

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOMATESİN (*Lycopersicon esculentum* L.)
BESLENME DURUMLARININ UZAKTAN ALGILAMA TEKNİK VE
TEKNOLOJİLERİ İLE BELİRLENMESİ**

Şelay SAYDAM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI**

2011

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOMATESİN (*Lycopersicon esculentum* L.)
BESLENME DURUMLARININ UZAKTAN ALGILAMA TEKNİK
VE TEKNOLOJİLERİ İLE BELİRLENMESİ**

Şelay SAYDAM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI**

**Bu Tez 2009.02.0121.012 no' lu Proje Olarak Akdeniz Üniversitesi Bilimsel
Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Tarafından Desteklenmiştir.**

2011

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOMATESİN (*Lycopersicon esculentum* L.)
BESLENME DURUMLARININ UZAKTAN ALGILAMA TEKNİK VE
TEKNOLOJİLERİ İLE BELİRLENMESİ

Şelay SAYDAM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI

Bu tez/....../2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (...) not takdir edilerek oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa SARI (Danışman)

Prof. Dr. Nurgül ERCAN

Yrd. Doç. Dr. Şule ORMAN

ÖZET

DOMATESİN (*Lycopersicon esculentum* L.) BESLENME DURUMLARININ UZAKTAN ALGILAMA TEKNİK VE TEKNOLOJİLERİ İLE BELİRLENMESİ

Şelay SAYDAM

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa SARI

Ocak 2011, 196 Sayfa

Çeşitli faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan verimin ve/veya ekonomik getirinin azalması hususu, tarımsal üretimin önemli sorunları arasında yer almaktadır. Diğer taraftan özellikle artan gıda gereksinimini karşılamak amacıyla uygulanan “birim alandan yüksek verim elde etme çabaları” ise kısa vadede başarılı olarak görünse de bu uygulamanın beraberinde gelen ve özellikle aşırı gübre ve ilaç kullanımından kaynaklanan sorunlar da sektörün çözmesi gereken sorunlardır. Bu nedenle, söz konusu böylesi sorunların özellikle rekabetçi pazar koşullarında çözümlenebilmesi için üreticiler ürün, üretim ve pazara ilişkin hemen her şeyi bilmek ya da bunları olabildiğince kontrol altında tutmak zorundadırlar. Pazar koşullarının takibi ve kontrolü bir tarafa bırakılacak olur ise tarımsal üretimin izlenmesi ya da kontrollü bir üretimin gerçekleştirilmesi ve nihayet üretimin ve üretim ortamının denetlenmesi için son yıllarda bazı yeni teknik ve teknolojilerin geliştirilmesi kapsamında yoğun çalışmalar sürdürülmektedir. Bu yeniliklerden bir tanesi de bitkilerin kullandıkları fotosentetik aktif radyasyonun (PAR) ölçümü ve bu radyasyonun çeşitli şekillerde analiz edilmesine dayanan “uzaktan algılama (UA)” teknik ve teknolojileridir. Söz konusu bu yeni teknik ve teknoloji ile üretim ortamlarını ve üretimi bazı bilgi teknolojilerinden de yararlanarak izlemek ve değişen ortam koşullarına göre üretim teknik ve teknolojilerinin uygulanması kapsamında daha sağlıklı ve daha güvenilir kararları vermek mümkün olabilmektedir.

Bu araştırmada da sera koşullarında yetiştirilmiş olan LİNDA çeşidi domates bitkisinin farklı beslenme koşullarının uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenip belirlenemeyeceği araştırılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desensine göre 4 tekerrürlü olarak saksıda yetiştirilen domates bitkilerine azot (N), fosfor (P), potasyum (K), magnezyum (Mg) ve demir (Fe) besin elementlerinin farklı dozları uygulanmış ve bitkilerin PAR kullanımları taşınabilir el spektrometresi ile elektromanyetik spektrumun 325-1075 nanometre (nm) dalga boyu

aralıklarındaki spektral yansıma değerleri ölçülmüştür. Yansıma ölçümleri bitkilerin genç fide, çiçeklenme, meyve olum ve olgunlaşma gibi ana fizyolojik dönemleri esas alınarak, haftada bir defa ve dört tekerrürlü olarak yapılmış ve bu uygulama ile eş zamanlı olarak bitki yapraklarının klorofil düzeyleri de belirlenmiştir. Sonuç olarak; domates bitkisinin beslenme koşullarının uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenip üretim süreçlerinin izlenebilmesinin mümkün olduğu ancak bu teknik ve teknolojinin güvenle kullanılabilmesi için ilave araştırmaların yapılması gerekmektedir. Bu yeni araştırmalarda ise yetiştirme ortamı materyalinin doğala yakın olmasına özen gösterilmesinin, yansıma ölçümlerinin multispectral yerine hiperspektral teknolojiler ile yapılmasının ve klorofil ölçümlerinin de spektral ölçümlerle eş zamanlı olarak yapılmasında yarar bulunmaktadır.

ANAHTAR KELİMELEER: Domates, gübreleme, uzaktan algılama, yansıma, izleme.

JÜRİ: Prof. Dr. Mustafa SARI (Danışman)

Prof. Dr. Nurgül ERCAN

Yrd. Doç. Dr. Şule ORMAN

ABSTRACT

THE DETERMINATION OF THE NUTRITIONAL STATUS OF TOMATO (*Lycopersicon esculentum* L.) WITH REMOTE SENSING TECHNIQUES AND TECHNOLOGIES

Şelay SAYDAM

M.Sc.Thesis in Soil Science

Adviser: Prof. Dr. Mustafa Sarı

January 2011, 196 pages

The issue that the economical return and/or emerging yield decrease depending on various factors is among the most significant subjects of the agricultural production. On the other hand, especially ‘the efforts to obtain high output from the unit area’ in order to meet the increasing food requirements may seem succesful in the short run, however, the problems stemming from this implementation and especially from excessive usage of fertilizers and pesticides are among the ones to be solved. Therefore, in order for such problems to be solved especially in the competitive market conditions, the producers have to know almost everything about the product, production and market or take them under control as much as possible. Putting aside the following and control of the market conditions, in the recent years within the scope of development of some new techniques and technologies, intensive works have been conducted in order to keep up with agricultural production or to realize a controlled production and finally for the inspection of production and productional environment. One of these innovations is the measurement of the photosynthetical active radiation (PAR) and remote sensing (RS) techniques and technologies based on the analysis of this radiation in several ways. Via this aforementioned technique and technology, it is possible to observe production environments and production with the help of some information technologies and to make more healthy and more reliable desicions within the scope of the implementation of the production techniques and technologies according to changing environment conditions.

This study is about whether a greenhouse type LINDA tomato vegetable can be determined through the remote perception methods of different nutritional conditions. According to random sampling experimental design, with 4 replications, the pot vegetable tomato was given the different dosages of the nutritious elements such as nitrogen(N), phosphor(P), potassium(K), magnesium(Mg) and ferro(F) and PAR usages of the plants and the spectral

reflection values of the electromagnetic spectrum between the intervals of 325–1075 nanometre(nm) wavelengths were measured with a movable spectroradiometre. Reflection measurements were carried out once a week with 4 replications which based on the main physiological periods of the plants such as young seedling, blossoming, emerging and maturation of the fruits and via this implementation, the chlorophyl levels of the plant leaves were simultaneously determined. Consequently, it is observed that it is possible to follow the production processes by determining the nutritional conditions of the tomato plant with remote preception methods, but some supplementary studies have to be conducted in order to be able use this technique and technology safely. In these new studies, it will be beneficial to pay attention that the material of the habitat is close to the natural, to make the reflection measurements with the hyperspectral technologies instead of the multispectral ones and to conduct the chlorophyl measurements simultaneously with the spectral measurements.

KEY WORDS: Tomato, Fertilizing, Remote Sensing, Spectral Reflection.

COMMYTTEE: Prof. Dr. Mustafa SARI (Adviser)

Prof. Dr. Nurgül ERCAN

Asst.Prof.Dr. Şule ORMAN

ÖNSÖZ

Türkiye, global ölçekte tarımsal üretim potansiyeli yüksek olan önemli bir ülkedir. Çeşitli yapısal ve sosyo-ekonomik sorunları bulunmakla birlikte bu üretim potansiyelinin en önemli ayağını yaş sebze ve meyve üretimi ve bunların dışsatımı oluşturmaktadır. Domates, gerek üretim alanı genişliği gerek üretim miktarı ve gerekse dışsatım oranı bakımından yaş sebze ürünleri arasında ilk sırayı almaktadır (Demirci vd 2005).

İşte bu tez projesi ile dünyadaki ekim alanlarının % 4.39'u Türkiye'de olan domates bitkisinin beslenme koşullarının, klasik ölçümleme ve analiz yöntemleri yerine, yeni bir yaklaşım olan uzaktan algılama teknik ve teknolojileri ile belirlenip belirlenemeyeceği ve bu yaklaşımın, yeni bir yazılım ve donanım bileşeni haline dönüştürülerek üretimin izlenmesinde kullanılıp kullanılamayacağı araştırılacaktır.

Bu çalışmadan elde edilecek veri ve bilgiler, ülkemizin tarımsal üretiminde önemli bir yer tutan domates bitkisinin taşınabilir spektoradyometre (handheld field spectroradiometer) ile kullandığı enerjinin nitelik ve nicelikleri belirlenerek gereksinim duyduğu besin elementlerinin yerinde ve zamanında verilmesinin yanısıra üretim esnasında biyotik ve abiyotik faktörlerden kaynaklanabilecek bazı stres koşullarının da önceden tahmin edilebilmesi ve bu yolla daha sağlıklı ürünlerin üretiminin sağlanması hedeflenmektedir. Diğer taraftan, bu çalışma kapsamında elde edilecek olan veri ve bilgiler, ülkemizdeki tarımsal üretim alanlarının izlenmesi ve denetlenmesine ilişkin olarak Uzaktan Algılama ve GIS kapsamında kurulması gereken yeni sistemler için de önemli bir kaynak teşkil edecektir.

Bana bu konuda çalışma olanağı sunan ve bana yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen saygıdeğer hocam ve danışmanım Prof. Dr. Mustafa SARI' ya (Ak. Un. Z.F.), ve tüm Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD hocalarına ve personeline, bu araştırmanın yapılmasındaki katkılarından dolayı Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne, teşekkürlerimi bildiririm.

Deneme alanı hazırlığı konusunda ihtiyaç duyduğum her türlü yardımı gösteren aynı meslekte oluşumuz dolayısıyla kendime gurur payesi çıkartmama vesile olan Sayın Zir. Müh. Hande SAĞNAK, Zir. Müh. Uğur DİZER ve Zir. Müh. Mehmet DİNÇ' e tez yazım aşamasında göstermiş olduğu anlayış ve olumlu eleştirileri için TEKFEN TOROS Tekno

Tarım ailesindeki müdürlerime, mesai arkadaşlarıma ve Sayın Zir. Yük. Müh. Burçin KOÇ' a Őükranlarımı sunarım.

Arazi deneme alanının hazırlanmasında hiçbir itirazda bulunmadan, azami zen ve ehemmiyeti göstererek benimle birlikte çalıŐan sevgili arkadaşım Zir. Yük. Müh. A. Erdem TUNÇ' a ve kardeŐlerim Zir. Müh. adayı Cansu SAYDAM, DoĒu ŐENER' e teŐekkürü bir borç bilirim.

Son olarak, Ēretim hayatım boyunca hiçbir fedakrlıktan kaçınmayan ve lisansüstü eĒitimim için bana feyiz kaynaĒı olan sevgili halam Sayın Dr. Gül SAYDAM' a her türlü sabır ve desteĒi için sonsuz Őükran ve teşekkürlerimi sunar, tezimi adına atfederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR ve SİMGE DİZİNİ.....	ix
ŞEKİL DİZİNİ	x
ÇİZELGE DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI	5
2.1. Domatesin Tarihsel Gelişimi ve Sistematikteki Yeri	
2.2. Domatesin Botanik Özellikleri.....	7
2.3. Domatesin Fotosentetik Karakteri.....	10
2.4. Besin Elementlerinin Bitki Fizyolojisindeki Rolü, Noksanlık ve Belirtileri	16
2.4.1.Magnezyum	21
2.4.2.Azot	25
2.4.3.Fosfor	28
2.4.4.Potasyum	33
2.4.5.Demir.....	37
2.5. Bitki Stresi Ölçümü İçin Teknikleri	39
2.5.1. Besleme gereksiniminin klasik yöntemlerle belirlenmesi.....	39
2.5.2. Uzaktan algılama yaklaşımıyla bitki stresi algılamanın temelleri	42
2.5.3. Uzaktan algılama tanımı ve ilkeleri	45
2.5.4. Uzaktan algılamada temel kavramlar	48
2.5.4.1. Elektromanyetik radyasyon	48
2.5.4.2. Elektromanyetik spektrum	50
2.5.4.3. Görülebilir ışık bölgesi.....	52
2.5.4.4. Yakın kızılötesi bölgesi	53
2.5.4.5. Kızılötesi bölgesi	54
2.5.5. Bitki ve ışık ilişkisi.....	55
2.5.5.1. Yaprak reflektansı	61
2.5.5.2. Biyokimyasal temelli yaprak reflektans özellikleri.....	65
2.5.5.3. Anatomik temelli yaprak reflektans özellikleri	68

2.5.6. Uzaktan algılama teknolojisinin tarımda kullanımı	74
2.5.6.1. Spektrometrik yöntemlerin esasları ve spektrometreler	75
2.5.6.2. Hiperspektral ve multispektral görüntüleme spektroskopisi	79
2.6. Bitkide Besin Stresi Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar	82
3. MATERYAL ve METOT	90
3.1. Materyal	90
3.1.1. Toprak materyali	90
3.1.2. Bitkisel üretim materyali	92
3.1.3. Cihaz ve ekipmanlar	92
3.1.4. Denemede kullanılan suyun özellikleri	93
3.1.5. Kimyasal gübre materyali	93
3.1.6. Deneme alanı iklim özellikleri	94
3.2. Metot	94
3.2.1. Laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler	99
3.2.1.1. Toprak analiz yöntemleri	99
3.2.1.2. Bitkisel analiz yöntemleri	100
3.2.2. İstatistiksel analiz yöntemleri	101
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	102
4.1. Gelişme Dönemindeki Enerji Kullanımı	105
4.2. Çiçeklenme Dönemindeki Enerji Kullanımı	107
4.3. Meyve Oluşum Dönemindeki Enerji Kullanımı	139
4.4. Hasat Dönemindeki Enerji Kullanımı	161
5. SONUÇ	183
6. KAYNAKLAR	186
ÖZGEÇMİŞ	

KISALTMALAR ve SİMGE DİZİNİ

KISALTMALAR

AB	:Avrupa Birliği
CAP	:Common Agricultural Policy
CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇKS	:Çiftçi Kayıt Sistemi
FWHM	: Full-Width Half-Maximum
GIS	:Geographic Information System
IACS	:Integrated Administration and Control System
LPIS	:Land Parcel Identification System
OTP	: Ortak Tarım Politikası
PAR	:Fotosentetik Aktif Radyasyon
PL	:Patates yaprak
RL	:Regular leaf
UA	:Uzaktan Algılama
UV	:Ultra Viole
ÜKD	:Üretim Kayıt Defteri

SİMGELER

%	: Yüzde
mg/ml	: Miligram/mililitre
mg/L	: Miligram/litre
kg/da	: Kilogram/dekar
ha	: Hektar
mg/100 g	: Miligram/100 gram
me/100 g	: Miliekivalent/100 gram
ppm	: Part per million (Milyonda kısım)
nm	: Nanometre
W/m²	:Watt/ metre kare
μmol	:Mikromol
EC	: Elektriksel iletkenlik
pH	: Hidrojen iyonu konsantrasyonu eksi logaritması

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Yaprak enine kesiti	8
Şekil 2. 2. Domates yaprak yüzeyindeki ‘glandular trichome’	8
Şekil 2. 3. Tarla koşullarında domates bitkisinde büyüme durumu.....	10
Şekil 2. 4. Bir bitkide fotosentezin gerçekleştiği yer	11
Şekil 2. 5. Fotosentezde etken olan pigmentler ve kullanılan enerji çeşitleri.....	12
Şekil 2. 6. Klorofilin farklı şekillerde parçalanmasıyla oluşan türevleri	13
Şekil 2. 7. Mg eksiklik semptomu	24
Şekil 2. 8. Denemede uygulanan Mg dozlarının görüntüleri	24
Şekil 2. 9. Domates bitkisinde gelişme süresince alınan azot.....	26
Şekil 2. 10. N eksiklik semptomu	27
Şekil 2. 11. Denemede uygulanan N dozlarının görüntüleri	27
Şekil 2. 12. Domates bitkisinde gelişme süresince alınan fosfor	31
Şekil 2. 13. P eksiklik semptomu	32
Şekil 2. 14. Denemede uygulanan P dozlarının görüntüleri.....	32
Şekil 2. 15. Domates bitkisinde gelişme süresince alınan potasyum	35
Şekil 2. 16. K eksiklik semptomu	36
Şekil 2. 17. Denemede uygulanan K dozlarının görüntüleri	36
Şekil 2. 18. Fe eksiklik semptomu	38
Şekil 2. 19. Denemede uygulanan Fe dozlarının görüntüleri	38
Şekil 2. 20. Tütün (Nicotiana tabacum L.) yaprağında farklı dalga boylarında tütün mozaik virüsünün infeksiyon seyri	40
Şekil 2.21. Kalsiyum eksikliğine bağlı epidermal bozulma.....	41
Şekil 2. 22. Elektromanyetik radyasyon.....	49
Şekil 2. 23. Elektromanyetik spektrum	50
Şekil 2. 24. Güneş enerjisi ile bitki yaprağı arasındaki etkileşim.....	55
Şekil 2. 25. Güneş enerjisi ile farklı bitkilerin yaprakları arasındaki etkileşim sonucu spektrumda oluşan reflektans, absorbans ve transmittans arası fark.....	56
Şekil 2. 26. Görünür bölgede insan gözünün algıladığı aralık ile bitkinin etkin spektrumunun karşılaştırması.....	57
Şekil 2. 27. Bir yaprak kesitinin görünür ve yakın kızılötesi dalgası radyasyona karşı yansıma özelliklerin gösterimi	58
Şekil 2. 28. Üç farklı materyalin ortalama yansıma eğrisi	61

Şekil 2. 29. Yeşil bitki örtüsünün önemli spektral duyarlılık bölgeleri	62
Şekil 2. 30. Çeşitli abiotik stres (kuraklık, hastalık veya zararlı) koşullarındaki bitki ile sağlıklı bitkinin reflektans karşılaştırması.....	63
Şekil 2. 31. Farklı bitki türlerinin spektral yansımaları.....	63
Şekil 2. 32. Klorofil- a ve Klorofil-b.....	64
Şekil 2. 33. Pigmentasyon farklılıklarının yaprak spektrasına olan etkileri şekil	66
Şekil 2. 34. İki farklı domates çeşidi yaprak strüktürünün TEM görüntüsü	68
Şekil 2. 35. Tipik bir yaprak dikey kesiti şematik temsili.....	69
Şekil 2. 36. Yaprak morfolojisi ve suya bağlı bileşiminin yansımaya etkileri.....	70
Şekil 2. 37. Farklı iki bitki türünün adaxial yaprak yüzey farklılığından kaynaklanan spektrumdaki reflektans farkı.....	71
Şekil 2. 38. Farklı yaprak yapısına sahip bitkilerin spektrumdaki reflektans farkları	72
Şekil 2. 39. Tipik bitki yaprağı tarafından yaprak yüzeyine düşen UV-B'nin yansıtımı, absorpsiyonu ve kırılması.....	73
Şekil 2. 40. Yeryüzüne gelen ve yansıyan radyasyonun etkileşimi	75
Şekil 2. 41. Uzaktan algılamada multispektral ve hiperspektral grafikler	80
Şekil 2. 42. Uzaktan algılamada hiperspektral algılama teknikleri	81
Şekil 3. 1. I. Dönem deneme deseninin genel görünüşü	96
Şekil 3. 2. II. Dönem deneme deseninin genel görünüşü.....	96
Şekil 4. 1. Seyreltme öncesi genç fide dönemi genel görünüş	106
Şekil 4. 2. Bahar ve güz dönemi çiçeklenme süreci ortalama bitki boyları grafiği...	107
Şekil 4. 3. Bahar dönemi çiçeklenme süreci N uygulaması spektral değerler	110
Şekil 4. 4. Güz dönemi çiçeklenme süreci N uygulaması spektral değerler	110
Şekil 4. 5. Çiçeklenme dönemi N uygulanan saksılarda çiçek oluşumu.....	115
Şekil 4. 6. Bahar dönemi çiçeklenme süreci P uygulaması spektral değerler.....	118
Şekil 4. 7. Güz dönemi çiçeklenme süreci P uygulaması spektral değerler.....	118
Şekil 4. 8. Spektrumun mavi bölgesinde mısır bitkisinin P'un farklı dozlarıyla beslemeye tepkisi	120
Şekil 4. 9. Çiçeklenme dönemi başlangıcında P uygulamalı bitkilerin çiçek oluşumu	121
Şekil 4.10. Bahar dönemi çiçeklenme süreci K uygulaması spektral değerler	124
Şekil 4.11. Güz dönemi çiçeklenme süreci K uygulaması spektral değerler	124
Şekil 4.12. Çiçeklenme dönemi başlangıcında K uygulamalı bitkilerin çiçek oluşumu	128
Şekil 4. 13. Bahar dönemi çiçeklenme süreci Mg uygulaması spektral değerler.....	130

Şekil 4. 14. Güz dönemi çiçeklenme süreci Mg uygulaması spektral değerler.....	130
Şekil 4. 15. Çiçeklenme dönemi başlangıcında Mg uygulaması bitkilerin çiçek oluşumu	133
Şekil 4. 16. Bahar dönemi çiçeklenme süreci Fe uygulaması spektral değerler	135
Şekil 4. 17. Güz dönemi çiçeklenme süreci Fe uygulaması spektral değerler	135
Şekil 4. 18. Çiçeklenme dönemi başlangıcında Fe uygulaması bitkilerin çiçek oluşumu	138
Şekil 4. 19. Meyve tutum döneminde sera genel görünüş	139
Şekil 4. 20. Bahar ve güz dönemi meyve tutum süreci ortalama bitki boyları	140
Şekil 4. 21. Bahar dönemi meyve tutum süreci N uygulaması spektral değerler	142
Şekil 4. 22. Güz dönemi meyve tutum süreci N uygulaması spektral değerler	142
Şekil 4. 23. Bahar dönemi meyve tutum süreci P uygulaması spektral değerler	147
Şekil 4. 24. Güz dönemi meyve tutum süreci P uygulaması spektral değerler	147
Şekil 4. 25. Bahar dönemi meyve tutum süreci K uygulaması spektral değerler	151
Şekil 4. 26. Güz dönemi meyve tutum süreci K uygulaması spektral değerler	151
Şekil 4. 27. Bahar dönemi meyve tutum süreci Mg uygulaması spektral değerler...	155
Şekil 4. 28. Güz dönemi meyve tutum süreci Mg uygulaması spektral değerler.....	155
Şekil 4. 29. Bahar dönemi meyve tutum süreci Fe uygulaması spektral değerler	159
Şekil 4. 30. Güz dönemi meyve tutum süreci Fe uygulaması spektral değerler	159
Şekil 4. 31. Hasat dönemi genel sera görünüşü.....	161
Şekil 4. 32. Bahar ve güz dönemi hasat süreci ortalama bitki boyları	162
Şekil 4. 33. Bahar dönemi hasat süreci N uygulaması spektral değerler	164
Şekil 4. 34. Güz dönemi hasat süreci N uygulaması spektral değerler	164
Şekil 4. 35. Bahar dönemi hasat süreci P uygulaması spektral değerler.....	168
Şekil 4. 36. Güz dönemi hasat süreci P uygulaması spektral değerler.....	168
Şekil 4. 37. Bahar dönemi hasat süreci K uygulaması spektral değerler	172
Şekil 4. 38. Güz dönemi hasat süreci K uygulaması spektral değerler	172
Şekil 4. 39. Bahar dönemi hasat süreci Mg uygulaması spektral değerler.....	176
Şekil 4. 40. Güz dönemi hasat süreci Mg uygulaması spektral değerler.....	176
Şekil 4. 41. Bahar dönemi hasat süreci Fe uygulaması spektral değerler	180
Şekil 4. 42. Güz dönemi hasat süreci Fe uygulaması spektral değerler	180

