogen, phosphate and water supply. *J. hurt. Sci.* 21. 28.
- Sevik, M.A. and Arli-Sokmen, M. (2012). Estimation of the effect of Tomato spotted wilt virus (TSWV) infection on some yield components of tomato. *Phytoparasitica*, 40(1), 87-93.
- Shabala, S. and Pottosin, I. I. (2010). Potassium and potassium-permeable channels in plant salt tolerance. *Signal. Commun. Plants*. 87–110.
- Sharma, R.C., Duveiller E. (2004). Effect of helminthosporium leaf blight on performance of timely and late-seeded wheat under optimal and stressed levels of soil fertility and moisture. *Field Crop Res.* 89. 205–218.

- Sharma, S., Duveiller, E., Basnet, R., Karki, C. B. and Sharma, R. C. (2005). Effect of potash fertilization on *Helminthosporium* leaf blight severity in wheat and associated increases in grain yield and kernel weight. *Field Crop Res.* 93. 142–150.
- Sherman, J.M., Moyer, J.W. and Daub, M.E. (1998). Tomato spotted wilt virus resistance in chrysanthemum expressing the viral nucleocapsid gene. *Plant Disease*, 82(4), 407-414.
- Shrivastava, M., Srivastava, P.C., D'Souza, S.F. (2016). 'KSM soil diversity and mineral solubilization, in relation to crop production and molecular mechanism'. Meena, V.S., Maurya, B.R., Verma, J.P., Meena, R.S (ed.). *Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture*. New Delhi: Springer (s. 221–234).
- Shteinberg, M., Mishra, R., Anfoka, G., Altaieb, M., Brotman, Y., Moshelion, M., ... & Czosnek, H. (2021). Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) promotes plant tolerance to drought. *Cells*, 10(11), 2875.
- Singh, B. and Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*, 39(2), 137-141.
- Smiley, R.W., Cook, R.J. (1973). Relationship between take-all of wheat and rhizosphere pH in soils fertilized with ammonium vs. nitrate-nitrogen. *Phytopathology* 73.882–890.
- Smith, K.M. (1931). On the composite nature of certain potato virus diseases of the mosaic group as revealed by the use of plant indicators and selective methods of transmission. Series B, Containing Papers of a Biological Character. 109(762), 251-267.
- Soler, S., Diez, M. J., Nuez, F. (1998). Effect of temperature regime and growth stage interaction on pattern of virus presence in TSWV-resistant accessions of *Capsicum chinense*. *Plant Disease*. 82. 1199-1204.
- Spann, T.M. and Schumann, A.W. (2010). *Mineral Nutrition Contributes to Plant Disease and Pest Resistance*. Florida: Horticultural Sciences Department UF/IFAS Extension University of Florida
- Spencer, E.L. (1941). Influence of Nitrogen Supply on the Rate of Multiplication of Tobacco-Mosaic Virus. *Plant Physiology*. 16(4).663.
- Spencer, K. (1975). 'Sulphur requirements of plants'. K. D. McLachlan, (Ed.). Sulphur in Australian agriculture. (s. 98–116). Australia: Sydney Univ. Press.
- Spencer, K.L. (1939). The effect of boat nutrition on concentration of tobacco mosaic virus. *Plant Phys.* 14.769-762.
- Stevens, M.R., Scott, S.J. and Gergerich, R.C. 1992. Inheritance of a gene for resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV) from *Lycopersicon esculentum* Mill. *Euphytica*, 59: 9–17.
- Sun, Y., Wang, M., Mur, L. A. J., Shen, Q. and Guo, S. (2020). Unravelling the roles of nitrogen nutrition in plant disease defences. *International journal of molecular sciences*, 21(2), 572.
- Suzuki, N., Rivero, R.M., Shulaev, V., Blumwald, E., Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytol.*, 203:32–43.
- Şeniz, V. (1992). Domates, biber ve patlıcan yetiştiriciliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı (TAV) Yayınları, no: 26 174 s., Yalova..
- Şevik, M. (2007). Domates Lekeli Solgunluk Virüsü (TSWV)'nün Tarımsal Ürünlerde Meydana Getirdiği Ekonomik Kayıplar. R.Ü.Z.F. Dergisi. 15(1). 35-42.
- Şevik, M. (2014). Thrips (Thripidae: Thysanoptera) Türleri İle Taşınan Bitki Virüsleri. *DergiPark*. 25(1). 1-11