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. Domatesin fizyolojik dönemleri.....	9
Çizelge 2. 2. Işık kalitesine domates bitkisinin tepkisi	16
Çizelge 2. 3. Yaprak analizine göre sağlıklı domates bitkilerinin yapraklarında bulunan besin maddeleri	19
Çizelge 2. 4. Sağlıklı gelişen domates bitkisi yapraklarında bulunan besin elementlerinin en düşük ve en yüksek miktarları ile kritik düzeyleri	19
Çizelge 2. 5. Bitki fizyolojisine dalga boyu aralıklarının etkisi.....	64
Çizelge 3. 1. Korkuluk serisi örnek toprak profilinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	91
Çizelge 3. 2. Korkuluk serisi toprak analizi sonuçları	91
Çizelge 3. 3. FieldSpec HandHeld teknik özellikleri tablosu denemede kullanılan saksıların gübre içerikleri	92
Çizelge 3. 4. Deneme boyunca seradaki radyometrik okuma periyodu.....	93
Çizelge 3. 5. Antalya ili 2009 yılı deneme aylarına ait bazı önemli iklim verileri	94
Çizelge 3. 6. Denemede kullanılan gübreleme terkibi	97
Çizelge 4. 1. Bahar çiçeklenme dönemindeki bitkilerin N spektral yansıtım değerleri.....	109
Çizelge 4. 2. Güz çiçeklenme dönemindeki bitkilerin N spektral yansıtım değerleri.....	109
Çizelge 4. 3. Farklı N oranı uygulamalarının yaprak klorofil içeriği.....	114
Çizelge 4. 4. Bahar çiçeklenme dönemindeki bitkilerin P spektral yansıtım değerleri.....	117
Çizelge 4. 5. Güz çiçeklenme dönemindeki bitkilerin P spektral yansıtım değerleri.....	117
Çizelge 4. 6. Bahar çiçeklenme dönemindeki bitkilerin K spektral yansıtım değerleri.....	123
Çizelge 4. 7. Güz çiçeklenme dönemindeki bitkilerin K spektral yansıtım değerleri.....	123
Çizelge 4. 8. Domates bitkisinin farklı gelişme dönemlerine göre topraktan kaldırdığı potasyum miktarı ve hızı	127
Çizelge 4. 9. Bahar çiçeklenme dönemindeki bitkilerin Mg spektral yansıtım değerleri.....	129

Çizelge 4. 10. Güz çiçeklenme dönemindeki bitkilerin Mg spektral yansıtım değerleri.....	129
Çizelge 4.11. Bahar çiçeklenme dönemindeki bitkilerin Fe spektral yansıtım değerleri.....	134
Çizelge 4.12. Güz çiçeklenme dönemindeki bitkilerin Fe spektral yansıtım değerleri.....	134
Çizelge 4.13. Bahar meyve tutum dönemindeki bitkilerin N spektral yansıtım değerleri.....	141
Çizelge 4.14. Güz meyve tutum dönemindeki bitkilerin N spektral yansıtım değerleri	141
Çizelge 4.15. Bahar meyve tutum dönemindeki bitkilerin P spektral yansıtım değerleri.....	146
Çizelge 4.16. Güz meyve tutum dönemindeki bitkilerin P spektral yansıtım değerleri.....	146
Çizelge 4.17. Bahar meyve tutum dönemindeki bitkilerin K spektral yansıtım değerleri.....	150
Çizelge 4.18. Güz meyve tutum dönemindeki bitkilerin K spektral yansıtım değerleri.....	150
Çizelge 4.19 Bahar meyve tutum dönemindeki bitkilerin Mg spektral yansıtım değerleri.....	154
Çizelge 4.20. Güz meyve tutum dönemindeki bitkilerin Mg spektral yansıtım değerleri.....	154
Çizelge 4.21. Bahar meyve tutum dönemindeki bitkilerin Fe spektral yansıtım değerleri.....	158
Çizelge 4.22. Güz meyve tutum dönemindeki bitkilerin Fe spektral yansıtım değerleri.....	158
Çizelge 4.23. Bahar hasat dönemindeki bitkilerin N spektral yansıtım değerleri.....	163
Çizelge 4.24. Güz hasat dönemindeki bitkilerin N spektral yansıtım değerleri.....	163
Çizelge 4.25. Bahar hasat dönemindeki bitkilerin P spektral yansıtım değerleri.....	167
Çizelge 4.26. Güz hasat dönemindeki bitkilerin P spektral yansıtım değerleri.....	167

Çizelge 4.27. Bahar hasat dönemindeki bitkilerin K spektral yansıtım değerleri.....	171
Çizelge 4.28. Güz hasat dönemindeki bitkilerin K spektral yansıtım değerleri.....	171
Çizelge 4.29. Bahar hasat dönemindeki bitkilerin Mg spektral yansıtım değerleri.....	175
Çizelge 4.30. Güz hasat dönemindeki bitkilerin Mg spektral yansıtım değerleri.....	175
Çizelge 4.31. Bahar hasat dönemindeki bitkilerin Fe spektral yansıtım değerleri.....	179
Çizelge 4.32 Güz hasat dönemindeki bitkilerin Fe spektral yansıtım değerleri.....	179

1.GİRİŞ

Artan dünya nüfusuna karşın özellikle doğal kaynakların sınırlı kalması, açlığın ya da gelecek kaygısının önemli bir küresel sorun olarak ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Söz konusu bu sorun, sınırlı doğal kaynaklar üzerindeki baskıların her geçen gün artmasına ve bu da kaynak kullanımında bir kısır döngünün ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Sosyo-ekonomik, politik ve psikolojik etkileri her geçen gün artan bu kısır döngüden çıkmanın bilinen en iyi yolu, doğal kaynakların yerinde ve zamanında, uygun bir şekilde kullanılması ve sürdürülebilir gelişmesin sağlanmasına yönelik yeni yöntem ve yaklaşımların geliştirilmesidir. Günümüzün sosyo-politik yaklaşımları ise ne yazık ki hem söz konusu bu kaynaklar üzerindeki baskının azaltılması yerine artmasına ve doğal kaynakların daha hızlı bir şekilde tüketilmesine hem de ciddi çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan, söz konusu bu sosyo-politik yaşam tarzıyla gelişmesine devam ettiği zannedilen dünyada, sürekli yükselen yaşam standartlarına karşılık önemli beslenme ve sağlık sorunlarının ortaya çıktığı da bilinmektedir. Bu nedenle, son yıllarda küresel kamuoyunun gündeminde gıda güvenliği olgusu oldukça fazla yer tutmaya başlamıştır. Zira tüm ülkeler, temeli tarımsal üretime dayanan ulusal gıda güvenliğini sağlayamamış bir toplumun/ulusun uluslararası ekonomik, sosyal, kültürel ve siyasal saygınlığından söz etmenin mümkün olmadığının farkına varmış bulunmaktadır.

Tarımsal üretimde karşılaşılan en büyük sorun, çeşitli faktörlere bağlı olarak ürün veriminin veya ekonomik getirinin azlığıdır. Artan gıda gereksinimini karşılamak için uygulanan “birim alandan yüksek verim elde etme çabaları” ise kısa vadede başarılı olarak görünse de bu uygulama, beraberinde özellikle aşırı gübre ve ilaç kullanımından kaynaklananlar başta olmak üzere birçok sorunun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu nedenle rekabetçi bir pazarda sorunların üstesinden gelebilmek için üreticiler, ürün hakkındaki hemen her şeyi bilmek ve üretimi kontrol altında tutmak zorundadırlar. Gelişmiş ülkelerde üreticiler üretim ortamlarını, ürünlerini, üretim süreçlerini ve hatta pazar koşullarını çeşitli yeni teknik ve teknolojilerden yararlanarak izlemekte ve değişen koşullara göre sağlıklı/doğru amenajman kararlarını vererek gerek üretim miktarını ve gerekse ürün kalitesini arttırabilmektedirler. Söz konusu bu yeni teknik ve teknolojilerden bir tanesi de Uzaktan Algılama (UA)’dır. Günümüzde, UA kapsamında

geliştirilmiş olan bilgi ve kontrol sistemleri ile tarımsal üretimin her aşamasında kaynak israfının önüne geçilmesi, ürünün getirisinin artırılması, üretimden kaynaklanan çevresel kirliliğin en aza indirilmesi ve aynı zamanda bitkilerin sürekli bir şekilde izlenip onların sağlık ve beslenme durumlarının ideal bir şekilde yönetilmesi amaçlanmaktadır. Diğer taraftan Avrupa Birliği (AB) Ortak Tarım Politikasına (Common Agricultural Policy, CAP) uyum ile ilgili olarak ülkemizin yapması gereken işlemlerin başında da tarımsal kaynakların tespiti, kayıt altına alınması ve nihayet gıda güvenliği açısından da kontrollü üretimin gerçekleştirilmesi (Integrated Administration and Control System, IACS) gelmektedir. Söz konusu bu işlemler ise “Konumsal Bilgi Sistemin”nin [Coğrafi Bilgi Sistemleri-CBS (Geographic Information System-GIS)] oluşturulmasından başka bir şey değildir ve bu işlemlerin, arazi-parcel tanımlama sistemine (Land Parcel Identification System, LPIS) kadar detaylandırılması, AB CAP kurallarının (Avrupa Konseyi 3508/92 nolu kanununun 2. ve Avrupa Komisyonu 3887/92 nolu yönetmeliğinin 3. maddesi) önemli bir yaptırımını oluşturmaktadır. İşte, bir yönüyle bitkilerin elektromanyetik enerji ile olan ilişkilerinin çözümlenmesine dayanan bir yönetim yaklaşımı olan Uzaktan Algılama teknik ve teknolojilerinin, bu yönüyle de Avrupa Birliği Ortak Tarım Politikası kapsamında ülkemizde gerçekleştirilmesi gereken LPIS ve IACS için mutlak olarak kullanılması zorunlu olan bir teknik olduğu çok açık bir gerçektir. Parsel Tanımlama (LPIS) ve Kontrollü Üretim Sistemlerinin (IACS) uygulanması gereken en önemli ve öncelikli ortamlardan birisi ise seralar ve örtüaltı üretimidir.

Günümüz sera tarımı, yoğun üretim kapasitesi ve neredeyse tüm iş ve işlemlerinde yüksek teknolojinin kullanıldığı endüstriyel anlamda gelişmiş yapısıyla dikkat çekmektedir. Sera endüstrisinin ekonomik getirisi, bitkisel üretim ve maliyeti arasındaki dengelere bağlı olduğu için, üretimi istenen düzeyde tutmak ve ürün kalitesini iyileştirmek için sera iklimasının ve kaynaklarının rasyonel işletilmesi gerekmektedir. Açıklanan bu seracılık anlayışına göre, seraların etkili yönetilebilmesi, işletilebilmesi için bilgisayar – mikroişlemci kontrollü bilgi işleme ve otomasyon sistemlerine gereksinim duyulmaktadır. Ülkemiz seralarındaki bazı yapısal sorunlar nedeniyle endüstriyel anlamda modern sera teknolojilerinin uygulamaya aktarılması çok gecikmiştir ve özellikle küçük alanlarda klasik seracılık anlayışı ile üretim yapmak hem üretim kalitesi hem de üretim miktarı bazında, yeterli bir katma değer sağlamamaktadır.

Diğer taraftan, ülkemiz seralarındaki yapısal sorunlar kısa zaman süreçlerinde çözülemeyeceği için çiftçilerin mevcut seralarında kullanabileceği otomasyona dayandırılmış bazı kontrol ve yönetim sistemlerinin geliştirilmesi de gerekmektedir. Zira, on binlerce küçük seranın uzman insan gücüyle yönetimi ve denetimi mümkün olmadığı gibi Tarım Bakanlığının uygulamakta olduğu ÜKD “üretim kayıt defteri” ve ÇKS “çiftçi kayıt sistemi” ile de ülke seracılığını (ve hatta tüm tarımsal üretimi) IACS ve LPIS kapsamında uluslararası sisteme entegre etmek mümkün görülmemektedir. Dolayısıyla ülkemizdeki seralarının gerektiği gibi kontrol edilmesi ve izlenmesi, ürün verimliliğinin ön planda tutulduğu ve kaynakların ihtiyaçlar doğrultusunda kullanıldığı yeni teknolojilerin özellikle yerli kaynaklar kullanılarak geliştirilmesi gerekmektedir.

Günümüzün mevcut sera otomasyon sistemleri genellikle iklimlendirme üzerine ve geri beslemeli kontrol algoritmaları ile yani sera içerisinde klima değerleri değiştikten sonra tepki verebilen sistemlerdir. Ancak modern kontrol teknolojileri anlayışına göre tasarlanan algoritmaları işleten sistemler ise klima değerlerini istenmeyen koşullara sürükleyebilecek durumları önceden tespit ederek çözüm üretme yoluna gitmek zorundadır. Böyle bir yeni teknoloji, hem gerçek zamanlı uyarı-ikaz sistemlerini kullanarak kullanıcıyı haberdar etmeli ve hem de bu sistem, kendisine bırakılmış olan bilişimli kontrol sistemi kapsamında olumsuz koşulları iyileştirecek komut ve eylem dizilerini kendisi işletmelidir. İşte entegre denetim ve yönetim sisteminin (IACS) esasını oluşturan bu yaklaşımın bir parçası olmaya aday ya da böyle bir sisteme veri kaynağı olacak teknik ve teknolojilerin geliştirilmesini hedeflemiş olan bu araştırma (tez çalışması), insan ve uzman insiyatifinden uzak olarak domates bitkisinin hedeflenen ürün miktarına dayalı beslenme koşullarını kontrol altında tutabilecek teknik ve teknolojilerin geliştirilip geliştirilemeyeceğine yönelik olarak tasarlanıp yürütülmüş olan ilk çalışmadır ve bu yönüyle çok önemlidir.

Yukarıda da açıklandığı üzere, ülkemiz tarım sektörünün önde gelen ürünlerinden ve dış satım olanakları da en yüksek ürünlerden olan domates bitkisinin farklı beslenme koşullarındaki spektral karakteristiklerinin araştırılarak domatesin beslenme ve sağlık durumlarının klasik yöntemler (fenolojik gözlemler, laboratuvar analizleri) yerine, bu alanda yeni bir yöntem olmaya aday olan uzaktan algılama teknik ve teknolojileri ile belirlenip belirlenemeyeceğinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu araştırmadan olumlu

sonuçların alınması durumunda domates bitkisinin beslenmesi ile ilgili nitelik ve niceliklerin klasik yöntemlere kıyasla daha önceden, daha hızlı, daha doğru ve daha ucuz bir şekilde belirlenmesine ve ayrıca çiftçilerimizin hala benimsemekte zorluk çektikleri bitki ve toprak analizlerinin yerini, zaman içerisinde belki de bu yeni yöntemin almasına ve ayrıca sera otomasyon sistemlerine entegre edilmesi ile de akıllı sera döneminin bağlamasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca bu arağtırma, gerekli diğer arağtırma sonuçları ile entegre edilebildiği takdirde, gerek ulusal tarım politikalarının oluğturulmasında ve gerekse güncel veri tabanlarının IACS ve LPIS kapsamında oluğturulmasına da katkı sağlayabilecek bir yöntemle yrtlmğtr.



2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

2.1. Domatesin Tarihsel Geçmişi ve Sistematikteki Yeri

Domates ilk kez yabani olarak kiraz büyüklüğünde Güney Amerika da gözlemlenmiş olmasına rağmen, domatesin yazılı tarihi 1500’lü yıllarda İspanyol ve Portekizli kâşifler tarafından Avrupa’ya getirilişiyle başlamıştır. Domates Avrupa’ya ilk gittiği zaman tıbbi bitki olarak kullanım alanı bulmuşsa da meyve şeklinin güzelliğinden ötürü yetiştiriciliğine de başlanmıştır. 16. yy’ın başlarında domates ile tanışan İtalyanlar meyve şeklinin kalbe benzerliği sonucu afrodisyak etkisinin olabileceğini düşünerek, meyveye ‘poma amoris – love apple’ ismini vermişlerdir. 18. yy da Amerika da tanınmaya başlanan bitki, Amerikan kolonileri tarafından ‘deadly nightshade’ it üzümü bitkisine benzerliğinden dolayı zehirli olarak addedilmiştir. 18. yy da İtalya ve İspanya’da tüketilmeye başlanan domatesin meyve rengi İtalya da ilk olarak sarı renkte kaydedilmiş ve meyve büyüklüğüne göre seçilerek ilk kültüre alınma Meksika da gerçekleşmiştir. Domatesin Orta Doğuya girişi İngilizler tarafından 1799-1825 yılların da Halep’e ekimiyle başlamış ve ilk defa 19. yy da pişmiş olarak tüketildiği kaydedilmiştir. Tüketilmeye başlanmasına rağmen domatesin bu kötü ünü 20. yy’a kadar sürmüş olup, 2. Dünya Savaşından sonra işçi problemleriyle uğraşan sanayi, domates üretimini 1960’ların başında mekanik hasatın keşfi ve sert domatesin ıslahı sayesinde kurtarmıştır.

Domatesin botanik sınıflandırması ilginç bir tarihe sahiptir. Domates ilk olarak it üzümü bitkisinin de dâhil olduğu *Solanaceae* familyasından türetilerek 1753’de Linnaeus tarafından *Solanum lycopersicon* denilmiştir. Bilimsel tür ismi olan *Lycopersicon* un anlamı ‘wolf peach- it üzümü’nden gelir. Alman efsanelerindeki gerçeküstü canlıları çağırmak için kullandıkları it üzümü bitkisine büyük benzerliğinden dolayı domates bu isimi almıştır. Ancak 1768 yılında Philip Miller tarafından bu tanımlama ‘yenebilir’ anlamı barındıran *Lycopersicon esculentum* olarak değiştirilmiştir. Bu isim yaygın kullanım alanı bulsa da bitki adlandırma kurallarına aykırı olduğundan, teknik olarak, *Lycopersicon lycopersicum* (L.) H. Karst. kombinasyonu daha doğru olacaktır, ancak bu isim 1881’den bu yana tohum katalogları hariç hemen hemen hiç kullanılmamıştır. Yerel adı ise, Azteklerin tombul şey anlamına gelen ‘xitomatl’ diye

adlandırmalarının ardından Orta Amerikada ‘tomatl’ ve Avrupada şu an bilinen adıyla ‘tomato’ adını almıştır (Jones 2007).

Bugün hala araştırmacılar domatesin gen kaynakları hakkında bilgiye ulaşma bilmek için çalışmalarını Güney Amerika kıyı şeridi boyunca sürdürmektedirler. Yabani çeşitlerin bulunmasına rağmen sadece yenilebilir meyvesi olan iki çeşidi bulunmaktadır. Bunlar; *lycopersicon esculentum* (günümüzde tüketiliyor olan) ve *lycopersicon pimpinellifolium* (küçük domates olarak adlandırılan kültür çeşidi) dur.

Domatesin botanik sınıflandırması;

Âlem: Plantea

Alt âlem: Tracheobionia

Şube: Magnoliophyta

Sınıf: Magnoliopsida

Alt sınıf: Asteridae

Order: Solanales

Familiya: Solanaceae

Cins: Solanum

Tür: Solanum lycopersicum

Alt tür: *Lycopersicon esculentum* (domates)

Lycopersicon pimpinellifolium (küçük domates)

Lycopersicon esculentum var. *Cerasiforme* (kiraz domates)

Lycopersicon esculentum var. *Pyriforme* (armut şekilli domates)

Lycopersicon esculentum var. *Grandifium* (patates yapraklı domates)

Lycopersicon esculentum var. *Validum* (domates yapraklı domates)

(Jones 2007)

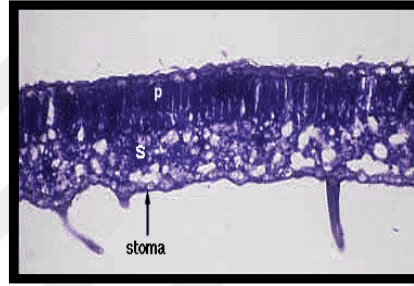
2.2. Domatesin Botanik Özellikleri

Düşük şeker içeriğine sahip olmasından dolayı tüketim alışkanlıklarında diğer meyveler gibi kabul görmese de, botanik olarak domates bir meyvedir. Ki domates bu durumdaki tek bitki değildir, aynı şekilde patlıcan, hıyar ve kabak da botanik olarak meyve olup sebze olarak tüketilmektedirler. Domatesin, meyve olarak işlem gördüğü tek istisnai durum konserve yapım aşamasında, meyveler gibi işleme tabi tutuluyor olmasıdır (Anonim a). Üzümsü meyveler grubunda sınıflandırılan domates başlangıçta yeşil iken daha sonra renginin kırmızıya dönüşmesini içerdiği lycopin maddesi sağlamaktadır. Tropik bölgelerde çok yıllık, diğer bölgelerde tek yıllık bir kültür bitkisidir.

Solanaceae familyasının üyesi olan domatesin üzümsü yapıda ki meyveleri başlangıçta yeşil iken daha sonra renginin kırmızıya dönüşmesini içerdiği lycopin maddesi sağlamaktadır. Diğer yaş meyve ve sebzelerde olduğu gibi domates meyvesinde önemli bir kısmını su oluşturmaktadır. Gelişmenin ilk evrelerinde genç meyvede önce su miktarı maksimuma ulaşır ve olgunlaşmaya kadar su miktarı hemen hemen sabit kalır. Domateste olgunlaşmamış yeşil meyvenin su içeriği % 91 iken, meyve olgunlaştığında % 93'e çıkmaktadır. Kaliteli olgun meyvede Varga ve Bruinsma, (1986) yaklaşık % 94-94.5, Davies ve Hobson (1981) %95 su bulunduğunu açıklamışlardır (Ercan 2002). Tigchelaar'a göre (1986) su dışında meyvenin bileşiminde bulunan ve % 5-6'sını oluşturan maddelerin ortalama % 55'i şekerler (glikoz, früktoz ve sakaroz), %21'i proteinler, selüloz, pektinler, polisakkaritler, % 12'si organik asitler (sitrik, malik, galakturonik ve karboksilik asit), %5 karatinoidler, askorbik asit, uçucu bileşikler, amino asitler ve % 7'si inorganik bileşiklerden oluşmaktadır (Ercan 2002).

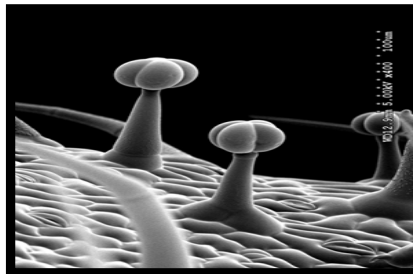
Domates köklerinin açıkta yapılan yetiştiricilikte toprakta dağılımı daha fazla olabileceği gibi sera üretiminde de kökler 40-100 cm derinliğe ve 40-60 cm yanlara doğru yayılmaktadır. Yine köklerin %72 gibi büyük çoğunluğu toprağın 0-20 cm derinliğinde bulunur. Kök saçak sisteminde, besin maddelerini % 40'ı 7-15 cm derinlikten, % 30'u 15-30 cm derinlikten, % 20'si 30-45 cm derinlikten ve % 10'u 45-60 cm derinlikten aldığı kabul edilmektedir. Otsu yapıdaki gövde başlangıçta yuvarlak, yumuşak ve tüylü iken daha sonraki dönemlerde yuvarlaklık köşeliliğe, yumuşaklık sertliğe dönüşür (Aybak ve Kaygısız 2007).

Domates bileşik yapraklıdır ve gövde üzerindeki yapraklar ve çiçek salkımları alması olarak dizilmişlerdir. Bunlara düzenli yaprak - regular leaf (RL) denir. Bazı çeşitler ise basit yaprağa sahiptir ve bunlara patates yaprak (PL) denilir. Bir bileşik yaprağı oluşturan lopların ve rozet yapraklarının, yaprakçıkların şekil, büyüklük, dilimlilik ve dişlilik durumları çeşitlere göre farklılık gösterir (Aybak ve Kaygısız 2007). Tüm bileşik yaprak gövdeye sap ile bağlı iken, yaprakçıklar petiol ile yaprak sapına bağlanırlar. Çoğu yaprak ince bir kütikula tarafından dış taraftan sarılmaktadır. Kütikula sadece epidermis içinde bulunur. Yaprak merkezinde mezofil bulunur. Mezofil iki farklı hücre tipi içerir. Bunlardan ilki dikdörtgen şeklindeki parankima hücreleri diğeri ise süngerimsi mezofil hücreleridir (Bkz. Şekil 2.1.). Bitkilerde, fotosentezin çoğu yaprak mezofilinde oluşmaktadır.



Şekil 2.1. Yaprak enine kesiti (p) palisade mesophyll, (s) spongy mesophyll (Anonim b).

Domateslerde gövdenin üzeri tipik domates kokusunu ve dokunulduğunda ele yeşil rengini veren tüylerle kaplıdır. Bu yapıya trichome denilmektedir (Bkz. Şekil 2.2.). Trichome birçok bitkinin epidermisinde görülür ve domates bitkisinde iki tipte bulunmaktadır. Bunlardan ilki ‘Multicelüler’ diğeri ise ‘Glandular’ dır. Glandular trichome’lar domatese karakteristik kokusunu veren sarı bir madde salgılar (Anonim c).



Şekil 2.2. Domates yaprak yüzeyindeki ‘glandular trichome’ (Anonim c).

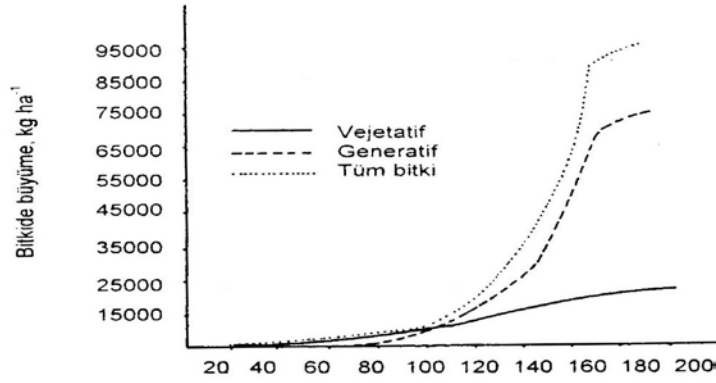
Domateste çiçekler salkım şeklinde oluşur. Bu salkım basit bir salkım olduğu gibi bileşik salkım şeklinde de olabilir. Çiçekler daima ilk olarak gövdeye en yakınından başlayarak olgunlaşır ve açılırlar. İlk salkımın gövde üzerinde meydana geldiği boğum aralığı da çeşitlere göre değişir. Biyolojik bakımdan erselik yapıya sahip çiçeklerde değişmekle birlikte 5 çanak, 5 taç yaprak ile 5 erkek ve 1 dişi organ vardır. Domates biyolojik olarak kendine döllen bir bitkidir. Ancak dişicik borusu uzun olup polen tozu keselerinin yapmış olduğu borunun dışına çıkan varyetelerde %1 civarında yabancı döllenme görülebilir. Bu değer hiçbir zaman %5 oranının üzerine çıkmaz. Aynı zamanda, domateslerde çok ender olsa da kısırlık görülebilir (Aybak ve Kaygısız 2007).

Domatesin büyüme çemberi çimlenme ve ilk yapraklanma, vejetatif büyüme, çiçeklenme, meyve gelişimi ve meyve olum-hasat gibi farklı gelişme safhalarını kapsar (Bkz. Çizelge 2.1.).

Çizelge 2.1. Domatesin fizyolojik dönemleri (Jones 2007)

Aşama	Gelişme Dönemi	Süreç (gün)
0	Çimlenme -	25-35
1	Yapraklanma	20-25
2	Vejetasyon	20-30
3	Çiçeklenme	20-30
4	Meyve tutum	15-20
Total	Meyve olum - hasat	100-140

Ayrıca, aşağıdaki şekildedeki (Bkz. Şekil 2.3.) gösterildiği üzere domatesin gelişme dönemlerinde, her bir dönemin besin maddelerine ihtiyacı farklıdır; bu konuya 2.3.nümesiği ile numaralandırılmış konuda değinilecektir.

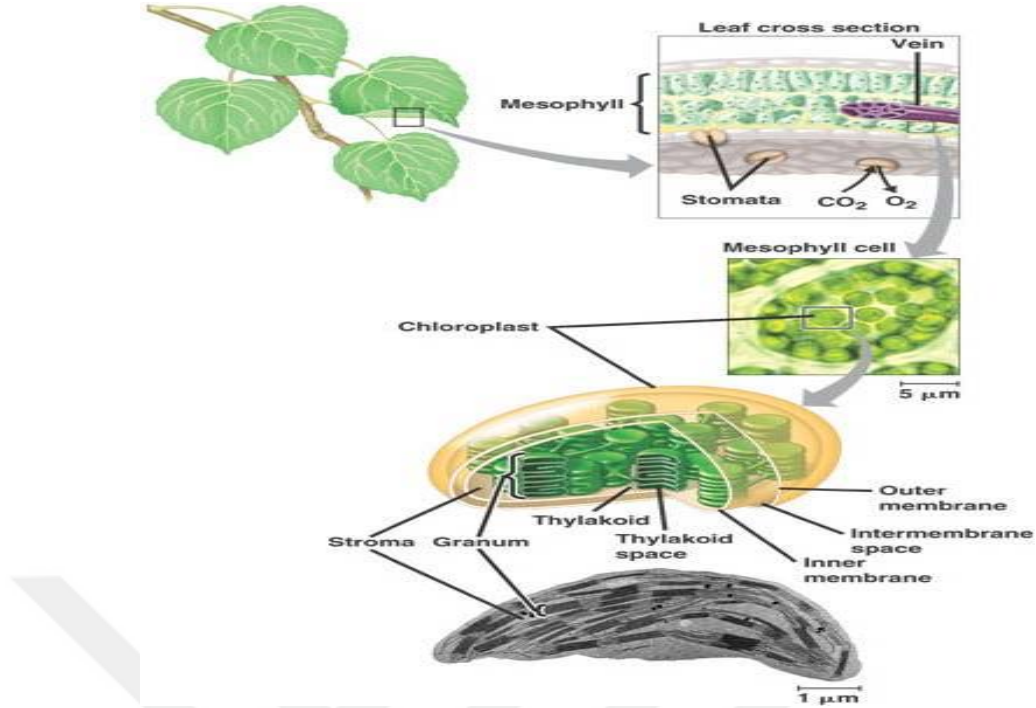


Şekil 2.3. Tarla koşullarında domates bitkisinde büyüme durumu (Çolakoğlu 1985)

2.3. Domatesin Fotosentetik Karakteri

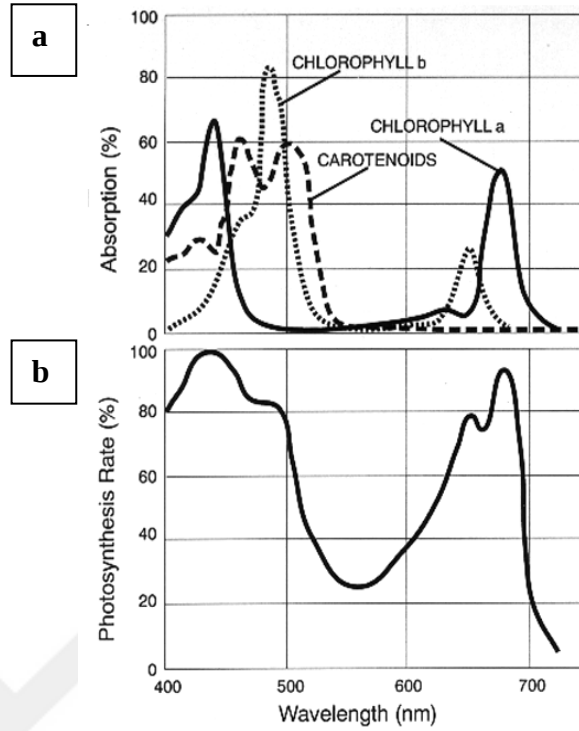
Yeryüzünde yaşam güneş enerjisiyle sağlanır. Bitki kloroplastları güneşten 160 milyon kilometrelik yol kat ederek gelen ışık enerjisini yakalar ve bu enerjiyi şeker ve diğer organik moleküllerde depolanmış kimyasal enerjiye dönüştürürler. Bu dönüştürme işlemi fotosentezdir. Basamaklar tümüyle anlaşılmamış olmasına karşın, fotosentezin kesin denklemi 1800’lü yıllardan beri bilinmektedir (Gündüz vd 2006).

Aşağıdaki Şekil 2.4.’de de özetlendiği üzere, bitki de fotosentez kloroplastlarda gerçekleşir. Bir bitkinin tüm yeşil kısımlarında kloroplast bulunmuş olsa da yaprak fotosentezin gerçekleştiği başlıca ortamdır. Yapraklar rengini kloroplastlara yerleşmiş yeşil pigmentler olan klorofilden alırlar. Kloroplastlarda besin moleküllerinin sentezi, klorofil tarafından absorbe edilen ışık enerjisiyle gerçekleştirilir. Mezofil dokuda bulunan kloroplastın iç kısmında yoğun bir sıvı oluşturan çift zarla kuşatılmış stroma bulunur. Stroma ile tilakoid boşluğu birbirinden tilakoid ve bunların yığın hali olan grana zar sistemi ayırır. Klorofil ise tilakoid zar sistemi üzerine yerleşmiştir.



Şekil 2.4. Bir bitkide fotosentezin gerçekleştiği yer (Gündüz vd 2006)

Fotosentez her biri pek çok basamaktan oluşan iki evreden oluşur. Fotosentezin bu iki evresinden ışık reaksiyonları (fotosentezin ışıklı bölümü) kloroplast tilakoidlerinde oluşur diğer evre Calvin döngüsü'nün (sentez bölümü) ise stroma da gerçekleştiği bilinmektedir. Işık reaksiyonları, güneş enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürüldüğü fotosentez basamaklarıdır. Kloroplastlar ışık enerjisini ATP ve NADPH formundaki kimyasal enerjiye dönüştürür. Fotosentetik aktif radyasyon (PAR), spektrumun gözle görülebilen kısmında bitki gelişimini etkilemektedir (Jones 2007). Bu durum, fotosentezin etkin spektrumu tarafından da doğrulanmaktadır. Etkin spektrum (Bkz. Şekil 2.5.b) farklı dalga boylarının nispi performansını gösterir.

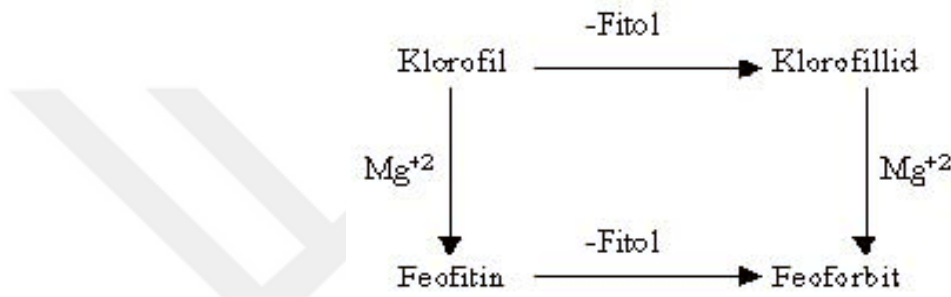


Şekil 2.5. Fotosentezde etken olan pigmentler ve kullanılan enerji çeşitleri

- (a) Kloroplastlardan elde edilen üç tip pigment tarafından en iyi absorbe edilen ışık dalga boyunu göstermektedir.
- (b) Farklı ışık dalga boylarının fotosentez üzerindeki etkisini göstermektedir. Etkin spektrumundaki yükselmeler klorofil-*a*'nın etkin spektrumundaki yükselmelerden daha geniş, düşüşler ise daha dar ve daha az derindir. Bu kısmen ışığın klorofil ve karotenoidler gibi yardımcı pigmentler tarafından absorpsiyonuna bağlıdır.

Güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştüren ışık reaksiyonlarında yalnızca doğrudan yer alan klorofil-*a* pigmenti karbon, hidrojen, oksijen ve azot atomlarından oluşan dört pirol halkası vardır. Merkezde ise magnezyum atomu yer alır. Klorofil molekülünde ayrıca yirmi karbon atomundan oluşmuş, fitol denilen uzun bir alkol zinciri vardır. Bu hidrokarbon kuyruk tilakoid zarın iç kısmında, proteinlerin hidrofobik bölgesi ile ilişkilidir. Tilakoid zardaki diğer pigmentler ışığı absorblar ve klorofil-*a* ya taşırlar ve klorofil-*a* ışık reaksiyonunu başlatır. Bu yardımcı pigmentlerden biri, klorofilin diğer bir formu olan klorofil-*b*'dir. Hemen hemen benzerdirler ancak bu iki pigmentin yapılarında ki küçük bir farklılık (klorofil-*a* -CH₃, klorofil-*b* yapısında ise CHO) iki pigmentin absorpsiyon spektrumlarının azda olsa farklılaşmasına ve dolayısıyla farklı renkleri absorblamalarına neden olmaktadır (Bkz. Şekil 2.5.a). Klorofil-*a* mavi-yeşil, klorofil-*b* ise sarı-yeşildir ve genel olarak bitkilerde 3:1 oranında bulunurlar.

Moleküllerin ortasında yer alan magnezyum, klorofillerin renkleri ve absorpsiyon spektrumları üzerine çok etkilidir. Klorofil-*a* ve *b* yapılarında yer alan magnezyumun parçalanması sonucunda, Şekil 2.6.'da da şematize edildiği üzere, feofitin-*a* ve *b* ye dönüşür ve bunun sonucunda renk zeytin yeşiline döner. Klorofil molekülündeki Mg^{+2} 'nin yerine diğer metal iyonlarının geçmesi (Sn^{+2} ve Fe^{+3}) aynı şekilde rengin yeşilden gri-kahverengi rengine dönüşmesine neden olur. Klorofilin klorofilaz enzimi ile parçalanması sonucunda ise klorofillidler (klorofillid-*a* ve klorofillid-*b*) ve feofitinlerin enzimatik parçalanması halinde ise feoforbit-*a* ile feoforbit-*b* oluşmaktadır.



Şekil 2.6. Klorofilin farklı şekillerde parçalanmasıyla oluşan türevleri¹ (Anonim g).

Eğer güneş ışığının bir fotonu klorofil-*b* tarafından absorblanırsa, enerji klorofil-*a* ya geçirilir. Bunun üzerine klorofil-*a* bir fotonu absorblamış gibi davranır. Diğer yardımcı pigmentler sarı ve turuncu çeşitli tonlardaki hidrokarbonları kapsar. Bu hidrokarbonlar karotenoidlerdir. Karotenoidlerin önemli işlevi enerjiyi klorofile geçirmekten ziyade, klorofile zarar verecek olan aşırı ışığı absorblar ve yayarlar. Absorbe edilen dalga boyuna karşılık gelen renkler geçirilen ve yansıtılan ışığın spektrumunda ortadan kalkar; fakat enerji yok olmaz. Bir molekül bir foton absorbe ettiğinde, molekülün elektronlarından biri, potansiyel enerjinin daha yüksek olduğu bir yörüngeye yükselir ve pigment molekülü uyarılmış duruma geçer. Yalnızca enerjileri temel durum ve uyarılmış durum arasındaki enerji farkına tamamen eşit olan fotonlar absorbe edilir.

¹Klorofillid (*a* ve *b*): fitol içermeyen klorofil-*a* ve *b* olarak tanımlanır. Klorofilden enzimatik yolla fitol grubu ayrılması ile klorofillidler oluşur.

Fitol: 20 karbonlu bir alkoldür.

Feofitin (*a* ve *b*): magnezyum içermeyen klorofil-*a* ve *b* olarak tanımlanır.

Feoforbit (*a* ve *b*): magnezyum içermeyen klorofillid *a* ve *b*'dir.

Bu enerji farkı bir atom ya da molekül çeşidinden diğerine değişiklik gösterir. Böylece, belirli bir bileşik yalnızca özel dalga boylarına karşılık gelen fotonları absorblar (Gündüz vd 2006).

Fotonlar tilakoid zarda gömülü, pigment molekülü grupları tarafından absorbe edilir. Absorbe edilen bir fotonun enerjisi, temel durumdan uyarılmış duruma yükselen bir elektronun potansiyel enerjisine dönüştürülür. Ancak, elektron orada uzun süre kalamaz; yüksek enerjili tüm durumlar gibi uyarılmış durumda kararsızdır. Genel olarak, pigmentler ışığı absorbe ettiklerinde, uyarılmış elektronlar saniyenin milyarda biri gibi bir sürede yörüngedeki eski yerlerine geri dönerler. Bu sırada kazanmış oldukları fazla enerjiyi ısı olarak dışa verirler. Klorofil dâhil, bazı pigmentler fotonları absorbe ettikten sonra ısının yanı sıra ışık da yayarlar. Elektron daha büyük bir enerji durumuna sıçradıktan sonra eski duruma döndükçe bir foton saçılır. Bu parlaklık florasanlar olarak isimlendirilir (Gündüz vd 2006).

Tilakoid zarın doğal ortamında, klorofil, proteinler ve diğer küçük organik moleküller ile birlikte fotosistemler şeklinde düzenlenmiştir. Bir fotosistem, birkaç yüz klorofil-*a*, klorofil-*b* ve karotenoid molekülünün oluşturduğu bir kümeden oluşan ışık toplayan bir ‘anten kompleksi’ne sahiptir. Herhangi bir anten molekülü tarafından absorbe edilen bir fotonun enerjisi özel klorofil-*a* molekülüne ulaşıncaya değin, bir pigment molekülünden diğerine geçirilir. Bu klorofil-*a* molekülünü özel yapan onun moleküler yapısı değil, konumudur. Yalnızca bu klorofil molekülü, reaksiyon merkezi olarak isimlendirilen fotosistem bölgesinde yerleşmiştir. Reaksiyon merkezi, fotosentezde ışık tarafından gerçekleştirilen ilk kimyasal reaksiyonun olduğu yerdir. Reaksiyon merkezinde klorofil-*a* molekülü ile birlikte primer elektron alıcısı olarak isimlendirilen özelleşmiş bir molekül bulunur. Elektron alıcısı, ışık tarafından uyarılmış klorofile ait elektronların temel durumlarına hemen dönmelerini önler. Böylece, reaksiyon merkezindeki klorofil ve bir anten kompleksi tarafından kuşatılmış olan primer elektron alıcılarından oluşan her bir fotosistem, kloroplastta ışık toplayan bir birim olarak iş görür. Güneş enerjisiyle elektronların klorofilden primer elektron alıcısına geçmeleri ışık reaksiyonunun ilk basamağını oluşturur (Gündüz vd 2006).

Tilakoid zarda fotosentezin ışık reaksiyonlarında iş birliği yapan iki tip fotosistem yerleşmiştir. Bunlar keşfedilme sıralarına göre Fotosistem I ve Fotosistem II olarak

isimlendirilir. Her birinin özgün bir reaksiyon merkezi vardır. Fotosistem I'nin reaksiyon merkezindeki klorofil P700 olarak isimlendirilir çünkü bu pigment 700 nm dalga boyundaki ışığı en iyi absorblar. Fotosistem II'nin reaksiyon merkezindeki klorofilin absorpsiyon spektrumu 680 nm'de en yükseğe çıkar. Bu iki pigment aslında birbirinin aynı olan klorofil-*a* molekülleridir. Bununla birlikte, bu pigmentler tilakoid zarda farklı proteinlerle birleştiklerinden, klorofil moleküllerindeki elektron dağılımı etkilenir. Bu farklılık ışık absorbe etme özelliklerinde küçük farklılıkların da sorumlusudur (Gündüz vd 2006).

Birçok sebze gibi domates C3 bitkisidir ve C3 bitkileri, ışığı düşük intensite oranıyla yutarlar ancak, bitki çevresindeki havanın karbondioksit içeriğine göre yüksek respons verirler, özellikle çim ve tahıl gibi C4 bitkilerine kıyasla, ışık intensitesinden etkilenip, havadaki CO₂ içeriğinden etkilenmezler. Aynı zamanda, C3 ve C4 bitkilerinin yaprak içyapısından kaynaklı yansıma farklılıkları olabileceği gibi aynı bitkinin farklı çeşitleri arasındaki morfolojik ve anatomik farklılıklardan kaynaklı ışığın emilimi ve yansıması değişebilir.

Diğer C3 bitkilerinden farklı olmayarak, 600-800 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sn}$ aralığı domates için, fotosentetik doyum noktasıdır. C3 bitkileri için, fotosentez oranı 250 MJ/m²'den, 900 MJ/m²'ye lineerdir. Domates bitkisi 400-500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sn}$ aralığında normal gelişimlerini devam ettirirler (Jones 2007). Yine yapılan araştırmalar ışığında, araştırmacılar günde 18 saat 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sn}$ ışıklandırmanın, meyve verimini 1,8 kat arttırdığını gözlemlemişlerdir (Jones 2007). Bitki sadece ışık intensitesine değil aynı zamanda ışık kalitesine de tepki verir. Bitki ne zaman yoğun mavi çok az kırmızı ışığa maruz kalsa bitki kısa, kalın ve koyu renkte kalır. Bitkiye maviden daha fazla kırmızı ışık verilse, bitki bu sefer ince uzun, yumuşak yapılı, internod aralıkları açık bir hal alır. Çizelge 2.2'de de domatesin gelişimine ışık kalitesinin etkisi gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Işık kalitesine domates bitkisinin tepkisi

Bitki Responsu	Işık Tipi				
Bitki Boyu (cm)	Mavi	Yeşil	Kırmızı	Infrared	Beyaz
	20,3	30,6	31,6	41,4	20,0

İstatiksel olarak önem aralığı = 0,05 (Jones 2007)

2.4. Besin Elementlerinin Bitki Fizyolojisindeki Rolü, Noksanlıkları ve Belirtileri

Dünya topraklarının 1/4'ünün mineral eksikliği yönünden stres doğuracak durumda olduğu belirlenmiştir (Kocaçalışkan 2008). Bu stresin etkisi bitkilerde mineral maddelerin eksikliği veya fazlalığı olarak ortaya çıkabilir. Mutlak besin elementlerinin eksikliğinde yetersiz beslenme sebebiyle ve fazlalığında ise toksik etki yüzünden stres oluşur. Büyüme ve verimde azalma, ölüme varan sonuçlar görülür. Bitkilerde besin stresine neden olan elementler daha çok topraktan alınanlardır (Kocaçalışkan 2008).

Bitki besin elementleri denildiği zaman 'ışık enerjisi karşısında gerçekleştirilen fotosentez sonucu ışığın fiziksel enerjisinin kimyasal besin enerjisi şeklinde depo edildiği organik maddenin yapımında kullanılan ve bitkiler tarafından az ya da çok absorbe edilen kimyasal elementler' anlaşılır. Bitkilerin kimyasal kompozisyonu, bitkinin çeşidi, organı, yaşı ve ekolojik faktörlere bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte (Bkz. Çizelge 2.3. ve 2.4.) ortalama değer olarak %70'i su, %27'sini organik madde ve %3'ünü besin (mineral) elementleri teşkil eder (Kacar ve Katkat 2006). Bitki kuru maddesinin %0,3'ünü makro elementler oluştururken, %0,01'lik kısmını mikro elementler oluşturur. Bitki için gerekli olan elementlerin birincil ve ikincil rollerinin varlığı bilinen bir gerçektir. Bitki bileşenlerini oluşturan bazı elementler örneğin N proteinlerin bileşeni olarak, K hem osmotik basınç balansı için stoma açılıp kapanmasında görev alırken hem de Mg ile birlikte bazı enzimlerin aktivatörü olarak bulunur. Fosfor, demir gibi bazı elementlerde enerji transfer reaksiyonunda ve aynı zamanda bu reaksiyonla doğrudan ilişkili olan fotosentezde de Mg ile birlikte görev alırlar (Jones 2007).

Deneme bitkisi olarak belirlenmiş olan domates bitkisi, hemen bütün makro ve mikro besin maddelerine gereksinim gösteren bir C3 bitkisidir. Domates bitkisi, yetiştirme ortamından en fazla potasyum kaldırmakta ve bunu azot izlemektedir. Azota göre topraktan kaldırılan potasyum miktarı yaklaşık 2 kattır. Geliştirme evrelerinde potasyum alınımları azot ve fosfora benzer şekilde olur. Potasyumlu gübre uygulaması meyvede şekil bozukluğunun azalmasını sağladığı gibi meyvede titre edilebilir asit miktarının da önemli derecede artmasına neden olmuştur. Potasyum eksikliğinde yaprak kenarlarında başlayarak dağılan klorotik lekeler oluşmakta, gri küfe karşı hassasiyet artmakta, yoğun güneş ışığında bitkide solgunluk belirtileri ortaya çıkmakta, meyveler zamansız olgunlaşmakta ve aroma yönünden hoşla gitmeyen bir tat oluşmaktadır. Buna karşılık yeterli bir potasyum beslenmesi sağlanan domateslerde likopen gibi karotenlerin daha çok sentezlenmesi nedeniyle meyvede kırmızı renk oluşumu artmaktadır. Ayrıca domates meyveleri genellikle daha yüksek toplam kuru madde, asit ve şeker içerdiği gibi daha uzun raf ömrüne de sahip olmaktadır (İmas 1999). Yüksek oranda K’lu gübreleme ise domates meyvelerinin pazar değerini düşüren düzensiz olgunlaşma ve şekil bozukluklarına neden olan lekeli olgunluk, yeşil yaka, altın benek, şişkinlik ve iç boşalması gibi fizyolojik bozuklukların azalmasında etkili olmaktadır (İmas 1999). Bu husus, gübreleme programında potasyuma yer verilmesinin ve uygulanacak potasyumun, bitkinin gerçek ve zamansal gereksinimine uygun miktarda olmasının, sağlıklı bir üretimin yapılması kapsamındaki önemini açıkça göstermektedir.