- Şevik, M.A. (2008). Thrips (Thripidae: Thysanoptera) türleri ile taşınan bitki virüsleri. *Derim*. 25. 1–11.
- Şevik, M.A. (2015). Sebze Üretimini Tehdit Eden Viral Hastalık Etmeni: Domates lekeli solgunluk virüsü (Tomato spotted wilt virus–TSWV). *Fen Bilimleri Enst. Dergisi Iğdır Univ. J. Inst. Sci. ve Tech.* 5(2). 17-23.
- Şevik, M.A. ve Arlı Sökmen, M. (2007). Domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV)’ nün trips türleri (Thrips tabaci Lindeman ve Frankliniella intonsa Trybom) ile yayılış durumunun incelenmesi. Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, 27-30 Ağustos (2007), ss. 115. Antalya.
- Taiz, L., and Zeiger, E. (2002). Photosynthesis: physiological and ecological considerations. *Plant Physiol.* 9.172-174.
- Takahashi, F., Kuromori, T., Urano, K., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K. (2020). Drought Stress Responses and Resistance in Plants: From Cellular Responses to LongDistance Intercellular Communication. In: Howell, S. (Ed.), *Molecular Biology. The Plant Sciences*, Vol 2. Springer, New York, NY. Frontiers Media S.A., p doi.org/10.1007/978-1-4614-7570-5_7. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2020.556972/> BIBTEX.
- Tekinel, N., Dolar, M. S. , Sağsöz, S. Salcan, Y. (1969). Mersin Bölgesinde ekonomik bakımdan önemli bazı sebzelerin virüsleri üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*. 9(1). 37-49.
- Tenllado, F. and Canto, T. (2020). Effects of a changing environment on the defenses of plants to viruses. *Current Opinion in Virology*, 42, 40-46.
- Tohumcu, E., Birişik, N., Sağlam, H. N., Kamberoğlu, M., Yaşar, Y. (2021). Adıyaman İli ve Çevresinde Tütün Ekim Alanlarında Virüs Hastalıklarının Tespiti ve 10 Yıllık Epidemi Durumunun Değerlendirilmesi. *Adyutayam Dergisi*. 9(2). 90-100.)
- Tomlinson, J.A. (1987). Epidemiology and control of virus diseases of vegetables. *Annals of Applied Biology*, 110(3), 661-681.
- Tripathi, R., Tewari, R., Singh, K.P., Keswani, C., Minkina, T., Srivastava, A.K., ... and Sansinenea, E. (2022). Plant mineral nutrition and disease resistance A significant linkage for sustainable crop protection. *Frontiers in Plant Science*. 3116.
- Tsompana, M., Abad, J., Purugganan, M. and Moyer, J.W. (2005). The molecular population genetics of the Tomato spotted wilt virus (TSWV) genome. *Molecular Ecology*. 14(1). 53-66.
- Tunç, İ. (1985). On some Thysanoptera from the Middle Black Sea region of Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*. 9(4). 217-224.
- Tunç, İ. ve Göçmen, H. (1995). Antalya’da bulunan iki sera zararlısı Polyphagotar latus (Banks) (Acarina, Tarsonemidae) ve Frankliniella occidentalis (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) üzerine notlar. *Türk Entomoloji Dergisi*. 19. 101-109.
- Turner, N.C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and soil*, 58(1), 339-366.
- Uhrig, J.F., Soellick, T. R., Minke, C. J., Philipp, C., Kellmann, J. W., Schreier, P. H. (1999). Homotypic interaction and multimerization of nucleocapsid protein of Tomato spotted wilt tospovirus: Identification and characterization of two interacting domains. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 96: 55-60.
- Ullman, D.E., Cho, J.J., Mau, R. F. L., Westcot, D. M. and Custer, D. M. (1992). A midgut barrier to tomato spotted wilt virus acquisition by adult western flower thrips. *Phytopathology*. 82. 1333 –1342.