Azotun alınımları çiçeklenme başlangıcından sonra hızla artar. Bu döneme kadar azot ihtiyacı “1” ise, bu dönemden hemen sonraki ihtiyacı “3” ve meyvenin hakim döneminde ise “4”dür. Eğer bu kurala dikkat edilmez ve undan önce aşırı azot uygulaması yapılır ise çok gelişmiş bir bitki yapısına karşılıklı oldukça azalmış ve döller arası mesafenin artmış olduğu bir durumla karşılaşılacaktır (Kacar ve Katkat 2007). Azotun yetersizliğinde de bitkiler normal gelişemez, yapraklar açık yeşil ve sarı renkli olup yapraklar alttan yukarı doğru kıvrılırlar, bitki boyu kısa kalır, meyveler normal büyüklüğe ve sertliğe gelmeden kızarır, meyvelerde siyah lekeler oluşur ve dallarda kırılma kolaylaşır. Azotlu gübrelerin gereğinden fazla uygulanması durumunda ise, ürün miktarı olumsuz şekilde etkilenir, bitkilerin zayıf yapılı olmalarına ve kolay kırılmalarına neden olur. Hastalıklara dayanım azalır, meyve tohumunun niteliği bozulur. Diğer taraftan azot elementi, çevre kirliliği açısından da dikkatle izlenmesi

gereken elementlerin başında gelmektedir. Mineral gübre kullanımının artması sonucu ürün kalitesi düşmekte, toprak zayıflamakta, zayıf toprakta yetişen kültür bitkilerinin hastalık ve zararlılara direnci azalmakta, bu da gittikçe artan miktarlarda zirai mücadele ilacı kullanılmasına neden olmaktadır. Artan mineral gübre kullanımı ile üretilen domateslerin dayanıklılıkları, tatları, kaliteleri bozulmakta, toprak ve çevre sorunları ortaya çıkmakta ve daha fazla gübre-daha fazla ilaç kısır döngüsüne girilmektedir (Brohi ve Karaman 1998). Yine bu durum da sağlıklı/sağlıksız besinlerin üretimi açısından besleme uygulamalarının (gübrelemenin) sürekli olarak takip edilmesi hususunun önemini ortaya koymaktadır. Azotun klasik yöntemlerle yönetilmesinin yegâne yolu toprak ve bitki analizleri ile birlikte, arazi koşullarındaki sübjektif izleme ve gözleme yöntemleridir. Buna karşılık günümüzde uzaktan algılama teknolojisi kapsamındaki radyometrik ölçümler ile çok daha hızlı ve daha güvenilir sonuçlar alınabilmektedir (Vatandaş vd 2005).

Azot ve potasyuma göre daha az alınan fosfor, azot ve potasyuma benzer olarak ilk salkım (meyve) oluşumundan itibaren domates bitkisinin generatif organlarında toplanmaya başlar. Fosforlu gübreler, domateste çiçeklenmeyi hızlandırmakta ve düzgün meyve oluşumuna katkı sağlamaktadır. Diğer taraftan fosfor, çimlenme gücü yüksek nitelikli tohumların oluşmasına da yardımcı olmaktadır (Kacar ve Katkat 2007).

Çizelge 2.3. Yaprak analizine göre sağlıklı domates bitkilerinin yapraklarında bulunan besin maddeleri (Maynard ve Hochmuth 1997)

Fizyolojik Dönemler	N	P	K	Ca	Mg	S
5 gerçek yapraklı	3-5%	0.3-0.6%	3-5%	1-2%	0.3-0.5%	0.3-0.8%
İlk çiçek	2.8-4%	0.2-0.4%	2.5-4%	1-2%	0.3-0.5%	0.3-0.8%
Meyve oluşumu	2.5-4%	0.2-0.4%	2.5-4%	1-2%	0.25-0.5%	0.3-0.6%
İlk meyve olum	2-3.5%	0.2-0.4%	2-4%	1-2%	0.25-0.5%	0.3-0.6%
Hasat boyu	2-3%	0.2-0.4%	1.5-2.5%	1-2%	0.25-0.5%	0.3-0.6%

FizyolojikDönemler	Fe	Mn	Zn	B	Cu
5 gerçek yapraklı	40-100 ppm	30-100 ppm	25-40 ppm	20-40 ppm	5-15 ppm
İlk çiçek	40-100 ppm	30-100 ppm	25-40 ppm	20-40 ppm	5-15 ppm
Meyve oluşumu	40-100 ppm	30-100 ppm	20-40 ppm	20-40 ppm	5-10 ppm
İlk meyve olum	40-100 ppm	30-100 ppm	20-40 ppm	20-40 ppm	5-10 ppm
Hasat boyu	40-100 ppm	30-100 ppm	20-40 ppm	20-40 ppm	5-10 ppm

Çizelge 2.4. Sağlıklı gelişen domates bitkisi yapraklarında bulunan besin elementlerinin en düşük ve en yüksek miktarları ile kritik düzeyleri (Kacar ve Katkat 2007)

Besin Elementi	En Düşük	En Yüksek	Kritik Düzey
N (%)	2,8	4,9	<2
P (%)	0,4	0,7	<0,2
K (%)	2,7	5,9	<2,5
Mg (%)	0,4	0,9	<0,3
Fe (mg/kg)	101	291	-

Bitki gelişimi ile absorbe edilen mineraller arasındaki ilişki aynı zamanda çevresel faktörlere de bağlıdır. Besin solüsyonu sıcaklığı ile ışıklanmanın domateste besleme üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada 15, 18, 22, 25, 28 ve 30 °C’lerde solüsyon sıcaklığı ve 50, 105 ve 175 W/m² de 12 saatlik fotoperiyodlarda uygulamalar yapılmıştır. Sonuç olarak; 50 W/m² aydınlatmada, solüsyon sıcaklığı 15 °C’den 23-24 °C’lere çıktığında domateste kuru madde birikiminin de arttığı, 105 W/m²’de aydınlatmanın kök bölgesinde yarattığı bağımsız sıcaklık artışından da ileri gelen daha fazla kuru madde oluşumu olmasının doğal bir durum olduğu ve sadece 15 °C’nin

altında birikinin durduğu gözlemlenmiştir. İyi bilindiği üzere kloroplast fotokimyasal aktivitesi aydınlanma seviyesindeki artışla birlikte artar. 175 W/m² yüksek aydınlanma koşulları altında domateste kuru madde birikimi 15 °C den 26-27 °C'ye çıktığında bitki başına 1.6 ile 2.4 gr arasında artmıştır. Düşük aydınlanma koşullarının (50W/m²) P, Mg ve Ca absorpsiyonun da, yüksek sıcaklık seviyelerine göre, kuru madde oluşumuna daha fazla etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Element absorpsiyonuna ışıklandırmanın direkt etkisi olduğu söylenebilir. Örneğin 50 W/m²'de K absorpsiyonu yüksek oranda iken, ışıklandırma arttıkça K alınımları azalır ve Ca alınımlarının arttığı gözlemlenmiştir. Sıcaklığın arttığı koşullarda Ca nitrat miktarı artar bitki özellikle azotu nitrat formunda kullanır. Bitkide P absorpsiyonunun artışı yüksek sıcaklık ve aydınlanma seviyelerinde gözlemlenmiştir ve kök bölgesinde 25 °C'den itibaren sıcaklık düşüşü ATP ve NADP sentezinde azalmaya sebep olduğu çalışmanın bulguları arasındadır (Kosobrukhov vd 1988).

Bitkilerin besin maddelerini alımları üzerine, toprak sıcaklığının da önemli rolü vardır. 13-14 °C'tan düşük toprak sıcaklığında özellikle P, Ca, Fe ve Mn alınımları engellenmektedir. Kışın ve erken ilkbaharda görülen noksanlıklarının sebebi toprağın soğuk olması sonucu kök gelişiminin ve besin maddesi alma kapasitesinin düşük olmasıdır (Özkan 2007).

Bitkiye verilecek besin maddelerinin miktarları yanında oranları da önemli olup gelişme dönemlerine göre değişmektedir. Örneğin domates için fertigasyon programında uygulanacak N/P₂O₅/K₂O oranları fide döneminde 1/1/1, vejetatif gelişme döneminde 2/0,5/1,5u-olgunlaşma arasında 1/0,3/3, meyve olgunlaşma-hasat arasında 1/0,1/2 olarak bildirilmiştir (Özkan vd 2005).

2.4.1. Magnezyum

Sera yetiştiriciliğinde ürünün verim ve kalitesine birinci derecede etkili olan bitki besleme konusunda ülkemizde yok denecek kadar az çalışma yapılmış ve genellikle yapılan çalışmalar ise N, P, K gübreleri yoğunluklu çalışmalar olmuştur. Oysa domates yetiştiriciliğinde, seralarda en çok eksikliğine rastlanan ve problemi görülen bitki besin maddelerinin basında magnezyum gelmektedir. Üstelik besin solüsyonundaki katyon dengesizliği (Ca^{+2} , K^+ ve Mg^{+2}) bu eksikliğin en önemli nedenidir. Diğer yandan magnezyum stresinde bulunan bitkiler genellikle generatif devreye geç girerek toplam verimi ve erkenci verimi önemli ölçüde azaltmaktadır.

Magnezyumun (Mg) suda çözünebilen formunun, yıkanma ihtimalini azalttığı ve genişleyebilen yapıya sahip tabakaları ve kafes yapısındaki Mg un bir bölümünün bitkiler için yarıyışlı olabilmesi nedeniyle kil içeriği yüksek ağır bünyeli topraklarda Mg konsantrasyonu yüksektir. Magnezyum bitkiler tarafından Mg^{+2} şeklinde pasif absorpsiyonla alınmakta olup, floem dokularında mobil olan Mg yaşlı yapraklardan genç yapraklara kolaylıkla taşınabilmektedir. Magnezyum yapraklarda klorofil molekülünün merkez atomu olarak bulunmaktadır. Bitkilerin Mg ile beslenme durumuna bağlı olarak toplam Mg'un % 6-25'i klorofil molekülüne bağlı olarak ve % 5-10'u ise hücre duvarında pektat şeklinde bağlı veya vakuollerde çözünebilir tuzlar şeklinde çökelmiş halde bulunmaktadır. Geri kalan % 60-90'ı ise su ile ekstrakte olabilir şekilde bulunmaktadır. Magnezyumun porfirin yapısına katılımı klorofil biyosentezinin ilk aşamasıdır. Bu katılım Mg-şelatazlar tarafından katalizlenir. Aktivasyon için bu enzim ATP ye ihtiyaç duyar. Aynı zamanda magnezyum protein sentezi için gerekli olan ribozomların alt ünitelerinin agregasyonunu sağlar ve çekirdekte RNA'nın oluşumunu sağlayan RNA polimeraz için gereklidir. Yaprak hücrelerinde toplam proteinin en az % 25'i kloroplastlarda lokalize olmaktadır. Bu durum Mg eksikliğinde kloroplastların yapısı, fonksiyonu ve boyutunun neden bu kadar etkilendiğini açıklamaktadır. ATP'nin sentezlenmesinde (fosforilasyon: $\text{ADP} + \text{Pi} \rightarrow \text{ATP}$) ADP ile enzim arasında köprü görevi görmesi nedeniyle de Mg'a ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle serbest Mg^{+2} konsantrasyonu fosforilasyon reaksiyonunu önemli oranda etkilemektedir. Buna karşılık dışarıdan uygulanan Ca^{+2} fosforilasyonu inhibe etmektedir. Magnezyum noksanlığı görülen bitkilerde karbonhidratlar yapraklarda

akümüle olmakta ve köklere taşınım engellenmektedir. Bu sebepten dolayı Mg noksanlığında kök gelişimi gerilemektedir (Marschner 1995).

Domates gibi C3 bitkilerinde özel bir enzim aktivasyonuna sahip olan magnezyumun eksikliğinde CO₂ fiksasyonu azalmakta ve bu nedenle karbonhidrat birikimi engellenmektedir. Magnezyum alınımları, kalsiyum (Ca) alınımlarına benzetilebilir. Ca'dan daha hareketli olması ile ayrılmaktadır. Ayrıca Ca²⁺, sadece ksilemde hareket eder iken Mg, hem ksilem hem de floemde hareket etmektedir. Domates bitkisinin, vejetatif organlarıyla en fazla Ca²⁺ ve Mg²⁺ kaldırdığı bildirilmektedir. Aşırı amonyum azotu tatbikatları ise domates bitkisinin Ca²⁺ ve Mg²⁺ alımlarını kısıtlayabilirken, nitrat azotu Mg²⁺ alınımlarını teşvik etmektedir (Beşiroğlu 2007).

Borkowski ve Szwonek (1986) potasyumlu ve magnezyumlu gübrelemenin domateslerde meyve kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada, değişik dozlarda (200, 400, 600 ve 1000 mg/L) K kullanılmış ve torf ortamında yetiştirilmiştir. Araştırma sonucunda yüksek dozda K uygulaması (1000 mg/L) meyve rengi ve meyvedeki kuru madde miktarını artırmıştır. 1000 mg/L K ve 200 mg/L Mg kullanımı ile en yüksek pazarlanabilir ve toplam verim elde edilmiştir.

Koukoulakis (1987), topraklı domates ve hıyar yetiştiriciliğinde K'lu gübrelemenin, yaprak ve yaprak sapındaki K içeriğini belirlemek için yürüttüğü çalışmada, potasyum uygulamasının hıyarda yaprak sapında ve yaprak ayasındaki K içeriğini önemli ölçüde artırdığı, domateste ise daha az etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak, her iki üründe de potasyum uygulaması, yaprakların Mg içeriğini azaltmıştır. Hıyar da, hasat başlangıcından ilk 2-3 hafta süresince potasyum içeriği artarken, daha sonra yavaş yavaş azalmıştır. Buna karşın domateste potasyum isteği hasat başlangıcında sabit olurken, daha sonra artış göstermiştir.

Georgieva (1989), Angela domates çeşidi üzerine yaptıkları çalışmada bitki besin maddelerinin etkileşimlerini araştırmıştır. Denemede, bitki dokusundaki Mg içeriğinin, besin solüsyonundaki Mg konsantrasyonuna, Ca konsantrasyonuna, H₂PO₄ konsantrasyonuna ve K konsantrasyonuna bağlı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Mg konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak, Ca, H₂PO₄ ve K eksikliği de görüldüğü bildirilmektedir.

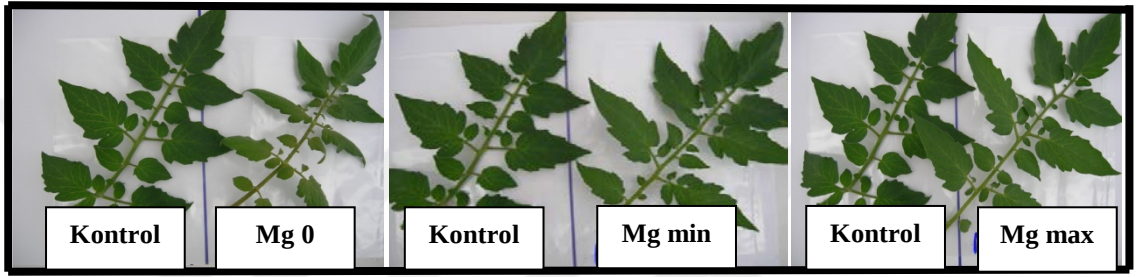
Kolota ve Biesiada (1990), torf ortamında yetiştirilen domateslerde, değişik Mg düzeylerinin verim ve besleme üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmada 150, 300, 450 ve 600 mg/L düzeylerinde Mg denenmiştir. Kullanılan diğer makro elementler ise; 200 mg NO₃-N, 200 mg P, 600 mg K ve 2500 mg Ca/L düzeyinde tutulmuştur. Denemede örnek olarak nisan bası, 22-29 Mayıs ve 10-11 Haziran tarihlerinde üstten 5. yaprak sapı kullanılmıştır. Denemede verim ve bitki gelişmesi bakımından 300-450 mg/dm³ konsantrasyonu optimum Mg seviyesi olarak belirlenmiştir. Denemede, 150 mg/dm³ gibi düşük Mg konsantrasyonunda, erkenci verim artmıştır. Mg düzeyinin artması ile Ca, K ve NO₃-N alınımı azalmış, P alınımı ise artmıştır. Denemede yapraklarda belirlenen optimum Mg seviyesi % 0.4-1.0 olarak saptanmıştır.

Topçuoglu ve Yalçın (1999), potasyumlu ve magnezyumlu gübrelemenin örtü altında yetiştirilen domates bitkisinde ürün ve klorofil ile yetiştirme dönemi süresince bazı bitki besinlerinin örnekleme dokularındaki içerikleri üzerine etkilerini belirlemek için bir araştırma yürütmüşlerdir. Bu araştırmada, genel olarak domates bitkisinin yetiştirme döneminde, yaprak ayası ve yaprak sapı dokularında, toprağa uygulanan potasyumlu gübre ile ilgili olarak K, N, P ve Ca içeriklerinin arttığı, magnezyumlu gübre uygulamaları ile ilgili olarak K, Mg ve P içeriklerinin arttığı ve Ca içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Birinci örneklemede (birinci çiçek salkımı olum aşaması) domates bitkisinin dokularında belirlenen bitki besinleri miktarının ikinci örneklemede (altıncı çiçek salkımı olum aşaması) belirlenenden farklı olduğu ve yetiştirme ileri aşamalarında N, P ve K içeriklerinin azaldığı, Mg ve Ca içeriklerinin arttığı belirlenmiştir.

Magnezyum eksikliğinde, domatesin yaşlı yapraklarında damarlar arası lekeler ve benekler halinde kloroz görülür. Klorozlu bölgelerde nekrotik lezyonlar ortaya çıkabilir. Noksanlık yaprak ucu ve kenarlarından başlayarak ortaya doğru ilerlemekte ve bazı ince damarlarda da açığa çıkabilmektedir (Güneş vd 2007).



Şekil 2.7. Mg eksiklik semptomu (Epstein and Bloom 2005)



Şekil 2.8. Denemede uygulanan Mg dozlarının görüntüleri

2.4.2. Azot

Üretimde, yaygın olarak ve en fazla miktarlarda kullanılan gübrelerden biri azotlu gübrelerdir. Azotun gereğinden fazla miktarlarda kullanılması ise bitkinin çok fazla azot almasına ve proteinlere dönüşümün de kimi faktörlerce engellenmesi sonucunda azot birikimine (NO_3^- , NO_2^-) neden olmaktadır. Bitkilerde NO_3^- 'ın fazla miktarları insan sağlığına yansımakta ve ciddi sorunlar yaratmaktadır. Bu bağlamda özellikle yaprağı tüketilen sebzelerde ve pancar, domates, turp ve hıyar gibi N alınımlı yüksek olan bazı bitkilerde NO_3^- içeriği bir kalite kriteri olarak güncellik kazanmaktadır.

Tüm bitkilerde olduğu gibi ürün miktarı üzerine en etkili besin elementi azottur. Çiçeklenme başlangıcından ilk salkımına kadar geçen sürede bitkinin vejetatif kısmındaki azotun meyvelere doğru taşındığı ve bu dönemde bitkinin bünyesindeki toplam azotun % 58'nin vejetatif kısımda % 42'sinin ise generatif kısımda biriktiği belirlenmiştir (Çolakoglu 1985). Bazı çalışmalar azotlu gübrelemenin kayda değer bir verim artışına sebep olmayıp etkisinin vejetatif evreyle sınırlı olduğuna ve fazla azot uygulamalarının domatesin şeker içeriğini bozduğuna ve verimi engellediğine dair raporlar içerir (Abu-Sarra vd. 1990)

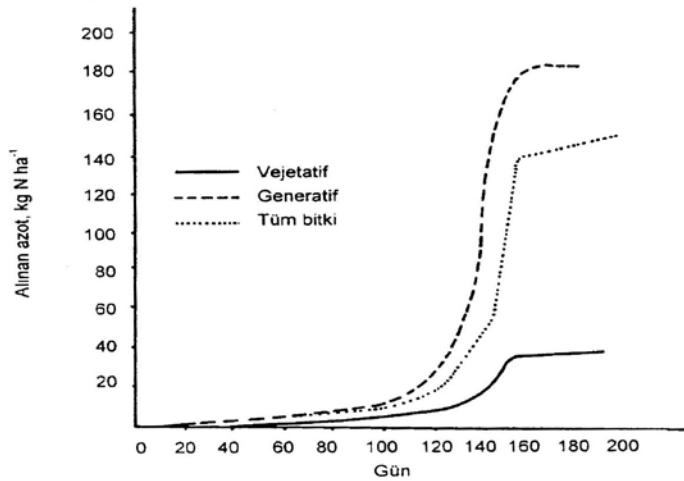
Araştırmacılar yüksek $\text{NH}_4\text{-N}$ ve % 10'un üzerinde $\text{NO}_3\text{-N}$ içeriğinin aşırı vejetatif gelişim ve düşük verim etkisi üzerine hemfikirdirler (Chohura ve Komosa 2003). Aynı şekilde, Siddiqi (2002) ve Akl (2003) yaptığı çalışmalarda NH_4 / toplam N oranının 0.1'den yüksek olduğu durumlarda hem vejetatif gelişme hemde domates veriminde azalma kaydedilmiştir (Passam 2007). Amonyum azotu oranı 0.25 olduğu zaman meyvede kuru madde ağırlığı artar ancak, kök bölgesinde düşük pH (<5) koşulları altında amonyum azotu oranının 0.15 ile 0.25 arasında değişmesi domates gelişimine zarar verir (Passam 2007). Sonuç olarak öyle görülüyor ki, vejetatif gelişme ve verim üzerine sadece azot formu değil aynı zamanda çevresel faktörler de etkilidir.

Ceylan vd (2001) yılında yaptığı çalışmada azotlu gübre olarak amonyum nitrat ve üre kullanılmış 0, 12, 24, 36 kg/da N ve temel gübre olarak dikimle birlikte 12 kg/da P_2O_5 olacak şekilde TSP; 30 kg/da K_2O olacak şekilde K_2SO_4 , sulama öncesinde 30 kg/da $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1100 ha parselde uygulanmıştır uygulanarak domates bitkisinde azot alınımlı ve birikimine etkisi incelenmiştir. Araştırma sonucunda domates yapraklarında

ve meyvesinde 1. ve 2. hasatlarda en yüksek $\text{NO}_3\text{-N}$ ve $\text{NO}_2\text{-N}$ miktarları 36 kg/da N uygulamalarında saptanmıştır. NH_4NO_3 uygulamaları ile üre uygulamalarına göre daha yüksek NO_3 ve NO_2 birikimleri kaydedilmiştir. Çalışmada en yüksek verim ise 24 kg/da N uygulamasında elde edilmiştir.

Andriolo (2001), kontrollü koşullarda substrat kültürü ile yetiştirilen domateslerde farklı N dozlarının bitki gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada kontrol uygulaması olarak, 4.6 g/L potasyum nitrat, 7.3 g/L kalsiyum nitrat, 1.7 g/L süperfosfat ve 3.5 g/L magnezyum sülfat kullanılmıştır. Diğer uygulamalarda bu değerler 0.5 ve 2.25 katı alınarak kullanılmışlardır. Araştırma sonucunda dokulardaki N içeriği, dokunun yasının ilerlemesine bağlı olarak artış göstermiştir. Ayrıca sürgünlerdeki N içeriği, ilk salkımlardaki çiçeklerin açım zamanında en yüksek iken, daha sonra ilk meyveler oluşuncaya kadar azalmıştır. Yüksek konsantrasyonda kullanılan N düzeylerinde ise dokulardaki N düzeyi de artmıştır.

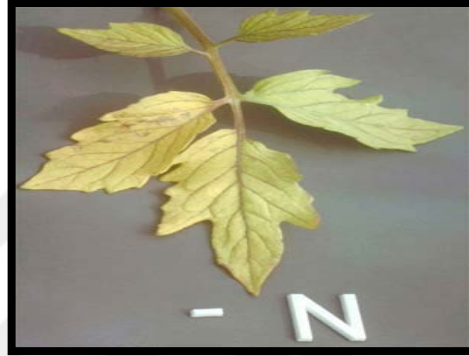
Virüs enfeksiyonu ve virüs çoğalması ile bitkinin N metabolizması sıkıca birbirine bağlıdır. Azot ile beslenme durumu, virüslere yakalanma ve bunların zararlı etkisi üzerinde de etkiye sahiptir. Yüksek N gübreleme dozları patatesin virüslere yakalanmaya karşı direncini azalmakta, virüslerin bulaşmasını sağlayan yaprak bitleri ve beyazsineklerin gelişmesini artırmaktadır (Schepers ve Beemster 1976).



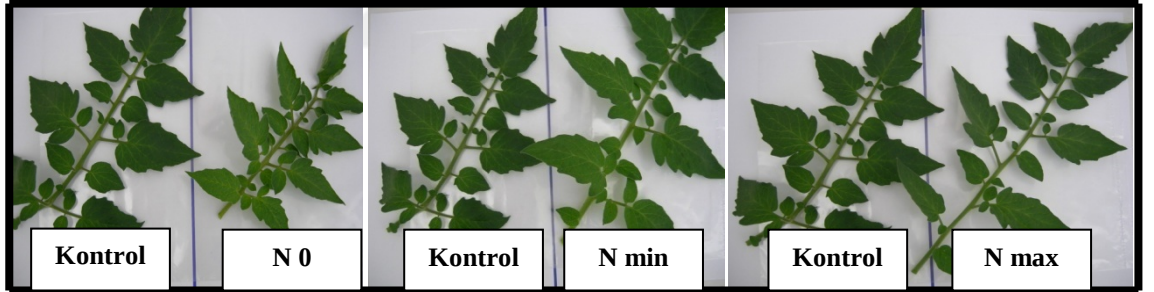
Şekil 2.9. Domates bitkisinde gelişme süresince alınan azot (Çolakoğlu 1985)

Sanayi domatesinde yapılan çalışmalarda domates bitkisinin gelişme dönemi içinde farklı bitki kısımları ile topraktan kaldırdığı azot miktarları Şekil 2.10.'da verilmiştir.

Azot noksanlığında bitkide büyüme geriler, yaşlı yapraklarda sararma ortaya çıkar. Domateste yapraklar küçük açık yeşil, sarı renkli ve yukarıya doğru kalkıktır. Gövde dik, ince ve liflidir. Çiçeklerde dökülme görülür. Meyveler küçüktür ve kızarmadan önce soluk yeşil renk alırlar.



Şekil 2.10. N eksiklik semptomu (Epstein and Bloom 2005)



Şekil 2.11. Denemede uygulanan N dozlarının görüntüleri

2.4.3. Fosfor

Fosforun topraklarda genellikle düşük oranlarda bulunması ve toprakta bulunan diğer elementler ya da maddeler ile tepkimeye girme eğiliminin sonucu, bitkilere yararlı olmayan yeni ve çözünmesi güç fosfat bileşikler oluşturulması, bu elementi toprak verimliliği yönünden önemli bir konu yapmaktadır.

Yurdumuzda ve diğer pek çok ülkede nispi olarak, en fazla fosforlu gübre kullanılmaktadır. Fosforlu gübrelerin pratikte ekonomik bir şekilde kullanılabilmesi, topraklarda bitki tarafından yararlanılabilir haldeki fosfor miktarının doğru olarak belirlenebilmesine bağlıdır. Bir toprakta bitkilerce alınabilir fosfor miktarının tahmin edilmesi azımsanacak bir olay değildir. Bitki, toprak ve gübrelemede kimyasal analizlerin doğru olarak yapılmalarına karşılık analiz sonuçlarının değerlendirilmeleri de çok önemlidir. Tarım alanlarının çoğunda fosfor problemi vardır. Bu problemin başlıca sebepleri, toprakta bulunan fosfor miktarının az oluşu (1), topraktaki mevcut fosforun tamamının bitkiye yarayışlı durumda olmayışı (2) ve gübrelerle toprağa verilen fosforun önemli bir kısmının toprak tarafından tutularak bitkiye yarayışsız duruma geçmesi (3) olarak sıralanabilir. Tarım alanlarındaki fosfor probleminin ortadan kaldırılarak yeterli ve tatmin edici bir verim alabilmemiz için, yetiştirdiğimiz bitkinin ihtiyacı olan fosforu, fosforlu gübreler kullanarak karşılamamız gereklidir.

Bitki için en önemli besin maddelerinden biri olan fosfor, topraktaki total miktarı genellikle % 0.02 ile 0.14 arasında değişmekte olup, azot ve potasyum gibi diğer bitki besin maddelerine göre azdır. Derinliği 20 cm olan bir dekar sahada 50-350 kg kadar total fosfor (P) bulunur. Bitkilerin yararlanabildiği fosfor miktarı ise çok daha az olup, bu değerlerin yaklaşık olarak % 1-2'si kadardır. Fosfor toprakta organik ve inorganik olmak üzere iki şekilde bulunur. Mineral topraklar da fosforun, büyük bir kısmı organik madde ile bağlı formda bulunsa da, toprakta bulunan inorganik fosfor bileşiklerinin cinsi büyük oranda toprak pH'sına bağlıdır. Bitkiler toprak suyunda erimiş olarak bulunan inorganik orto-fosfatlardan yararlanırlar. Toprakta hareketliliği çok düşük olan fosforu bitki kökleri, ancak difüzyon yoluyla alabilmektedir. Etkili bir P difüzyonu için kök bölgesinin toprak geneline göre fosforca fakirleşmesi, diğer bir deyişle konsantrasyon farkının oluşması gerekmektedir (Güneş vd 2007). Toprak çözeltisinde en önemli P taşıyıcı iyonları HPO_4^{2-} ve H_2PO_4^- iyonlarıdır. Bu iki iyonun toprak

çözeltisindeki oranları yine pH'ya bağlıdır (Güneş vd 2007). Bunun yanında fosforun elverişliliği üzerine olumsuz yönde etki eden birçok toprak faktörünün de (kalsiyum, kil, demir ve alüminyum hidroksitler) bulunuşu, domatesin topraktan kaldırdığı fosfor miktarının çok üstünde fosfor uygulamasının yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır (Erkoç 2009).

Bitkiler çok düşük konsantrasyonlar da fosfor içeren çözeltilerden, genotiplerinin P etkinliğine göre, P’u aktif olarak adsorbe etme gücüne sahiptirler (Güneş vd 2007). Domates bitkisinin meyve ve yeşil kısımları ile topraktan kaldırdığı fosfor miktarı azota oranla 3-4 kat ve potasyuma göre 5-6 kat daha azdır. Domates bitkisinin topraktan kaldırdığı fosfor miktarı az olmasına rağmen gelişme döneminin başlangıcında bitkinin yeşil kısımlarındaki fosfor miktarı diğer dönemlere oranla çok fazladır. Bu nedenle fosforlu gübrelerin büyük bir kısmının domates fidesi dikiminden önce uygulanması gerekmektedir.

Fosforun metabolizmadaki en önemli işlevi enerji transferine olanak sağlayan pirofosfat bağları oluşturmaktır. Fosfor; nükleik asitleri, koenzimleri, nükleotidleri, fosfoproteinleri, fosfolipidleri ve şeker fosfatları da kapsayan çok fazla sayıda biyokimyasal maddelerin önemli bir yapısal içeriğidir. Bir bitkinin erken gelişme dönemlerinde fosforun yeterli miktarda bulunması, üreme organlarının oluşmaya başlaması bakımından çok önemlidir. Fosfor, fazla miktarlarda bitkinin tohum ve meyvesinde bulunur ve bunun, tohum oluşumu için zorunlu bir element olduğu iyice bilinmektedir. Fosforun normal düzeyde bulunması, kök gelişimini artırması yönünden çok önemlidir (Erkoç 2009).

Domates meyvesi dokularında, örneğin inorganik fosforun vakuolden sitoplazmaya salınımı fosfofruktokinaz enziminin aktivitesini teşvik etmektedir. Böylece, meyve olgunlaşması ile ilgili olan solunum şiddetlenmesi, vakuollerden salgılanan inorganik P tarafından arttırılır. İnorganik fosforun bu fonksiyonu ile fosfor noksanlığındaki meyvelerin olgunlaşmalarındaki gecikme ile ilişkilendirilebilir (Güneş vd 2007). Bitkilere yeterli fosfor sağlandığında, toplam inorganik fosforun yaklaşık % 85-95'i vakuollerde birikir. Buna karşılık P noksanlığında bitkilerin yapraklarında bulunan

inorganik P'un neredeyse tamamı vakuollerden sitoplazma ve kloroplastlara gönderilir (Güneş vd 2007).

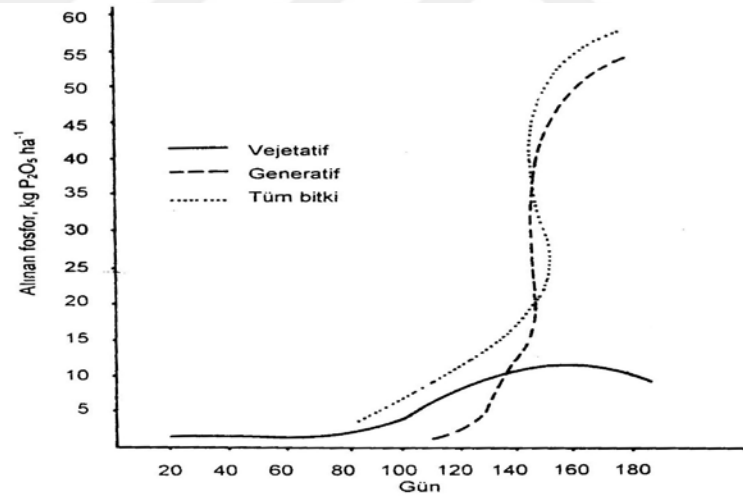
Kılınç ve Yokaş (1989), toprağa uygulanan P, Fe, Zn ve organik maddenin bitkide % P kapsamına etkilerini inceledikleri çalışma sonucunda, P ve Fe uygulamalarında fosforun bitkinin % P kapsamını artırırken, demirin % P kapsamında azalmalara neden olduğunu, organik madde ve fosfor uygulamalarında her iki etmenin de bitkinin % P kapsamında önemli artışlar oluşturduğunu ve bu artışa organik madde uygulamalarının daha etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Fosfor noksanlığının tipik özelliklerinden bir tanesi kloroplastlarda fazla miktarda nişastanın birikmesidir ve bu nişastanın büyüme sürecinde veya gece sürecinde tekrar taşınması çok azdır. Yine noksanlık gösteren bitkilerde, yaprak yüzey alanı, yaprak büyümesi ve aynı zamanda yaprak sayısı da azalır. Yaprak büyümesi epidermal hücrelerin genişlemesi ile çok yakından ilişkilidir ve bu proses özellikle P noksanlığı olan bitkilerde gerileyebilir. Çoğu zaman bitkilerin klorofil içeriği P noksanlığında artar ve yapraklar koyu yeşil renk alırlar. Çünkü hücre ve yaprak büyümesi klorofil ve kloroplast oluşumlarından daha fazla geriler. Gövde büyümesine karşılık kök büyümesi P noksanlığından daha az etkilenir. Ancak gövde/kök oranındaki azalma karbonhidratların köklere doğru taşınmasındaki artış ile ilişkilidir. Toprak çözeltisinde $0.4 - 8.0 \text{ kg ha}^{-1}$ oranında çözünmüş P genel olarak bitki ihtiyacını karşılayacak düzeydedir. Buna rağmen yoğun bitkisel üretim ve aşırı azot kullanımına, toprak pH'sına, kuraklık ve düşük sıcaklık koşullarına, kompakte olmuş topraklarda O_2 noksanlığında P alımı engellenmektedir. Bitkilerin P alımı topraktaki P formuna, bitki çeşidine, bitkinin katyon absorpsiyon özelliğine, kök gelişimine, kök tüylerinin uzunluğuna, mikoriza varlığı gibi faktörlere bağlıdır. Domates P noksanlığına aşırı duyarlı bir bitkidir. Yapraklar dikleşir, koyu yeşil ile mavimsi yeşil arası renklenme ile birlikte, özellikle yaşlı yapraklarda damarlar koyu yeşil veya mor renklidir. Gövde ince ve mor renklidir. Çiçeklenme ve zayıftır. Bununla birlikte aşırı P kullanımı Zn ve Fe noksanlığının çıkmasına sebep olmaktadır (Güneş vd 2007).

De Groot ve arkadaşlarının (2001) yaptığı bir çalışmada, domateste büyüme oranının belirlenmesinde fosforun yaprak alanı oranı ile net asimilasyon oranına etkisi

incelenmiştir. Bu amaçla 20 günlük bir dönemde, 0,07-0,32 gr/gün fosfor uygulaması ve 70-300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sn}$ PAR seviyesinde farklı ışık uygulamaları yapılmıştır. Sonuç olarak; bilindiği üzere besleme eksikliği sonucu yaprak alanı daralır ve fotosentez bundan olumsuz etkilense de, her iki ışık koşulunda, büyüme oranı belirlemede net asimilasyon oranı yaprak alanı oranından daha belirleyici bulunmuştur. Her iki ışık seviyesinde de, farklı fosfor uygulaması yapılan bitkiler de fosfor miktarı arttıkça bitkide azot konsantrasyonunun ve bitki büyüme oranının arttığı gözlemlenmiştir. Ve düşük fosfor seviyelerinden, yaprak alanı oranından çok, net asimilasyon oranının etkilendiği rapor edilmiştir. Her iki ışık seviyesinde de, net asimilasyon oranı, yaprak net fotosentez oranı artışıyla keskin bir şekilde artmıştır ancak yüksek ışıktaki yapraktaki net fotosentez oranı daha yüksektir.

Sanayi domatesinde yapılan çalışmalarda domates bitkisinin gelişme dönemi içinde farklı bitki kısımları ile topraktan kaldırdığı fosfor miktarları Şekil 2.13.'de verilmiştir.



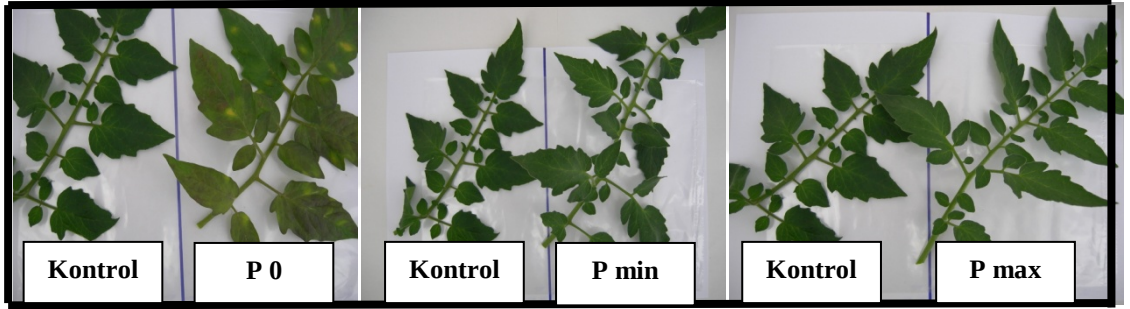
Şekil 2.12. Domates bitkisinde gelişme süresince alınan fosfor (Çolakoğlu 1985)

Grafik incelendiğinde dekardan alınan her bir ton ürün için bitkinin vejetatif ve meyve kısmı ile kaldırdığı fosfor miktarı yaklaşık 0.9 kg P₂O₅ düzeyindedir. Şekilde gösterildiği gibi topraktan kaldırılan fosforun büyük bir kısmı domates meyvesi ile topraktan uzaklaştırılmaktadır. Bu nedenle alınan ürün miktarına göre gübre kullanmak gerekmektedir (Çolakoğlu 1985).

Fosfor noksanlığında, bitki önce koyu yeşil daha sonra mor renk alır. Noksanlık önce yaşlı yapraklarda görülür. Meyvede olgunlaşma gecikir. Gövdede kısılma ve incelme görülür. Çiçeklenme ise zayıftır.



Şekil 2.13. P eksiklik semptomu (Epstein and Bloom 2005)



Şekil 2.14. Denemede uygulanan P dozlarının görüntüleri

2.4.4. Potasyum

Domates bitkisi dâhil sebzelerin büyük çoğunluğunda topraktan kaldırılan besin maddelerinin başında potasyum (K) elementi gelmektedir. Domates bitkisinin vejetatif kısmında kaldırılan potasyum miktarı sabit düzeyde kalsa bile alınan ürün miktarı arttıkça topraktan uzaklaştırılan potasyum miktarı da artmaktadır. Bitki fizyolojisinde potasyum sadece bitki dokularındaki miktarı yönünden değil, aynı zamanda fizyolojik ve biyokimyasal işlevleri yönünden de önemli bir katyondur.

Kil minerallerince zengin topraklar genellikle K bakımından zengindir. Topraktaki potasyumun davranışı mevcut kil mineralinin tipi ve miktarı ile ilişkilidir. Potasyumun bitkideki konsantrasyonu diğer katyonlara göre oldukça yüksektir ve bitkiler tarafından K^+ iyonu şeklinde seçilerek ve metabolik aktiviteyle alınmaktadır (Mengel ve Kirkby 1987).

Potasyum iyonunun en önemli özelliklerinden biri, bitki dokuları tarafından yüksek hız ve miktarda alınmasıdır. Bu yüksek alım oranı etken bir taşıma mekanizması ile ilgilidir. Bitkilerin K^+ alımı, toprakta difüzyon ve kitle hareketine bağlı olmakta ve kurak periyotlarda elverişliliği düşmektedir. Toprakta K/Mg oranı önemlidir. Çünkü bu elementin birinin diğerine göre fazlalığı bitki gelişimini etkilemektedir. Bu oran 2/1 ile 5/1 arasında olmalıdır (Güneş vd 2007). Bitkiler için gerekli mineral katyon türleri arasında elektrokimyasal bir düşüşe karşı yönde, bitki hücrelerine taşındığına ilişkin kanıt bulunan tek katyon potasyumdur. Bitkide çok hareketli olan potasyum ana taşınma yönü, meristematik dokulara doğrudur. Potasyum alınımı hızlı olduğundan Ca ve Mg gibi diğer katyonların alınımı bundan olumsuz etkilenebilir. Protein sentezinin bazı aşamalarında kullanılan potasyum, fotosentez ürünlerinin taşınmasında ve CO_2 fiksasyonunda görev yapmaktadır (Mengel ve Kirkby 1987). Büyüme hızı düşen bitkilerin potasyum alım düzeylerinin düştüğü ve özellikle potasyumu dallara taşıma yeteneğinin olumsuz etkilendiği belirtilmektedir. Potasyum noksanlığından zarar gören bitkiler, turgor durumunda bir azalma gösterir ve su gerilimi altında, bitkiler kolayca pörsümüş hale gelir. Bu nedenle potasyum noksanlığında bitkilerin kuraklığa direnci azalır. Potasyum, bitki büyümesini ve sentetik süreçleri artırarak sadece bitki üretimini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda birçok bitki türünün hastalıklara direncini yükseltme yönünde de büyük önem taşır (Evcı 2002).

Potasyumun yüksek düzeyde olması, meyve olgunlaşması, çiçeklenme ve meyve özsuyundaki asitlik seviyesine etkilidir. Domates bitkisinde yüksek düzeyde potasyum alımı sadece düzgün meyve şekli ve olgunlaşma ile meyveye tat ve lezzet sağlamasından başka, meyve lezzet ve çeşnisinde ana öge olan total asitlik üzerinde olumlu rol oynar (Adams vd 1978).

Potasyum domates bitkisindeki su düzeni için çok önemlidir. Bunun yanında bitki, enzim faaliyetlerinde, hücre öz suyu konsantrasyonunu düzenlemede, protein sentezinde, azot ve karbonhidrat metabolizmalarında önemli etkinliğe sahiptir (Kretchman vd 1972).

Işık, fotosentezi ve bitkide besin maddesi oluşumunu etkiler. Işık az olursa solunum artar, besin maddesi parçalanır ve bitki zayıf düşer. Işık fazla ise bitki daha çok azot daha az potasyum tüketir, bu yüzden N/K oranı 1/1.2 olmalıdır. Birinciden üçüncü salkım çiçeklenme dönemine kadar 1/1.3, yaz ve bahar aylarında 1/1.6, kışın ise bitki daha çok potasyum ihtiyacı duyar ve bitkinin ışıksızlıktan etiolleşmesini önlemek amacıyla N/K oranı 1/2-3 olmalıdır. Yüksek potasyum kışın meyve kalitesini artırır, bitkinin daha sıkı ve sağlam gelişmesini sağlar (Chohura 2003, Özkan 2007).

Besford (1978), üç domates çeşidinde potasyum ve etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacı kum kültürü koşullarında 3 potasyum konsantrasyonu üzerinde durmuştur. Deneme sonunda toplam K alımının çeşitlere göre değişim gösterdiği; meyvedeki Mg içeriğinin K dozlarından etkilenmediğini ve K uygulamalarının çeşitlere bağlı olarak çiçek burnu çürüklüğünü azalttığını belirlemiştir (Evcı 2002).

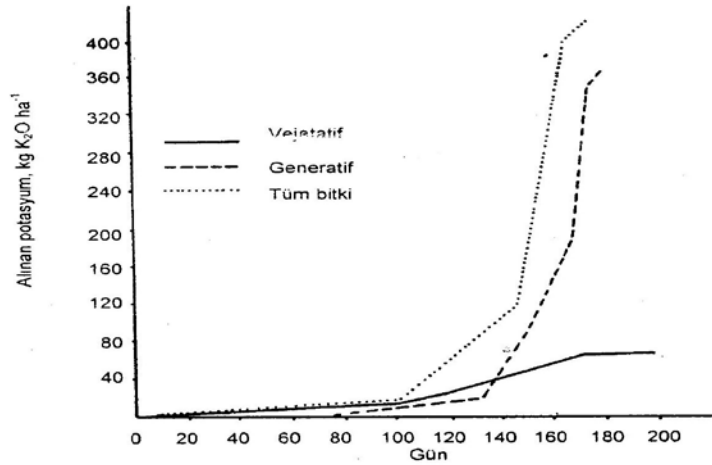
Alan (1992), Ege bölgesi koşullarında yaptıkları bir çalışmada Rio Grande sanayi domates çeşidinin ihtiyaç duyduğu azot ve potasyumlu gübre miktarını saptamak üzere tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve gelişme döneminin 3 farklı zamanda yaprak, gövde, meyve örnekleri alınarak analizler yapılmıştır. Azot denemesinde P ve K, 12 kg/da seviyesinde sabit tutularak 0, 6, 12, 18, 24 kg/da seviyelerinde potasyum uygulanmıştır. Azot ve potasyumlu gübre seviyelerinin verim üzerine etkileri istatistikî olarak önemli bulunmuş ve en yüksek verimler 12 kg/da'lık N ve K denemesinde P ve K, 12 kg/da seviyesinde sabit tutularak 0, 6, 12, 18, 24 kg/da seviyelerinde potasyum uygulanmıştır. 6800 kg/da'a ulaşan verim

de gübre dozlarının yükselmesi ile birlikte düşüş görülmüştür. Fide dikiminden 63, 77 ve 99 gün olmak üzere 3 farklı dönemde yaprak, gövde, meyve ve tüm bitkide kuru madde miktarları tespit edilmiştir.

Eryüce (1993), İzmir Bornova’da yapmış oldukları çalışmada, açıktaki yetiştiriciliğe elverişli Rio-Grande çeşidi bitkilerinin her biri 5 ayrı dozda N, P ve K la beslenmiştir. Tohumlar hasatta meyvelerden çıkarılmıştır ve 1000 tohum ağırlığı hariç tüm tohum özellikleri için en düşük değerlerde sonuçlandığını ve her bir gübrenin en yüksek dozu birbirinden önemli oranda farklı olmayan tüm öteki dozlarda mukayese edildiğinde belirgin ölçüde düşük çimlenme gücüyle sonuçlandığını tespit etmişlerdir (Evcı 2002).

Aydın (1996), sanayi domatesinde potasyum gübrelemesinin kimi kalite özelliklerine etkilerini incelediği araştırmasında, K dozlarının renk ve pH üzerine etkili olmadığını, bunun yanında çözülebilir kuru madde, titre edilebilir asitlik ve askorbik asit içeriğinin uygulamalara göre değişikliğini saptamıştır.

Açık tarla şartlarında sanayi domatesi ile yapılan çalışmada bitkinin farklı kısımları ile topraktan uzaklaştırdığı potasyum miktarları gösterilmiştir (Çolakoğlu 1985).