- Ullman, D.E., Sherwood, J. L. and German, T. L. (1997). Thrips as vectors of plant pathogens, pp. 539-565. In T. Lewis (ed), Thrips as Crop Pests. CAB International, New York.
- Uyemoto, J.K., Luhn, C.F., Asai, W.K., Beede, R., Beutel, J.A., Fenton, R. (1989). Incidence of ilarviruses in young peach trees in California. *Plant Disease* 73, 217–20.
- Verit, A., Yeni, E., Ünal, D. (2001). Tarihten Günümüz Ürolojisine Kırmızı Acı Biber. *Türk Üroloji Dergisi*, 27(4): 399-402.
- Verma, R., Maurya, B.R., Meena, V.S., Dotaniya, M.L., Deewan, P. (2017). Microbial dynamics as influenced by bio-organics and mineral fertilizer in alluvium soil of Varanasi. *Int J Curr Microbiol App Sci* 6(2). 1516–1524.
- Verma, R., Maurya, B.R., Meena, V.S., Dotaniya, M.L., Deewan, P., Jajoria, M., (2017). Enhancing production potential of cabbage and improves soil fertility status of Indo-Gangetic Plain through application of bio-organics and mineral fertilizer. *Int J Curr Microbiol App Sci* 6(3). 301–309.
- Volk, J.R., Kahn, R.P., Weintraub, R.L. (1958). Silicon content of rice plants as a factor influencing the resistance to infection by the blast fungus *Piricularia oryzae*. *Phytopathology* 48.179–184.
- Walters, D.R., and Bingham, I.J. (2007). Influence of nutrition on disease development caused by fungal pathogens implications for plant disease control. *Ann. App. Biol.* 151. 307–324.
- Wang, D., Bosland, P.W. (2006). The genes of Capsicum. *Horticultural Science*, 41:1169–1187.
- Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., ve Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International journal of molecular sciences*. 14(4). 7370-7390.
- Wang, W., Vinocur, B., Shoseyov, O. And Altman, A. (2004). Role of plant heat-shock proteins and molecular chaperones in the abiotic stress response. *Trends in plant science*, 9(5), 244-252.
- Wangai, A.W., Mandal B., Pappu H., Kilonzo S., (2001). Outbreak of Tomato spotted wilt virus in tomato in Kenya. *Plant Disease*. 85. 1123.
- Wen, Z.H., Li, H.G., Shen, J.B., and Rengel, Z. (2017). Maize responds to low shoot P concentration by altering root morphology rather than increasing root exudation. *Plant Soil*. 416. 377–389.
- Westmore, G.C. (2012). Thrips vectors and resistance to Tomato spotted wilt virus (TSWV) in potato (Doctoral dissertation, University of Tasmania).
- Westwood, J.H., Mccann, L., Naish, M., Dixon, H., Murphy, A.M., Stancombe, M.A., Bennett, M.H. et al. (2012) A viral RNA silencing suppressor interferes with abscisic acid-mediated signalling and induces drought tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Mol. Plant Pathol.* 14, 158–170.
- Whenham, R.J., Fraser, R.S.S., Brown, L.P. and Payne, J.A. (1986). Tobacco-mosaic-virus-induced increase in abscisic-acid concentration in tobacco leaves. *Planta*, 168(4), 592-598.
- Whitaker, B.K., Rúa, M.A. and Mitchell, C.E. (2015). Viral pathogen production in a wild grass host driven by host growth and soil nitrogen. *New Phytologist*, 207(3). 760-768.
- Whitfield, A.E., Ullman, D.E., German, T.L. (2005). Tospovirus-thrips interactions. *Annual Review of Phytopathology* 43. 459-494.
- Whitworth, J.L., Nolte, P., McIntosh, C. and Davidson, R. (2006). Effect of Potato virus Y on yield of three potato cultivars grown under different nitrogen levels. *Plant Disease*, 90(1), 73-76.

- Wijkamp, I., Goldbach, R. and Peters, D. (1996). Propagation of Tomato spotted wilt virus in *Frankliniella occidentalis* does neither result in pathological effects nor in transovarial passage of the virus. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 81. 285-292.
- Wijkamp, I., Peters, D. (1993). Determination of the median latent period of two tospoviruses in *Frankliniella occidentalis* using a novel leaf disk assay. *Phytopathology*. 82. 986-991.
- Wilkens, R.T., Spoerke, J.M., Stamp, N.E. (1996). Differential response of growth and two soluble phenolics of tomato to resource availability. *Ecology* 77.247–258.
- Wilson, C.R. (1998). Incidence of weed reservoirs and vectors of Tomato spotted wilt tospovirus on southern Tasmanian lettuce farms. *Plant Pathology*. 47. 171- 176.
- Wollenweber, B.J.R. Porter, T. Lübberstedt, T. (2005). Need for multidisciplinary research towards a second green revolution. *Curr Opin Plant Biol* 8:337–341
- Xu, P., Chen, F., Mannas, J. P. Feldman, T., Sumner, L.W. and Roossinck, M.J. (2008) Virus infection improves drought tolerance. *New Phytol*. 180, 911– 921.
- Yardımcı, N. (2013). Bitki virolojisi. İstanbul. Hasad yayıncılık.
- Yardımcı, N., Çulal-Kılıç, H. (2009). Tomato spotted wilt virus in vegetable growing areas in the west mediterranean region of Turkey. *African Journal of Biotechnology*. 8(18). 4539-4541.
- Yermiyahu, U., Shamai, I., Peleg, R., Dudai, N., and Shtienberg, D. (2006). Reduction of *Botrytis cinerea* sporulation in sweet basil by altering the concentrations of nitrogen and calcium in the irrigation solution. *Plant Pathology*. 55(4). 544-552.
- Yılmaz, M.A., and Davis, R.F. (1984). Purification and Particle Morphology of TMV, CMV, and ZYMV Isolated from Various Cultivated Crops Grown along the Mediterranean Coast of Turkey. *J. Turkish Phytopathology* 13(1), 29-38.
- Yılmaz, M.A., and Davis, R.F., and Varney, E.H. (1993). Viruses on Vegetable Crops along the Mediterranean Coast of Turkey. *Phytopathology*, 73, 378s.
- Yudin, L.S., Tabashnik, B.E., Cho, J.J. and Mitchell, W.C. (1990). Disease-prediction and economic models for managing tomato spotted wilt virus disease in lettuce. *Plant disease*, 74(3), 211-216.
- Yurtmen, M., Guldur, M.E., Yılmaz, M.A. (1999). Tomato spotted wilt virus on peppers in İçel province of Turkey. *Petria*. 9 (3). 243-344.