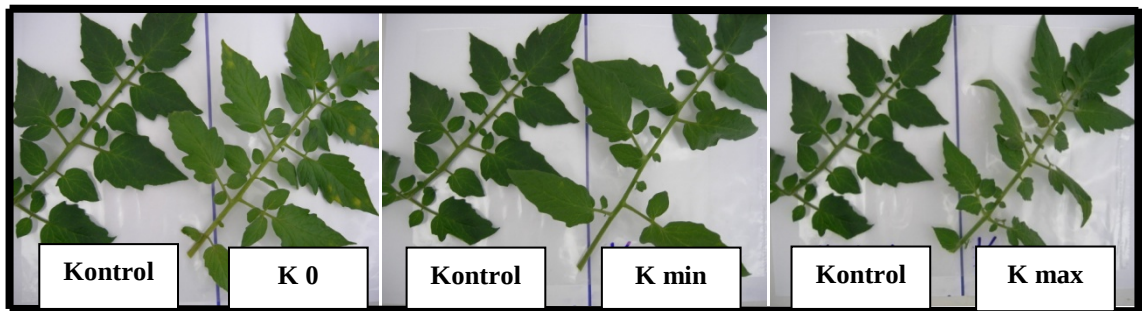
Şekil 2.15. Domates bitkisinde gelişme süresince alınan potasyum (Çolakoğlu 1985)

Potasyum noksanlığında boğum araları kısalır, çalimsı bir görünüm alan bitkide büyüme yavaşlar ve durur. Potasyum noksanlığının ilk dönemlerinde yapraklarda hiçbir şey fark edilmez. Genelde yapraklar renklerini korurken bazen koyulaşmakta mavimsi -

grimsi yeşil renk almakta ve kalınlaşıp, buruşukluklar meydana gelmektedir. Potasyum noksanlığı yaprağın her tarafını sarar, yapraklar sararır ve yaprak uçlarında kurumalar görülür. Yaprakların zamansız erken dökümü filizlerin kuruması potasyum noksanlığının en belli başlı arazlarıdır (Çolakoğlu 1985). Bu belirtiler ortaya çıkmadan önce yaprakta beyaz, sarı veya kahverengi noktacıklar belirir. Verim ve kalite düşer. Hastalık etmeni, zararlı ve dona karşı dayanıklılığı azalır. Domateste ayrıca meyvelerde çatlama ve dökülme görülür. Meyvede, kızarma düzenli değildir ve renkler donuktur, dökülme çatlama görülür. Bitkideki potasyum miktarının meyve iriliği ile arasında ilişki tespit edilmiş ve bitkide potasyum noksan olunca meyvelerin küçük kaldığı veya potasyum çok fazla olunca meyvenin çok iri ve kalın kabuklu olduğu tespit edilmiştir (Çolakoğlu 1985). Potasyum fazlalığında ise, Mg ve Ca noksanlığına sebep olabilmektedir.



Şekil 2.16. K eksiklik semptomu (Epstein and Bloom 2005)



Şekil 2.17. Denemede uygulanan K dozlarının görüntüleri

2.4.5. Demir

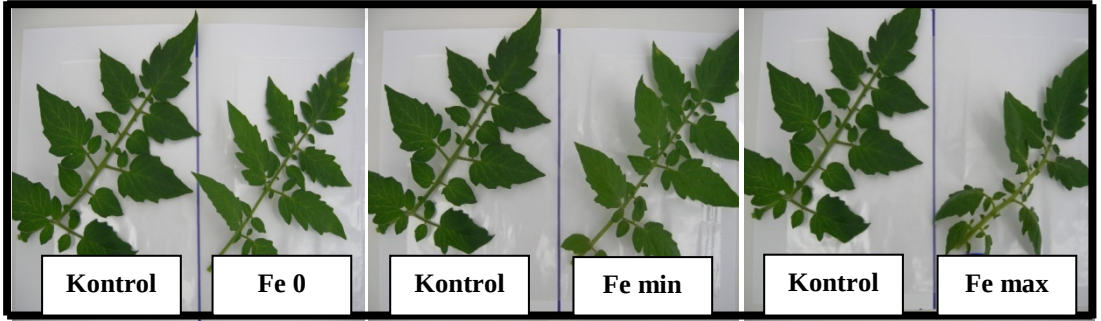
Doğada çok bulunmasına ve bitkilerin demir ihtiyacının az olmasına rağmen çözünürlüğün ve dolayısıyla alınabilirliğin az olması nedeniyle bitkilerde demir noksanlığı görülür. Demir bitkilere Fe^{+2} , Fe^{+3} ve Fe-kleytler şeklinde uygulansa da alınıp bitki köklerinin Fe^{+3} 'ü Fe^{+2} 'ye indirgeme güçlerine bağlıdır ve bu açıdan bitkiler arasında farklılıklar görülmektedir (Güneş vd 2007). Demir alınıpını özellikle ortamdaki yüksek pH, yüksek P, Ca ve Mg konsantrasyonu olumsuz yönde etkilemektedir. Brown'a göre (1979) bitki bünyesinde Fe-sitrat olarak taşındığı kabul gören demir kökler tarafından alınan Fe^{+2} iyonları ksilemde Fe^{+3} 'e yükseltgenerek bitkinin üst organlarına taşınmaktadır. Burada Fe^{+3} -sitrat kısa dalga boylu ışık (450-500 nm) tarafından Fe^{+2} -sitrate indirgenmekte ve buradaki Fe^{+2} ayrılarak hücre metabolizmasında kullanılmaktadır (Güneş vd 2007).

De Kock'a göre (1981) bitkilerin toplam demir kapsamının sadece % 10-20'si fizyolojik aktif olduğundan, bitkilerin toplam Fe kapsamının Fe beslenmesinde ölçüt olarak ele alınması uygun olmamaktadır (Güneş vd 2007). Çoğu zaman bitkinin ihtiyacı üzerinde toplam Fe bulunmasına rağmen noksanlık semptomları görülmektedir. Demir noksanlığından, kloroplast iriliği ile sayısından ziyade hücre bölünmesi engellenmektedir ve bunun sonucu olarak yaprak büyümesi engellenmektedir (Güneş vd 2007). Ayrıca, ribozom sayısı azalır ve kloroplasttaki protein sentezi geriler. Çünkü demirin % 80'i beslenme koşullarına bağlı olmaksızın kloroplastlarda birikir. Bitkiler kontrollü koşullarda yetiştiriliyorsa Fe kapsamları ile klorofil kapsamları arasında iyi bir korelasyon bulunur (Marschner 1981). Fakat bu korelasyon bitkinin kireçli toprakta veya fazla P uygulanarak ya da farklı N formları uygulanarak yetiştirilmesi durumunda bulunamamaktadır. Bu koşullar altında klorozlu yaprakların Fe kapsamı yeşil yaprakların Fe kapsamı ile aynı veya daha fazla olabilir. Özellikle amonyum formulu azot uygulamalar Fe klorozunun etkisini azaltabilirler (Passam vd 2007). Bu farklılıklar demirin birikimi veya bağlanma durumlarıyla ilişkilidir. Demirin bir kısmı yaprakların apoplazmalarında çökebilir (Güneş vd 2007) ve fizyolojik olarak yarayışsız hale gelebilir. Bitkilerin toplam Fe kapsamlarının sadece % 10-20'si fizyolojik aktif olduğundan, besleme durumunu belirlemek için toplam demir değerlerinin kullanılması uygun değildir (Güneş vd 2007).

Domateste Fe eksikliği genelde en genç yaprak demetinde görülür. Yaprak ne kadar genç ise kloroz belirtisi o derece şiddetlidir. Noksanlık devam ederse damarlarda da sararma görülüp yaprak düzgün bir şekilde sarı renge bürünür. Klorozlu yaprakların kuru madde oranı azalırken, küldeki K, P ve Mg miktarı artış göstermektedir (Güneş vd 2007).



Şekil 2.18. Fe eksiklik semptomu (Epstein ve Bloom 2005)



Şekil 2.19. Denemede uygulanan Fe dozlarının görüntüleri

2.5. Bitki Stresi Algılamının Temelleri

2.5.1. Besleme gereksiniminin klasik yöntemlerle belirlenmesi

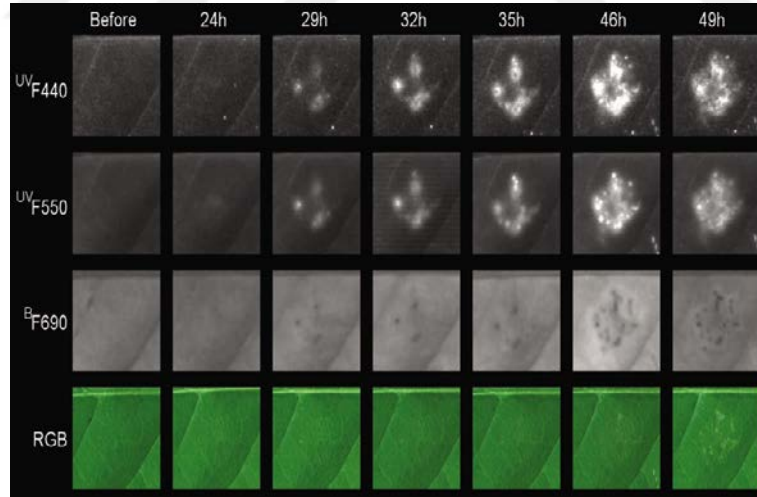
Bitki besin elementleri bitkideki miktarlarına, fizyolojik işlev ve biyokimyasal davranışlarına göre sınıflandırılmakta ve bitki analizleri besin ihtiyacının belirlenmesinde temel kıstas olarak kullanılmaktadır (Aydemir 1992).

Bitki analiz yöntemleri, uygulanan usullere ve dayandıkları ilkelere göre gravimetrik, volumetrik, fotometrik, fleymfotometrik, spektrometrik analizler ve doku testleri olmak üzere altı ana sınıf altında toplanmaktadır. Ayrıca bu analiz yöntemleri dışında X ısınları, floresans, nötron aktivasyon ve kromotografik gibi bitki analizlerinde yaygın kullanımı olmayan yöntemlerde bulunmaktadır (Kacar ve İnal 2008). Bitki analizlerinde belirlenecek besin elementine göre uygun yöntemin seçilmesi ve seçilen yöntemin esaslarına uygun yürütülmesi ile besin elementi içerikleri hakkında en doğru sonuçlar alınabilmektedir. Ancak yöntemlerin bazı kusurları ve kısıtları bulunmaktadır. Belirlenen yöntemden doğru sonuçların alınabilmesi için çeşitli koşulların yerine getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca analizler sıcaklık, basınç ve nem gibi ortam koşulları, konsantrasyon, belirlenecek element miktarı, ortam pH'sı, renk oluşum süresi, işlem sırası, iyon konsantrasyonu gibi iç faktörler, elektrik akımı, gaz basıncı, alet ve ekipmanlar ile bunlara ait aparatların çeşit, tip ve markası gibi faktörlere bağlı olarak doğruluğu ve hassasiyeti değişmektedir. Analizi yapan kişinin becerisi ve deneyimi de doğruluk ve hassasiyeti etkileyen diğer bir faktördür. Bu yöntemlerden doku testleri dışında kalanlarının tamamı örneklerin çözeltilere aktarılmasını ve çeşitli kimyasallar ile muamelesini gerektirmektedir. Laboratuvar yöntemlerinin, birden fazla cihaz ya da donanım kullanmayı, çok fazla emek harcamayı dolayısıyla yüksek maliyet gerektiren dezavantajları bulunmaktadır. Bitki analizlerinin ancak laboratuvar koşullarında yapılabilmesi ve çoğu zaman bir bitkinin örneklenmesinden sonuçların alınmasına kadar geçen süre vejetasyon dönemi için acil bilgilerin sağlanmasında olumsuzluklar yaratabilir. Bitki analizleri sonucu ortaya çıkan element konsantrasyonuna göre besin elementi yeterli ya da yetersiz şeklinde ya da noksan, az, yeter, yüksek ve fazla şeklinde sınıflama yapmak mümkün olmaktadır. Eğer besin elementi içeriğinin belirlenmesinde arazide uygulanabilen, tekrarlanabilir ve belirli doğruluğa sahip bir yaklaşım sağlamak mümkün olursa uygulamaya yönelik büyük avantajlar sağlanabilecektir. Bu nedenle

1970’li yılların başlangıcından bu yana bitkilerin kimyasal kompozisyonunun belirlenmesinde spektrometrik ölçümlerin kullanılabilirliği araştırılmaktadır (Guo vd 2010).

Günümüzde ise gelişen teknolojiye bağlı olarak, arazi koşullarında taşınabilir özellikte spektrometrelerin geliştirilmesi arazide uygulamaya yönelik olarak kullanılabilirliğini artırmış, pratikte kullanılabilirliğini cazip hale getirmiştir. Bunun sonucu olarak bitkilerde beslenme, stres, yeterlilik ve kalite konularında spektrometrelerin kullanılabilirliği araştırılmaya başlanmıştır. Bu amaçla spektrometreler kullanılarak ölçülen farklı dalga boylarındaki yansıma değerleri ve bu değerlerden türetilen (log, türev, integral) yeni değerler istatistiksel modeller ile laboratuvar analizleri sonucu belirlenen besin elementi içerikleri karşılaştırılmış ve en iyi yaklaşım belirlenmeye çalışılmıştır.

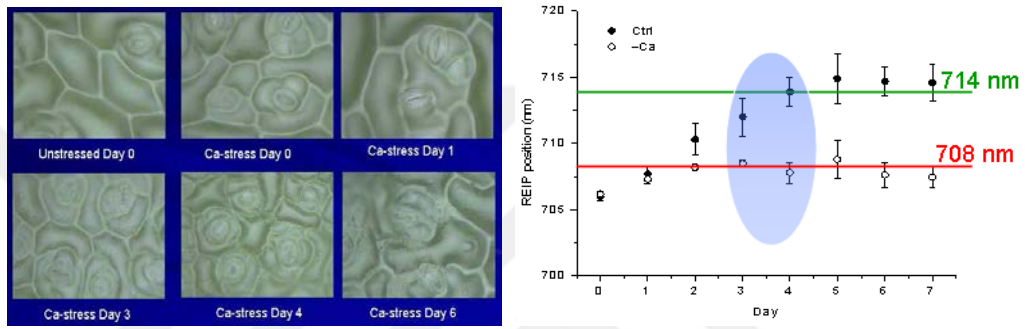
Aşağıda verilecek örnek araştırma sonuçları ile bitkide zararlanma gözle görülme aşamasına gelmeden, spektral yansıma verileriyle nasıl daha erken fark edilebildiği vurgulanmaya çalışılmıştır.



Şekil 2.20. Tütün (*Nicotiana tabacum* L.) yaprağında farklı dalga boylarında tütün mozaik virüsünün infeksiyon seyri.

Şekil 2.20.’de tütün (*Nicotiana tabacum* L.) yaprağında tütün mozaik virüsünün 24 – 49 saat arası floresans tekniği ile farklı dalga boylarında infeksiyon seyrinin belirlenmesi için Lenk vd (2006)’da yaptığı çalışmada ilk sırayı 440 nm’de UV-mavi floresans

(UVF440); ikinci sırayı 550 nm’de yeşil floresans (UVF550); üçüncü sırayı 690 nm’de mavi floresans (BF690); şekilde ki dördüncü ve son sırayı ise RGB fotoğraf makinesi yani insan gözü ile algılanan aralıktaki görüntü yer almaktadır. Çalışma sonucu elde edilen farklı dalga boylarındaki veriler bize açıkça gösteriyor ki, bitki fizyolojisindeki herhangi bir abiyotik veya biyotik stres sırasında oluşan arazlar bizim görebildiğimiz dalga boyları haricinde 29. saat sonrasında belirgin bir şekilde anlaşılıyor olmasına rağmen bunu gözümüzle ancak 48. saat sonrasında dahi dikkatli bir şekilde incelendiği zaman anlaşılabilceği yorumuna kolayca varılabilir.



Şekil 2.21. Kalsiyum eksikliğine bağlı epidermal bozulma (Liew 2008).

- (a) Çin lahanası (*Brassica chinensis*)’nın Ca stresi öncesi ve sonrası yaprak morfolojisindeki değişimleri.
- (b) Ca ile beslenen bitki ile Ca stresindeki bitkinin kırmızı ve NIR bölgedeki reflektans değerleri bitki indekslerinden biri olan red edge’ye tabi tutulduğunda epidermal yüzeydeki bozulmadan kaynaklı absorbans eğrisi, mavi taralı bölge stresli bitki ile kontrol bitkisi arasında farklılaşmanın arttığı günleri işaret eder.

Çin lahanasında (*Brassica chinensis*) Ca eksikliğinin spektral ve morfolojik etkisinin incelendiği çalışmada bitki yapraklarının abaxial epidermal yüzey hücrelerindeki bozulmanın günlük ilerleme seyri incelendiğinde red edge bitki indeksi hesaplama esaslarına göre kırmızı ve NIR bölgede klorofile bağlı güçlü absorpsiyon noktaları olan 708 nm (kırmızı hat) etrafında Ca eksikliği olan bitkiler ve 714 nm (yeşil hat) etrafında ise kalsiyum ile beslenmiş kontrol bitkilerinin yer aldığı belirlenmiştir. Rutin analizler esnasında saptanma ihtimali hariç, gözün klorofil eksilmesinden kaynaklı eksiklik belirtisini algılama becerisi ile karşılaştırılamayacak hız ve doğruluk oranındaki spektral analizler çalışmada da olduğu gibi bitkide abiyotik veya biyotik kaynaklı Ca stresini, arazın başladığı tarihten ortalama 4 gün sonra teşhis etme imkânını sağlarlar.

2.5.2. Uzaktan algılama yaklaşımıyla bitki stresi algılamanın temelleri

Stres, biyotik ve abiyotik faktörlerin ayrı ayrı ya da birlikte fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda belli değişimleri meydana getirmesi veya organizmada hasar oluşturma kapasitesi olarak tanımlanabilir. Bitki büyüme ve verimliliğini olumsuz etkileyen faktörlerinden biri olan abiyotik stres, bitkilerde ortalama veriminin %50'den fazla azalmasına neden olur ve dünyadaki tarımsal ürün kaybının birincil nedenidir (Yıldız ve Terzi 2007).

Örneğin bitkilerde abiyotik stres faktörlerinden, su stresinin belirlenebilmesi için, klasik ölçme yöntemlerinden; tartılı lizimetrenin araştırmacılar tarafından belirtilen kalibrasyon sorunu, toprak-su bütçesi yönteminin büyük tarım arazilerinde etkili kök derinliğinde ki toprak suyunun izlenmesinde yetersiz kalışı, referans bitki su tüketimi yönteminin yine kalibrasyon sorunu ve iklim verilerinin teminindeki zorluklar ve bitki katsayısı yönteminde belirlenen katsayıların bitki, toprak ve iklim koşullarına göre farklılık göstermesi bu yöntemlerin kısıtları arasındadır.

Klasik yöntemler halen sorun çözmede kullanılabilir nitelikli olmakla beraber arazi toprağı üzerinden ve yetiştirilen bitkiden örnek almak gibi geleneksel yöntemlerle bitki besin maddesi eksikliğinin veya fazlalığının belirlenmesi, özellikle sistem veya havza bazında zordur.

Yeni teknolojiler kapsamındaki UA ve CBS ile ilgili yeni yaklaşımlardan infrared termometreler, uyduların termal bantları ve spektrometre ile ölçümlerde de benzeri zorluklar vardır. Ancak, uydu verilerinin anlık ölçüm değerlerinin günlük, haftalık ve/veya gerekli diğer zaman dilimlerine dönüştürülmesi ve yüzey enerji dengelemesi çalışmalarında başarı elde edilmesi halinde; hâlihazır diğer bütün yöntemlere kıyasla daha hızlı, doğru ve ucuz bir yöntem olacağı anlaşılmaktadır.

Tucker'ın (1980) de yaptığı bir çalışmada, bitki örtüsü su içeriğini belirlemede, 700-2500 nm dalga boyu aralığı içerisinde, 1550 – 1750 nm dalga boyu aralığı en uygun aralık olarak belirtilmektedir. Carter (1991) yaprak su içeriğindeki azalmanın, 400 – 2500 nm dalga boyları aralığında genellikle yansımada artışa neden olduğunu bildirmektedir. Carter (1993) yaptığı çalışma sonucunda pigmentlerin azalan

soğurmasının bir sonucu olarak, su stresine girmiş yapraklarda, görünür dalga boylarındaki yansımanın arttığını ve 535-640 nm ve 685-700 nm dalga boyu aralıklarının su stresine en duyarlı spektral bölgeler olduğunu, NIR yansıma oranlarının ise su stresine duyarsız olduğunu tespit etmiştir (Köksal 2007). Dolayısıyla, bitki yapraklarının su içeriğindeki artma, bu bölgede yansımada azalma ile kendini göstermektedir. Tam tersi durumda ise (yani bitki su stresinde ise) yapraklardan bu dalga boyu bölgelerindeki yansıma miktarı artmaktadır.

Yine abiyotik stres faktörlerinden, literatürlerde de tarım alanlarında görülen zararlı popülasyonu belirleme çalışmaları ve hastalıklara karşı sıkça kullanılan pestisit uygulamalarının özellikle bu kimyasallardan, fungusitlerin fotosentetik pigment miktarlarını azaltarak fotosentezi olumsuz yönde etkilediği dolayısıyla da yaprağın yansıttığı ışık bilgisinden yola çıkarak UA teknik ve teknolojilerinin bu alanda da kullanılabileceği bildirilmektedir.

Bu sistemlerin gerek tarımsal, gerek entomolojik, çok farklı amaçlarla kullanıldıkları bilinmektedir. Örneğin Riedel vd (2000) çalışmalarında, buğdayda zararlı bir yaprakbiti türünün oluşturduğu zararın uzaktan algılama yöntemleriyle belirlenmesini sağlayacak parametreleri ortaya çıkarmışlardır. Buğdayda önemli zarar yapan bir yaprakbiti olan *Diuraphis noxia* (Mordw.) (Aphididae)'nın oluşturduğu zararın uzaktan algılama yöntemleriyle belirlenebilmesi için, böcek popülasyonunun yoğunluk kazandığı periyotlarda, zarar görmüş bitkiden yansıyan radyasyon seviyesinin bilinmesi gereklidir. Sera koşullarında gerçekleştirilen çalışmada *D. noxia* ile bulaşık ve kontrol amaçlı temiz bitkiler 3 hafta boyunca bekletilmiştir. Ardından zarar gören yapraklardan yansıyan radyasyon, alan, kuru ağırlık ve klorofil konsantrasyonu ölçülmüştür. Sonuç olarak, 625-635 nm ve 680-695 nm dalga boylarının, yaprakbiti zararından kaynaklanan klorofil eksikliği ve yıpranmış yaprakların tespitinde kullanılabileceği belirlenmiştir (Altınok ve Karaca 2001).

Yürekli ve Güven'nin (1989), yaptıkları çalışmada, fungusit kullanımı sonucu, Penoksalin'in *Zea mays* ve *Gossypium hirtisum*'da klorofil-*a* ve klorofil-*b* miktarlarını, kontrole göre % 75 oranında azalttığını bildirmişlerdir.

Öztürk ve Tort'un (2004), yılında sera koşullarında saksıda yetiştirilen domates bitkisine uygulanan Switch 62.5 WG (% 37.5 Cyprodinil + % 25 Fludioxonil) fungusitin bazı fotosentetik pigmentlerinin, protein ve bitkisel hormonlardan indol-3-asetik asit ile absisik asit [(IAA) ve (ABA)] miktarları üzerine etkisi incelenmiştir. Switch 62.5 WG fungusit uygulamaları; etikette önerilen (60 g/ 100 l çeşme suyu), önerilenin iki katı (120 g/ 100 l çeşme suyu) ve önerilenin üç katı (180 g/ 100 l çeşme suyu) dozlarında yapılmıştır. Switch 62.5 WG'nin 180 g/ 100 l dozu dışındaki diğer uygulama gruplarında, fotosentetik pigment maddelerinin değerleri kontrole göre artmıştır. Protein, IAA ve ABA miktarları tüm fungusit konsantrasyonlarında kontrole göre artış göstermiştir. Switch 62.5 WG'nin tüm uygulama gruplarında ABA miktarının kontrole göre doz artışına paralel olarak artması nedeniyle uygulanan fungusitin domates bitkisinde fizyolojik strese neden olduğu görülmüştür. Stres altındaki bitkilerde fotosentez oranındaki azalmalar, kloroplastların yapısal ve fonksiyonel olarak zarar görmeleri ve klorofil birikimindeki azalmadan kaynaklanmaktadır. Özellikle abiotik stres faktörlerinden sıcaklık stresinde, kloroplastı kuşatan iç ve dış membranlar ile tilakoid membranlar yüksek sıcaklıktan olumsuz etkilenmektedir.

Dolayısıyla bitki reflektansı pek çok iç ve dış faktörün bir bileşenidir. Sonuç olarak, doğal koşullar altında strese adaptasyon bazı ekolojik avantajlara sahip olmasına rağmen, üründe kayıplar nedeniyle tarımsal açıdan bazı sınırlamalar getirmektedir. Bu nedenle, tarımsal bitkilerde abiyotik stres toleransının geliştirilmesi geleneksel ve moleküler ıslah çalışmalarının birleştirilmesi ile gerçekleştirilebilir. Biyotik ve abiyotik stres koşullarının belirlenmesi için yaprağın optikal özellikleri araştırılmaya başlanmıştır. Karbondioksit veya kirletici gaz artışı, yüksek sıcaklık, ağır metal toksitesi, mor ötesi radyasyona maruz kalma, su eksikliği, herbisit zararı, tuzluluk ve ekstrem beslenme durumlarının yarattığı stres faktörleri bu çalışmaların konusunu oluşturur.

2.5.3. Uzaktan algılama tanımı ve ilkeleri

Yeryüzündeki ve özellikle doğal ortamlarındaki ilişkilerin dinamikliği, bu ilişkileri gözleyebilme ve değişimleri kısa sürelerde izleyebilme zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Böylesi çalışmaları yapmak için de yeryüzüne ilişkin sürekli yeni bilgi ve verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Günümüzde, yeryüzü kaynaklarına yönelik sürekli bilgi akışını sağlamak ve söz konusu bilgilere kısa sürelerde ve doğru bir şekilde ulaşabilmek amacıyla pek çok yeni teknoloji geliştirilmiştir. Bu teknolojilerden birisi de Uzaktan Algılama (UA) Bilimi ve Teknolojisidir.

Uzaktan algılama, farklı amaçlı yerel ve zamansal değişimler üzerinde değerlendirmeler yapmak üzere; fiziksel temas olmaksızın nesnelerin durumunu görüntüleme ve değerlendirme olarak tanımlanabilmektedir (Lillesand 1990). Bu ölçümler, objelerin elektromanyetik alandaki spektrumuna, konumsallıklarına ve yıl içinde özelliklerinde meydana gelen değişimlere dayanmaktadır. Cowell (1991) isimli bir araştırmacı da benzer şekilde UA'yı, cisimlerden uzak bir mesafeden, çeşitli aletlerle veya uydular vasıtasıyla, cisimler hakkında çeşitli verilerin elde edilmesi ve onların özelliklerinin ölçülmesi olayı olarak tanımlanmış ve hava fotoğrafları, uydu verileri ve radar sistemlerinin uzaktan algılamayla ilgili verilerin bütünü oluşturduğunu bildirmiştir.

Önder (1993), uzaktan algılamayı; “elektromanyetik spektrumun mor ötesi ışınları ile mikrodalga ışınları arasındaki bölümünden yararlanarak bir cisim, bir arazi yapısı veya doğal bir olayın fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında, arada herhangi bir fiziksel ilişki olmaksızın, çeşitli algılayıcı sistemler tarafından toplanan veriler yardımı ile bilgi edinme sanatı, yöntemi ya da bilimidir” şeklinde tanımlamıştır.

Maktav ve Sunar (1992), uzaktan algılamanın yeni bir sistem olmadığını ve uzun yıllardan beri insanlığın üzerinde çalıştığı bir bilim dalı olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılara göre hava fotoğrafçılığı, eskiden beri bu amaçla yoğun bir biçimde ele alınmış ve kullanılmıştır. Daha sonra uzaya gönderilen uydular ve geliştirilen fotoğrafik algılayıcılarla UA sistemi, ileri bir teknoloji olarak bugünkü halini almıştır. Yeryüzünü gözleyen algılayıcı sistemleri taşıyan uyduların son yıllardaki gelişimiyle, yeryüzü

hakkında çok miktarda fotoğraflık ve diğerk formlarda verilerin elde edilmesi olanağı sağlanmıştır.

Dünyada uydu görüntülerinin kullanımı 1950’li yıllara dayanmaktadır daha önce sadece meteorolojik ve askeri amaçlı olan kullanım. 1960’larda ilk olarak casus uydularla istihbarat toplamak amacıyla başlatılmış olan uzaktan algılama teknolojisi, 1970’li yıllardan itibaren Amerikanın geliştirmiş olduğı Landsat serisi uydular vasıtasıyla sivil amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır (Curran 1989). 1970’li ve 80’li yıllardan sonra tarımsal amaçlı kullanıma dönmüş ve 1990’lı yıllarda ise ürün bazlı çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Son yıllarda gelişen ve klasik laboratuvar ölçümleme tekniklerinden farklı olan uzaktan algılama teknik ve teknolojileri, tarımsal üretimde özellikle bitki besin maddelerinin, zararlı arazi ve su kullanımının yönetilmesinde güvenilir ve kabul edilebilir avantajlar sunmaktadır (Yang vd 2004). Önceki bölümlerde de kısaca açıklandığı üzere söz konusu bu teknik, bitkilerin farklı yetiştirme ve beslenme ortamlarındaki enerji kullanımlarının ve/veya yansıma karakteristiklerinin arazi koşullarında çeşitli araç ve gereçler kullanılarak gerçek zamanlı olarak tespit edilmesi ve bitkilerin yetiştirme dönemi boyunca izlenebilmesi esasına dayanmaktadır.

Uzaktan algılanan veriler, günümüzün sayısal görüntü işleme yazılımları ile analiz edilerek ve bilgi türetilerek, arazi kullanım plancılara, ziraat mühendislerine, jeoloji mühendislerine, yer bilimcilerine alışlagelmiş usullerle toplanması mümkün olmayan zengin bir veri kaynağı oluşturmaktadır. Bu veriler, coğrafi bilgi sistemlerinin de önemli bir girdisini sağlamaktadır (Mather 1987, Jensen 1996). Uzaktan algılama teknolojisi, yeryüzündeki nesnelerin elektromanyetik spektrumun çeşitli aralıklarındaki dalga boylarında birbirlerinden ayırt edilmelerini sağlayan “nesneye özgün karakteristik imzalar” (spectral signature) yaymasına ve yayılan enerjinin bir uyduya veya bir uzaktan algılama aracına ulaşması prensibine dayanmaktadır (Bernstein 1977, Chalappa 1995). Görünür ve kızılötesi ışık, yeryüzündeki nesnelerle temas eder etmez, bu ışıklar nesneler tarafından emilir, yayılır, yansıtılır veya saçılır. Uzaktan algılama teknolojisinin başarısı ise ışıınımdaki (yansımadaki) değişim etkilerinin yorumlanmasına ve önceden bilinmesine dayanmaktadır (Pratt 1978, Muller 1988).

Uzaktan algılama en kısa biçimde, tele kayıt veya yeryüzü gözlemi olarak da tanımlanabilmektedir. Genel anlamda ise çoğunlukla görüntü oluşturularak, durağan veya hareketli platformlardan uzak mesafelerden yer yüzeyinin gözlenmesinde kullanılan yöntemler, teknikler ve araçların bütününe uzaktan algılama denilmektedir (Çullu vd 2003). Yapılan bu tanımlamalar ve açıklamalardan sonra, çeşitli klasik ölçümleme ve analiz etme teknik ve teknolojilerine kıyasla uzaktan algılamanın avantajlarını ise aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Uzaktan algılama araçları, elektromanyetik spektrumun gözle görülemeyen bölümünün de görülebilir ve kullanılabilir olmasına olanak sağlamaktadır.
- Uzaktan algılama, ölçülebilir fiziksel veriler elde edilmesini sağlar. Yer yüzeyi ile ilgili niceliksel veriler üretilebildiği gibi niteliksel veriler de üretilebilmektedir.
- Uzaktan algılama, konum sınırlarını da içeren tematik bilgiler üretilmesini sağlamakta ve “ne, nerede, ne zaman ve nasıl” gibi konumsal verileri ile birlikte varolan haritaların güncellenmesinde, geliştirilmesinde ve bütünlenmesinde kolaylık sağlamaktadır.
- Uzaktan algılama esnektir ve yer yüzeyine ait bilgilerin en doğru yolla araştırılması ve işlenmesi amacıyla çok sayıda ve farklı sayısal görüntü işleme algoritmaları ve uzaktan algılama teknikleri geliştirilmiştir.
- Uzaktan algılama verileri, istenildiği an yeniden üretilebilir, basılmış ya da sayısal olarak kaydedilmiş görüntüler, herhangi bir bilgisayarda görüntülenebilir, optik ve mekanik araçlarla veya sayısal görüntü işleme sistemleri ile işlenebilir, bu bilgilerin ışığında analiz edilerek yorumlanabilir ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile de birleştirilebilmektedir.
- Uzaktan algılama, insan gözüyle kıyaslandığında uzaktan algılama araçları çok çeşitli seçim olanakları sunar ve böylece objelerin, farklı uzaklıklardan ve farklı açılardan daha detaylı ve/veya zıt olarak görülmesi ve incelenmesi sağlanmaktadır.
- Uzaktan algılama teknikleri, birbirinden farklı özet veri kaydeden unsurları ile bir bölgenin tümünü gözlenebilir, bölgenin bileşenlerinin benzerlikleri ve sınırları belirlenebilir ve tanımlanabilir hale getirilebilmektedir.

- Uzaktan algılama, yer yüzeyinin daha seçici olarak incelenmesine olanak tanıyan geleneksel nokta veri örnekleme yöntemlerinin uygulanmasında kullanılmak üzere alana ait bilgi üretilmesini de sağlamaktadır.
- Uzaktan algılama, çok kısa bir sürede geniş bir alanın görüntüsünün kaydına olanak sağlamaktadır. Bu görüntünün gerçeği yansıtması ve kesin olan doğruluğu da uzaktan algılamanın diğer bir avantajıdır.
- Uzaktan algılama, dinamik bir yapıya sahiptir. Yer yüzeyine ait işlemlerin ve görünümünün anlık gözlenmesinde olduğu kadar, meydana gelen değişimlere ait verilerin üretilmesine de olanak tanımaktadır.
- Uzaktan algılama, ulaşılması zor olan bölgelerin incelenmesine de olanak tanımaktadır.
- Uzaktan algılama verilerinin yorumlanması zaman içerisinde, bilgilerimizin artması ve gelişmesi sebebiyle pozitif yönde değişimlere uğrar. Bu özellik, uzaktan algılama teknolojisinin tekrar edilebilir bir bilgi kaynağı olduğunun göstergesidir. Ayrıca gözlenen objelere ait görüntüler saklanarak daha sonra elde edilecek yeni görüntüler ile kıyaslanabilme imkanı da sağlamaktadır.
- Uzaktan algılama, koşullar ve işlemler arasında ayırım yapılmasına ve bunlar arasındaki ilişkilerin anlaşılmasına olanak tanımaktadır.

Bu teknoloji, tarımsal üretimin en önemli bileşenlerinden olan toprağın ve bitkilerin sıcaklığı ve nem içeriklerinin, üretimin diğer bileşeni olan suyun ise yine sıcaklığının ve bileşiminin belirlenmesi yanı sıra, bitkilerin sağlık durumu, stres koşulları, yaprakların dağılımı, klorofil içerikleri ve aktiviteleri gibi diğer birçok fizyolojik ve patolojik koşullarının incelenmesinde de kullanılmaktadır. Bunun yanında arazi kullanımının sınıflandırılması veya araştırılması, arazi örtüsünün (tarımsal bitkiler, ormanlar ve diğer doğal bitki örtüsü, insan yerleşimleri, diğer arazi kullanımları, toprak çeşitleri vb) belirlenmesi ve belirli zaman dilimlerindeki değişimlerin izlenmesi gibi tematik koşulların incelenmesini ve bu konularda bilgi üretilmesini de sağlamaktadır. Bitkilerin büyüme durumları, verim tahmini, çevrenin korunması ve güvenliği, kuraklık ve susuzluk çeken, ve/veya don olaylarından etkilenen alanların belirlenmesi, toprak ve su kirliliği, tuzlulaşma ve alkalileşme gibi arazi yüzeyindeki işlemlerin ve olguların gözlenmesine de olanak tanımaktadır.

2.5.4. Uzaktan algılamada temel kavramlar

2.5.4.1. Elektromanyetik radyasyon

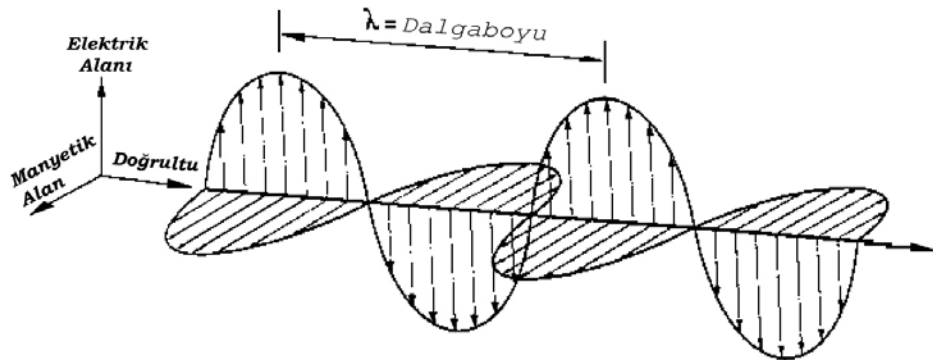
Elektromanyetik radyasyonun iki karakteristik özelliği uzaktan algılamada önemlidir. Bunlar; dalga boyu ve frekansıdır (Duran 2007).

- **Dalga boyu:** Ardı ardına gelen dalga tepeleri arasındaki uzaklık şeklinde ölçülebilen bir dalga devrinin uzunluğudur. Dalga boyu genellikle Yunan harfi lamda (λ) ile gösterilir (Bkz. Şekil 2.23.). Dalga boyu metre (m) ölçü birimi ile veya nanometre (nm, 10^{-9} m), mikrometre (mm, 10^{-6} m) veya santimetre (cm, 10^{-2} m) gibi metre'nin alt birimleriyle ölçülür.
- **Frekans:** birim zamanda sabit bir noktadan geçen dalga sayısını ifade eder. Frekans, normalde hertz (Hz) olarak ölçülür. Saniyede bir döngüye ve hertz'in çeşitli katlarına denktir. Dalga boyu ile frekans, aşağıdaki formülle ilişkilendirilmiştir.

$$C = \lambda \nu$$

C = Işık hızı, λ = Dalga boyu, ν = Frekans

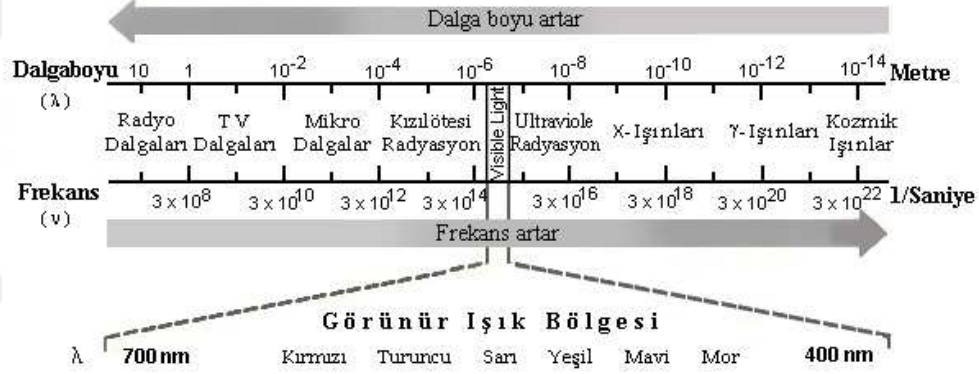
Burada (frekans ve dalga boyu) birbiriyle ters orantılıdır. Daha uzun dalga boyu daha düşük frekans demektir. Dalga boyu ve frekans ile ilgili olarak elektromanyetik radyasyonun karakteristiklerinin anlaşılması, uzaktan algılama ile elde edilen verinin anlaşılmasında ve değerlendirilmesinde çok önemlidir (Jusoff ve Manaf 1995).



Şekil 2.22. Elektromanyetik radyasyon (Duran 2007)

2.5.4.2. Elektromanyetik spektrum

Elektromanyetik spektrum, gamma ve x ışınlarını içine alan kısa dalga boylarından başlayarak, mikro dalgalara ve yayınlanan radyo dalgalarını içine alan uzun dalga boylarına kadar uzanır. Dalga boyları dizisinin tamamı, elektromanyetik spektrum (EMS) olarak bilinir (Şekil 2.23.). Elektromanyetik spektrumun bazı bölgeleri, uzaktan algılama amaçlı kullanılabilir. Mutlak sıfır derecesinden daha yüksek ısıdaki bütün nesneler, bu bölgelerde elektromanyetik radyasyon yayar, üzerine düşen enerjiyi emer veya yansıtır. Foton denilen parçacıklar şeklinde ortaya çıkan, ölçülen bu enerji, aynı zamanda çeşitli dalgalar şeklinde yayılır. EMS'deki belirli dalga boyları ile tanımlanan alt bölgelere ayrılır (Duran 2007).



Şekil 2. 23. Elektromanyetik spektrum (Duran 2007)

Elektromanyetik spektrumda, Radyo dalgaları: $10^4 - 10^2$ cm, Mikro dalgalar 1 cm, Kızılötesi dalgalar: 10^{-2} cm, Görünür Işık dalgaları: 10^{-5} cm, Ultraviyole: 10^{-6} cm ve X-ışını: 10^{-8} cm aralığındadır (Şekil 2.24.). Güneş radyasyonu, dünya atmosferi içinden geçerken bir kısmı yansıtılır, bir kısmı emilir, bir kısmı ise geçirilir. Atmosfer, görünür ve kısmen de kızılötesine geçirgen olduğundan, uzaktan algılama uyduları bu dalga boyu bölgelerinde çalışırlar. Bir uyduya ulaşan enerji ölçümleri, uydudaki algılayıcılar tarafından sayısal olarak kaydedilir.

- **Radyans (Radians):** Radyans, yeryüzündeki herhangi bir obje tarafından ısınan enerjinin ölçüsü olarak ifade edilebilir. Birim alandan birim zamanda ve sabit açı içine yansıyan enerji olduğundan birimi; watt/steradyan/metrekare'dir. Uzaktan

algılama uyduları için nesneden yansıyan ışığın ne oranda görüldüğü olarak da tanımlaması yapılabilir.

- **Yansıma** (Reflection): Yansıma, bir hedefi terk eden ışık miktarının hedefe gelen ışık miktarına oranı olarak anlaşılır. Birimi yoktur. Yansıma; her objenin kendine özgü bir özelliği olarak ortaya çıkar ve gelen ışının dalga boyu dağılımı ile değişir.
- **Yayınım** (Emissivity): Bir cismin kendi sıcaklığı nedeniyle yaptığı ışımanın ölçüsüdür. Yayınım ile ilgili hususlar, temel fizik yasalarından olan Kirchhoff, Stefan-Boltzmann ve Wien Yer Değiştirme kanunları kapsamında açıklanmaktadır.
- **Çözünürlük** (Resolution): Uzaktan Algılama görüntülerinde çözünürlük kavramı; mekânsal çözünürlük, spektral çözünürlük, radyometrik çözünürlük ve zamansal çözünürlük olarak birbirinden farklı şekillerde ifade edilir. Mekânsal çözünürlük; bir görüntüdeki görülebilen mekânsal ayrıntının derecesini ifade eder. Algılayıcı sistemlerin anlık olarak görüntülenen alanın büyüklüğünü anlatır. Görüntü hücresinin (piksel) zemindeki boyutları olarak da açıklanabilir. Spektral çözünürlük; bir algılayıcının elektromanyetik spektrumdaki belli bazı dalga boyu aralıklarında algılanmış görüntülerini belirtir. Bu sayede bir sensör sisteminin birçok dalga boyu genişliğine sahip elektromanyetik radyasyonu algılaması ile farklı nesnelerin ayrı dalga boyu aralıklarına tepkilerini karşılaştırarak ayırt edilir. Radyometrik çözünürlük; bir algılayıcı ile alınan veya filme kaydedilen görüntünün, elektromanyetik enerjinin miktarına olan hassasiyetini belirler. Elektromanyetik enerjideki çok küçük değişimleri belirleyebilme kabiliyetidir. Algılayıcının radyometrik çözünürlük hassasiyeti arttıkça elektromanyetik radyasyonun davranışını anlamak daha kolay olur. Zamansal çözünürlük; bir uzaktan algılama sisteminin tamamen aynı bakış açısıyla aynı alanı hangi sıklıkla görüntülediği anlaşılır. Aynı alanı ikinci kez görüntülemek için geçen sürede alandaki değişikliği görmek açısından önemlidir.

2.5.4.3. Görülebilir ışın bölgesi (0,4–0,7 µm)

Görünür bölgede (0,4–0,7 µm) yaprakların pigmentasyonu dominant faktördür. Burada yansıma klorofil, karoten, ksantofil ve antosiyanis gibi yaprak pigmentleri tarafından kontrol edilir. Görünür spektrumun mavi ve kırmızı bölgelerinde yansıtım çok düşüktür. Çünkü yapraktaki klorofil, yaklaşık olarak 0,45 ile 0,65 µm arasında merkezlenmiş bu dalga boyu bantlarından gelen enerjinin çoğunu yutmaktadır. İki klorofil-yutma bandı arasındaki dalga boylarında bağıl bir yutma kaybı, yaklaşık 0.54 µm de bir yansıtım tepe noktası oluşmasına neden olur ki, bu yeşil dalga bölgesidir. İşte bu dalga boylarındaki düşük yutulma; normal, sağlıklı yaprakların gözümüze görünmesine neden olmaktadır. Eğer bir bitki stres altında ise ve klorofil üretimi azaldıysa, klorofil-yutma bantlarında daha az yutulma olmakta ve özellikle spektrumun kırmızı bölgesinde daha fazla bir yansıtıma sahip olacaklarından, sarımsı veya "klorotik" renkte gözükecektir (Maktav ve Sunar 1992).

Bu bölgede bitki yapraklarındaki pigmentlerin ışığı fazla soğurmaları nedeniyle düşük yansıma olmaktadır, bu nedenle 0,4–0,7 µm bölgesi pigment soğurma dilimi olarak tanımlanır. Soğurma özellikle mavi ve kırmızı ışığın bitki yapraklarında süre giden fotosentez işleminde kullanılmasından ileri gelmektedir. Yeşil dalga enerjisinin önemli bir miktarı ise geri yansıtılmaktadır. Bunun sonucu olarak, yaşayan bitkiler yeşil görünmektedir. Klorofil dışında ilgilenilen diğer pigmentlerden Karotenler ve ksantofiller (sarı pigmentler) genellikle yeşil yapraklarda bulunur ancak spektrumun mavi bölgesinde bir yutma bandına sahiptir. Bir bitki yaşlandıkça klorofil genellikle kaybolur. Bu da karotenlerin ve ksantofillerin dominant olmasına neden olur ki ağaç yapraklarının sonbaharda sarı renk almasının temel nedeni budur. Aynı şekilde sonbaharda klorofil üretimi azaldığında bazı ağaçlar fazlaca antosyanin üretir ve bunun sonucunda da yaprakları açık kırmızı görünüm alır (Maktav ve Sunar 1992).

2.5.4.4. Yakın kızılötesi bölgesi (0,7–1,3 μm)

Spektrumun bu bölgesinde soğurulma çok az, yansımaya çok yüksek olduğundan bitki türüne bağlı olarak arasında yansımaya oranı (% 30–70) değişmektedir. Geri kalan enerjinin yüksek bir miktarı ise yaprak içine iletilmektedir. Soğurulma ise spektrumun bu bölgesinde minimum olmaktadır. 0,3–1,3 μm dalga boyları arasında bitkiden yansımaya, daha çok bitki yapraklarının içyapısından etkilenmektedir. Bitki türlerinin iç yapı yönünden önemli farklılıklar göstermesi nedeniyle, bu bölgedeki yansımaya ölçümleri, görülebilir dalga boylarında aynı görülen bitki türlerini dahi ayırt etmeye olanak sağlar. Sağlıklı yeşil bitki örtüsü, yakın kızılötesi bölgesinde (0,7–1,3 μm), görünür dalga boyları ile karşılaştırıldığında, çok yüksek yansıtım (yaklaşık: % 45'den % 50'ye kadar), çok yüksek geçirgenlik (yaklaşık: % 45'den % 50'ye kadar) ve çok düşük yutulma (% 5'den az) ile karakterize edilmektedir. Bitki yapraklarının iç (hücre) yapısı çok karmaşıktır. Yakın kızılötesi bölgesindeki yansıtımı kontrol altında tutan en önemli etken bu içyapıdır.

Yaprak yapısı bitki türleri için çok farklılık gösterdiğinden, buna bağlı yansıtımadaki farklılıklardan yararlanılarak türleri ayırt etmek mümkün olmaktadır. Ayrıca hücre yapısındaki herhangi bir bozulma veya değişiklik yansıtma özelliğini de değiştirdiğinden bitki hastalıklarını da saptamak kolaylaşmaktadır. 1,3 μm 'den 0,7 μm 'ye doğru spektrumun yakın kızılötesi bölümünden görünür bölgeye gitmekte olduğumuz için sağlıklı vejetasyonda meydana gelen yansımaya artmaktadır. 0,7–1,3 μm 'deki bitkilerin yansımaya oranları birinci olarak bitki yapraklarının içyapılarından olmaktadır. Bu yapı bitki türlerinde oldukça değişken olduğu için, yansımının bu bölgede ölçülmesi bitki türleri arasındaki tanımlamaları kolaylaştırmaktadır. Burada görünür bölgedeki dalga boyları çok benzer olsa bile, bu işlemler çok kolay gerçekleştirilmektedir. Benzer şekilde, bitkilerin çoğu bu bölgede yansımalarını çok değişik şekillerde yapmaktadır ve alıcıların bölge düzenlemeleri sık sık vejetasyon etkilerini belirlemede kullanılmaktadır (Lillesand 1990).