EKLER

EK. 1. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin toplam biyokütle değerleri

Biyokütle, g	S%70	E%70	S%30	E%30
Kontrol	25,73	16,49	8,72	15,65
Üre	84,42	62,51	34,77	41,28
NH ₄ NO ₃	81,74	59,17	42,23	39,17
Mg(NO ₃) ₂	93,13	67,42	45,31	43,68
(NH ₄) ₂ SO ₄	68,48	60,45	29,71	14,54
MgSO ₄	17,38	19,10	32,52	15,76

EK. 2. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin evapotranspirasyon (ET) değerleri

ET, mm	S%70	E%70	S%30	E%30
Kontrol	147,14	133,13	74,88	74,45
Üre	236,91	211,12	94,76	94,01
NH ₄ NO ₃	235,03	218,56	96,35	94,46
Mg(NO ₃) ₂	199,55	212,20	88,76	88,19
(NH ₄) ₂ SO ₄	224,86	226,82	89,47	68,68
MgSO ₄	128,31	130,55	97,38	66,09

EK. 3. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin bitki ortalama su kullanım randımanı değerleri

WUE, mg/mm	S%70	E%70	S%30	E%30
Kontrol	174,78	123,18	116,48	209,67
Üre	356,46	297,22	366,87	442,24
NH ₄ NO ₃	349,69	270,14	417,79	438,85
Mg(NO ₃) ₂	466,36	321,73	511,26	495,22
(NH ₄) ₂ SO ₄	306,99	266,96	330,04	212,33
MgSO ₄	135,13	146,25	333,62	238,43

EK. 4. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin oransal turgidite değerleri

Oransal Turgidite	S70%	E70%	S30%	E30%
Kontrol	89,26	80,89	94,16	87,76
Üre	87,48	90,01	95,56	88,61
NH ₄ NO ₃	87,76	85,31	92,25	87,09
Mg(NO ₃) ₂	87,13	95,06	96,45	90,70
(NH ₄) ₂ SO ₄	85,95	89,94	96,80	93,95
MgSO ₄	88,40	89,35	93,19	87,80

EK. 5. Kısıtlı ve tam sulama koşullarında farklı besin uygulanan TSWV-enfekteli ve sağlıklı bitkilerin doygunluk eksikliği (%) değerleri

Doygunluk eksikliği	S70%	E70%	S30%	E30%
Kontrol	10,74	19,11	5,84	12,24
Üre	12,52	9,99	4,44	11,39
NH ₄ NO ₃	12,24	14,69	7,75	12,91
Mg(NO ₃) ₂	12,87	4,94	3,55	9,30
(NH ₄) ₂ SO ₄	14,05	10,06	3,20	6,05
MgSO ₄	11,60	10,65	6,81	12,20

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep ASLAN, Ankara Mamak Anadolu Lisesi'ni bitirdikten sonra Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma bölümünden 26.06.2019 tarihinde mezun oldu. 2020 yılında Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans programına başladı.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : [0000-0002-5396-6015](https://orcid.org/0000-0002-5396-6015)

Yayınlar:

1. Aslan, Z., Oğuz, A. Ç. ve Karakaya, A. Önemli Bir Arpa Patojeni: *Ramularia collo-cygni*. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 1-1.

Kazanılan Ödüller, Teşvikler ve Burslar

1. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi 15. Öğrenci Kongresinde Poster sunum 1.lik ödülü
2. Altındağ Belediyesi Teşekkür Belgesi-Minik Dostlarım Böcekler Bilim Okulu
- 3.TÜBİTAK 1001-ARAŞTIRMACI, Arpa Islahı İçin Ana Gen Kaynağı Koleksiyonunun Oluşturulması ve Genotiplerde Genom-Boyu İlişkilendirme Çalışması ile Agro-Morfolojik ve Patojen İlişkili Karakterler- SNP İlişkilerinin Belirlenmesi (The Generation of Core Germplasm Collection for Barley Breeding and Determination of Agro-Morphological and Pathogen Related Characters and– SNP Relation Using Genome-Wide Association Studies), 15/08/2020-15/09/2021 (ULUSAL) Bursiyer.