Çok sayıda yaprak tabakası, tek bir yaprak yansıtımı ile karşılaştırıldığında, spektrumun yakın kızılötesi bölgesinde (%85'e kadar) daha yüksek yansıtıma neden olmaktadır. Bunun nedeni toplamsal (aditif) yansıtımdır. İlk (en üst) yaprak tabakasından geçirilen ve ikinci bir tabakadan yansıyan enerji, ilk tabakadan kısmen

tekrar geçirilir. Örneğin, kendisine gelen yakın kızılötesi enerjinin %50'sini yansıtan ve yaklaşık %50'sini geçiren bir yaprak göz önüne alınırsa; geçirilen enerji, ikinci yaprak tabakasına gelir ve burada bunun yarısı (ilk enerjinin %25'i) tekrar geçirilir ve yarısı da yansıtılır. Daha sonra bu yansıyan enerji, bu enerjinin yarısını (yani orijGüneş vadinin %12,5'i) geçiren ve yarısını yansıtan en üst yaprak tabakasından tekrar geçer. Bu iki tabakalı örnekte, en üst yaprak tabakasından gelen toplam enerji, içeri giren enerjinin %65'i olmaktadır (Maktav ve Sunar 1992).

2.5.4.5. Kızılötesi bölgesi (1,3 µm'dan daha fazlası)

Orta kızılötesi bölgesinde (1,3–2,7 µm) bitkilerin su muhtevası spektral yansımaya etki eder. 1,4 µm, 1,9 µm, 2,7 µm yakınında oluşan güçlü su yutma bantları, yeşil bitki örtüsünün spektral duyarlılığında dominanttır. Yansıma eğrisi bu kısımlarda çukurluklar gösterir. Orta kızılötesi dalga boylarında yansıtım tepe noktaları ve su yutma bantları arasında, yaklaşık 1,6 µm ile 2,2 µm de oluşur. Gelen güneş enerjisinin bitki örtüsü tarafından yutulma derecesi yaprakta mevcut su miktarının bir fonksiyonudur. Yansıtma ile yapraktaki su muhtevası ters orantılı olup, su muhtevası da yaprak kalınlığı ile orantılıdır. Yaprakların nem oranı azaldıkça, orta kızıl ötesi bölgesindeki yansıtım artar. Yapraklar nem kaybettikçe hücre yapılarında oluşan değişim yakın kızılötesi yansıtımı da etkiler (Maktav ve Sunar 1992).

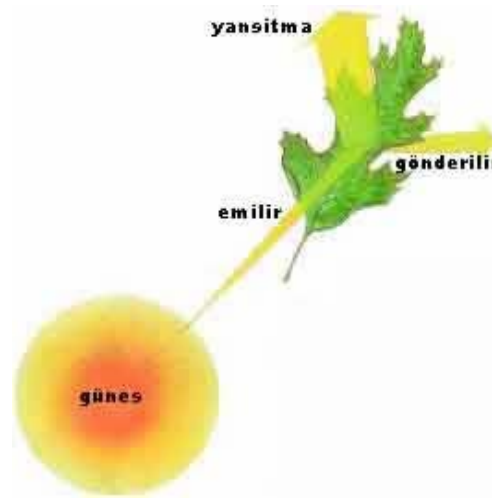
Bu bölgede bitki örtüsü üzerine gelen enerji esas olarak ya yansıtılmakta ya da soğurulmaktadır. Bitki dokuları içinde iletimi ya çok az olmakta ya da hiç olmamaktadır. Yansımada azalmanın 1,4–1,9 ve 2,7 µm dalga boylarında bitki yapraklarında bulunan suyun, gelen enerjiyi ileri derecede soğurması söz konusudur. Soğurmanın meydana geldiği bu bantlar arasında yer alan 1,6–2,2 µm dalga boylarında yansıma en üst düzeye çıkmaktadır. Spektrumun bu bölgesinde yansıma, yaprakların toplam su yüzdesi ile yakından ilişkilidir. Bu toplam su yüzdesi yaprağın hem kalınlığı hem de nem içeriğinin bir fonksiyonudur (Anonim 2003).

2.5.5. Bitki ve ışık ilişkisi

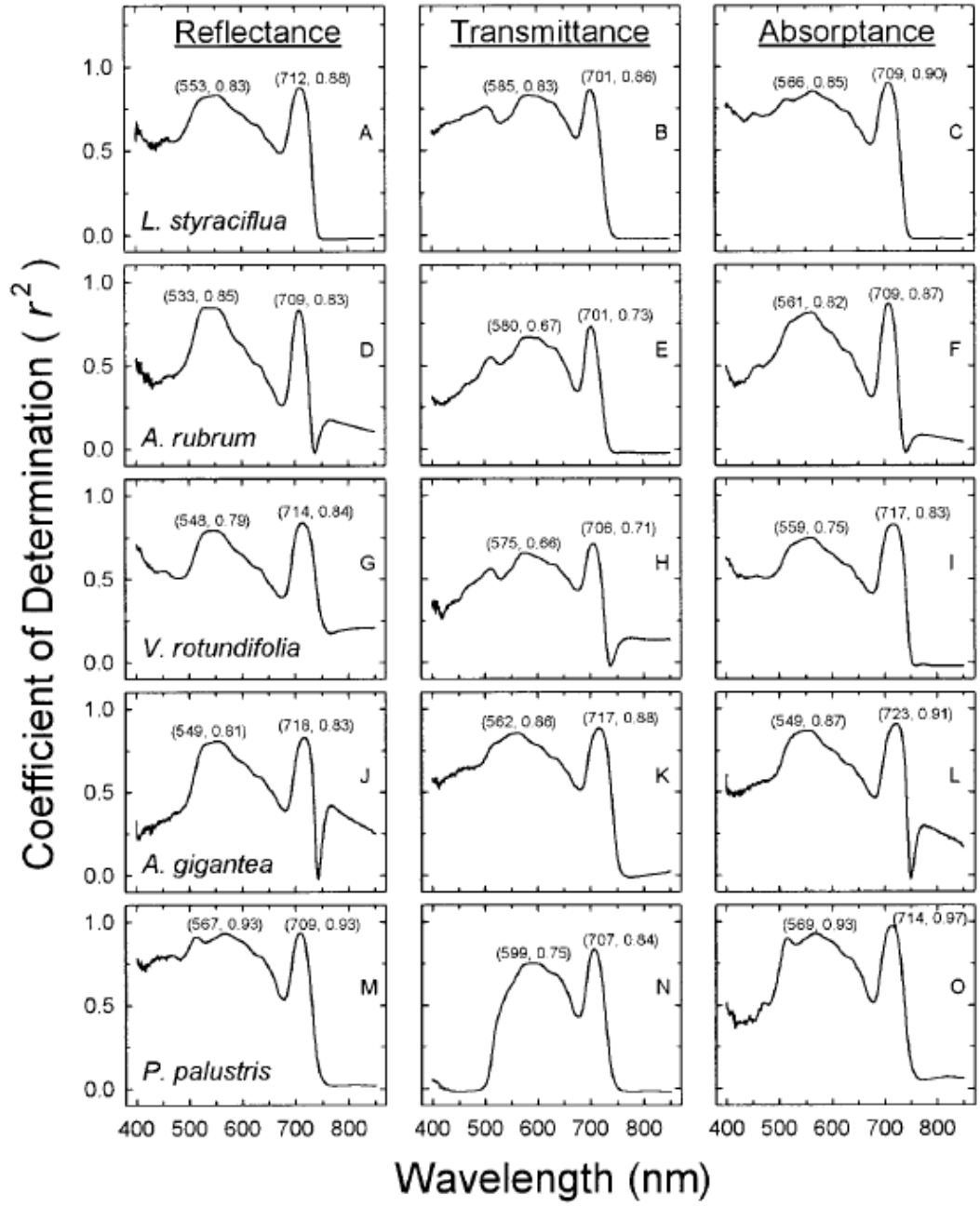
Atmosferde yutulmayan, saçılmaya uğramayan radyasyon, yer yüzeyine ulaşır ve etkileşime uğrar. Enerji yer yüzeyine çarptığında yutulma, geçirilme ve yansıma şeklinde üç etkileşim meydana gelir. Toplam gelen enerji, bu üç halin bir veya bir kaç yoluyla yüzeyle etkileşir. Bunlardan her birinin oranı, enerjinin dalga boyuna, materyal ve niteliklerin durumuna bağlı olarak değişir.

Uzaktan algılama çalışmaları ve bitki için en önemli enerji kaynağı güneştir. Ototrof bitkiler fotosentez sonucu güneşin fiziksel enerjisini organik madde içerisinde kimyasal enerjiye dönüştürürler. Işık intensitesinin noksanlığı ya da fazlalığı bitkide metabolik işlevler üzerine önemli etki yapar. Fotosentez oranını etkilemesi yanında bitki sıcaklığını ve fotomorfojenik tepkimeleri de etkileyen güneş ışığı bitkide aynı zamanda bir stres faktörüdür.

Işık, bir enerji olup, enerjinin bir yerden diğer bir yere aktarımı için değişik yollar bulunmaktadır. Patlamalar ve çarpışmalar sonucunda enerji aktarımı olduğu gibi, dalga hareketleri tarafından da enerji aktarımı oluşturmaktadır (Sesören 1999). Güneşten gelen elektromanyetik dalgalar, yayılarak yeryüzüne dolayısıyla bitkilere ulaşır ve evrendeki tüm canlılar güneşten kaynaklanan radyant enerjiden yararlanırlar. Ve mutlak sıfırın ($^{\circ}\text{K} = - 273 \text{ }^{\circ}\text{C}$) üzerindeki her cisim az ya da çok elektromanyetik dalga yayar (Anonim d).



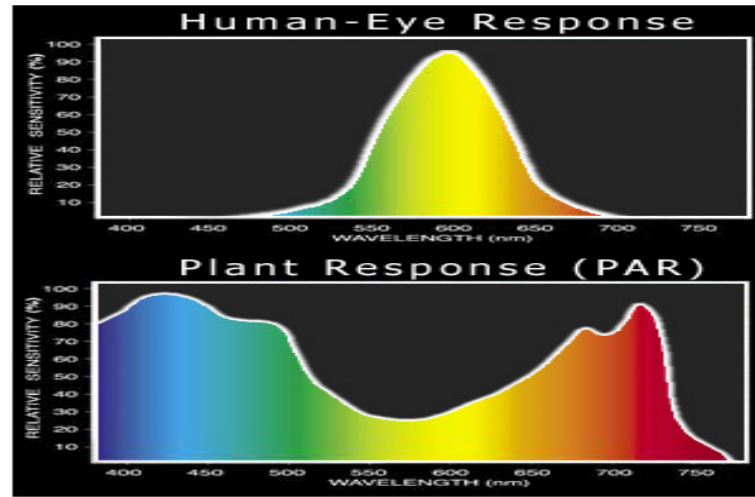
Şekil 2.24. Güneş enerjisi ile bitki yaprağı arasındaki etkileşim.



Şekil 2.25. Güneş enerjisi ile farklı bitkilerin yaprakları arasındaki etkileşim sonucu spektrumda oluşan reflektans, absorptans ve transmittans arası fark (Carter 2001)

Uzaktan algılama çalışmalarının büyük bir kısmı elektromanyetik spektrumun yansıyan dalga boyu bölgesinde algılanan radyasyonun incelenmesine dayanır. Bu dalga boyundaki algılanan enerji, yansıyan güneş enerjisi ya da güneş enerjisinin ‘ışık’ durumudur (Sesören 1999).

Işığı ölçmede normal olarak kullanılan birimler, fotometrik birimlerdir. Bu birimler sistemi, ışınının esas algılayıcısının, insan gözü olduğu var sayımına dayanmaktadır ve böylece insan gözünün duyarlılığı, bu birimlerin formülasyonu için bir temel oluşturmaktadır (Maktav ve Sunar 1992). İnsan gözü 400 (mavi) ile 700 (kırmızı) nm arasından gelen görünür ışığı tespit edebilir ve 580, 540 ve 450 nm civarında merkezlenmiş üç geniş spektral bantta hassas olan üç (Rho, Gamma, Beta) algılayıcısı bulunmaktadır. Renk algımız bu üç algılayıcının orantısız uyarılma kombinasyonları sayesinde belirlenmektedir. Görüntüleme spektrometreleri, genellikle dar spektral bantlarda hassas olan 100 den fazla algılayıcı içermektedir ve yalnız görünür ışığı (400-700 nm) değil, yakın kızılötesi (700-1000 nm) ışınımını da tespit edebilir (Konya 2007). Sonuç olarak, bitkiler çeşitli dalga boyundaki ışığa karşı, insanlardan farklı bir duyarlılığa sahiptir. İnsan gözü tarafından görülebilen ışığın, yani 400 ile 700 nm arasında dalga boyuna sahip olan ışıklar bitkilerin gelişimine yardımcı olur. Bu kısma, PAR alanı denir (PAR = Fotosentetik Aktif Radyasyon), birim alana 400-700 nm arasındaki ışığın saniyedeki enerji miktarıdır.

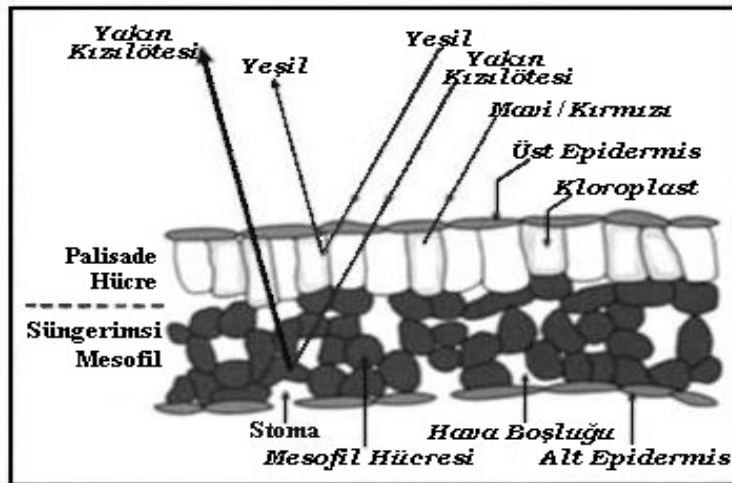


Şekil 2.26. Görünür bölgede insan gözünün algıladığı aralık ile bitkinin etkin spektrumunun karşılaştırması (Anonim e).

PAR aralığında bile, her bitki dalga boylarına karşı aynı duyarlılığa sahip değildir. Bu duruma, klorofilin en çok bulunduğu yer olan yapraklardaki tüm pigmentlerin özel emilimleri neden olur. Nispeten güçlü bir yansıma ve iletim sonucunda, yaprak tarafından en az yeşil ışık etkili olarak kullanılır. Yaprığın insan gözü tarafından yeşil olarak algılanmasının nedeni de budur (Anonim 1).

Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin miktarı bulutlanma durumuna, enlem ve boylam derecelerine göre değişir. Güneş enerjisinin gücü yalnız atmosferdeki etmenlerle azaltılmakla kalmaz, bitkilerin konumu ve durumu ile de etkilenir. Güneş, yaydığı ışınının yaklaşık olarak % 41'ini görünür bölgede kalan kısmı ise bu bölgenin dışındaki dalga boylarında yayar (Konya 2007).

Fotosentezin olduğu yaprakların üst üste gelmeleri ve bitkilerdeki dizilişleri nedeniyle ışıktan yararlanma kademeli olarak gerçekleşir. Bitki boyu, yoğunluğu ve yaprakların şekli yararlanılan ışığın niceliği ve niteliğini etkiler. Bir bitkinin görülebilir ışığı yansıtma kapasitesi yaprağın yüzey genişliğine bağlıdır. Güneş ışığının yansıtılma derecesi varsa yaprak tüyü miktarı ile artar. İnfrared ışığın %70'i, görülebilir ışığın %6-12'si ve ultraviyole ışığında %3 kadarı bitki yaprakları tarafından yansıtılır. Yeşil renkli ışığın %10-20 kadarı yansıtılırken, kırmızı renkli ışığın ancak %3-10 kadarı yansıtılır (Kacar ve Katkat 2007)



Şekil 2.27. Bir yaprak kesitinin görünür ve yakın kızılötesi dalgası radyasyona karşı yansıma özelliklerin gösterimi

Düzgün bir şekilde gelişmeleri için bitkilerin dengeli bir ışık tayfı alması oldukça önemlidir. Bitkilerin sağlıklı gelişmesi için mavi ışığın oranı özellikle önemlidir. 400 nm fotonun (mavi) enerji içeriği, 700 nm fotonunkinden (kırmızı) 1,75 sefer daha yüksektir; ancak her iki fotonun da fotosentetik işleme etkisi eşittir. Aynı zamanda, mavi fotonun enerji fazlalığı büyük ölçüde ısıya dönüştürülür (Anonim h). Az miktarda mavi ışık alması uzamaya (aşırı kök büyümesi) ve bazen sarılaşan yapraklara neden olur. Ayrıca bitkinin gelişmesi için kırmızı/açık kırmızı oranı da önemlidir. Açık kırmızı oranının düşük olması kökün büyümesini engeller. Ayrıca araştırmalar, kuantum etkisinin en fazla turuncu-kırmızı bölgesinde olduğunu ve turuncu-kırmızı ışık en etkili fotosentezi sağladığını bildirir. Üstelik bu duyarlılık tepkileri bitki türlerine göre değişir.

Birçok araştırmacı stres koşullarına bitkinin verdiği tepkiyi 400 nm ile 2500 nm değerleri arasında araştırmışlardır. Öngörülen spektral dalga boylarının arkasında yatan mantık, olumsuz büyüme koşullarında, ışık ile etkileşen bitkinin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimleridir. Öncelikle, 400 nm ile 700 nm aralığındaki reflektans klorofil, anthocyanins ve carotenoid gibi renkli pigmentlerin hücresel düzeyleri ile etkilenir, 700 nm ile 1400 nm aralığı hücre yapısı tarafından ve 1400 nm ile 2000 nm aralığı ise dokulardaki su içeriği ile ilişkilidir. Yaprak reflectance parametreleri, yaprak klorofil içeriği, N durumu, xanthophylls ve carotenoid pigment düzeylerini ölçmede de kullanılır.

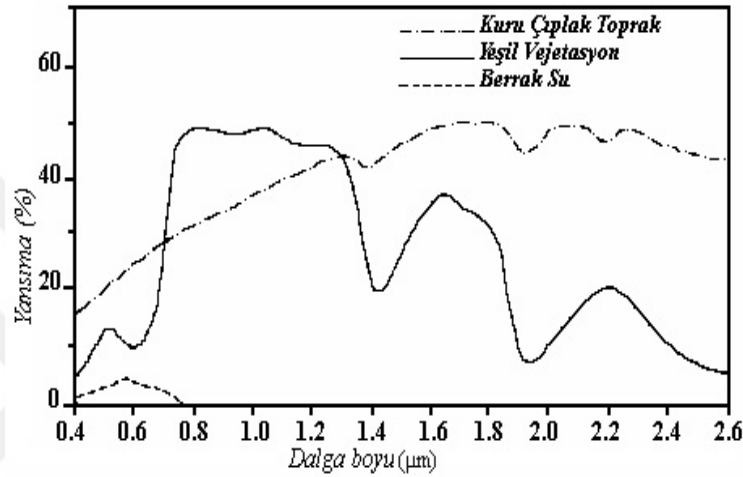
Işığın az olduğu koşullarda ışık intensitesinden en üst düzeyde yararlanan bitkilerde fotosentez doğrusal olarak artar. Buna karşın ışığın bol olduğu koşullarda fotosentez ışık intensitesine bağlı olarak doğrusal şekilde artmaz. Işık absorpsiyon etkinliği birimi yaprak alanında bulunan klorofil miktarı ile yakından ilişkilidir. Çevre koşulları bitkilerde klorofil miktarı üzerine olduğu kadar klorofil-*a* ve *b* üzerine de önemli etki yapar. Gölge koşullarında bitkilerde klorofil miktarı azalır. Özellikle güneş bitkilerinin genç yapraklarında bu etki belirgindir. Işık intensitesinin düşük olduğu bölgelerde, gölge ya da güneş bitkisi olsun bitkilerde, klorofil-*b* miktarı artar (Kacar ve Katkat 2007). Güneş bitkilerinin aksine gölge bitkileri birim yaprak alanına ve birim klorofil miktarına göre daha az protein içerirler. Protein miktarının az olmasına koşut olarak gölge bitkilerinde fotosentezde önemli rol oynayan ribulaz difosfat karboksilaz enzimi başta olmak üzere diğer enzimlerde daha az bulunur (Kacar ve Katkat 2007).

Işığın gereksiniminden az bulunması durumunda oluşan ışık stresinde bitkilerde karbonhidrat miktarının azalması bir seri metabolik değişimleri izler. Karbonhidratlar solunum sonucu parçalandığı gibi enerji kaynağı olarak da kullanıldığı için azalır. Kök gelişimi yavaşlar. Ayrıca güneş ışığını daha az yansıtmak suretiyle daha fazla yararlanmaya çalışırlar. Işığın gereksiniminden fazla bulunması durumunda oluşan ışık stresinde yapraklarda gerçekleştirilen değişimle fotosentez etkilenirken yüksek ışık intensitesine karşı önlemler alınır. Stomaların geçirgenliği absorbe edilen karbondioksit miktarını etkileyecek şekilde değişir. Palizat hücrelerinin uzaması, yaprak boyunca hücre sayısını artması ve ortalama hücre çapını büyümesi suretiyle yaprakların büyüme ve gelişimi değişir. Yüksek ışık stresinde yapraklarda mantarlaşma yaygınlaşır, mum tabakası oluşur ve kütin kalınlaşır. Bunun bir sonucu olarak ışık daha fazla yansıtılır. Yaprakların β -karoten, ksantofil ve fosfolipit içerikleri artarak klorofilin zarar görmesi olabildiğince azalır.

Talbott (2006) yılında ışığa bağlı stoma hareketliliği çalışmalarında ‘güvenli ışık’ olarak kabul edilen yoğun kırmızı ışık altında bitkiye gönderilen zayıf ve kuvvetli mavi – yeşil ışığa bitki stomalarının verdiği tepkiyi incelemiştir. Çalışmada uygulanan, 30 sn boyunca $1800 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ sn}$ mavi ışık sinyalinin, bitkinin mavi ışık fotoreseptör sistemi aktivasyonuna bağlı olarak, stoma açılışını teşvik ettiği. Ayrıca, yoğun kırmızı ışık altında bitkiye gönderilen yeşil ışık veya zayıf yeşil ışığın her ikisinin de stoma açılıp kapanmasına etkisinin olmadığı ve hatta kapanması yolunda etki gösterdiği. Aynı zamanda, 30 sn boyunca $3600 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ sn}$ yeşil ışık sinyalinin stoma açılışını inhibe ettiği tespit edilip, ikinci bir mavi ışık sinyali ardından stoma hareketliliğinin tekrar sağlandığı bulgular arasındadır. Ancak, *Vicia faba* bitkisinde yapılan denemede, spektrumda mavi ışıktan yeşil ışığa doğru gidildiğinde bu ışığa sonucu stoma açıklığının olumlu şekilde etkilendiği ve bunun da yeşil ışığın dozu ile ilgili olduğu belirtilip, maviden yeşile dönüşümün ideal oranın 2:1 olduğu aksi takdirde eşit ışık akılarına sahip bir ışımada, stoma açılışının % 50 engellendiği eklenmiştir. Sonuç olarak, stoma hareketliliğinin ışık akısına bağlı gösterdiği respons, stoma etrafındaki koruyucu hücrelerin fotobiyolojik özellikleri olduğunu gösterir.

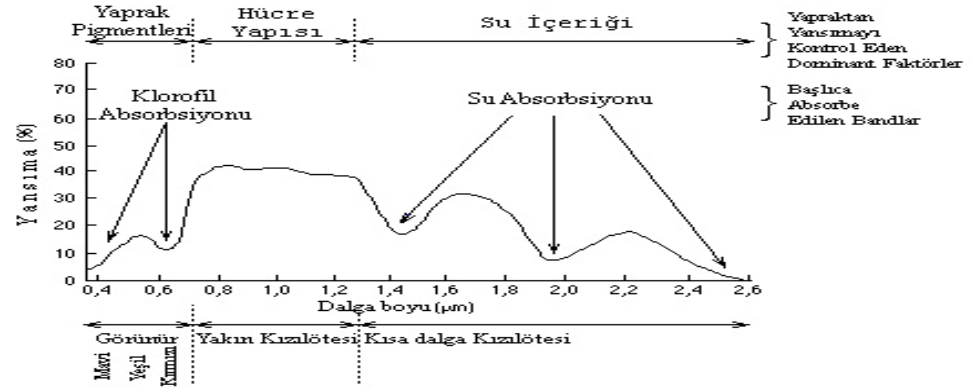
2.5.5.1. Yaprak reflektansı

Nesnelerin spektral yansıma özellikleri oldukça çeşitlilik (Bkz. Şekil 2.28.) gösterir. Aynı tür nesneler dahi, zaman ve konumsallığına bağlı olarak farklı yansımalara sahip olabilir. İnceleme konusu olan nesnelerin spektral yansımalarını etkileyen faktörlerin anlaşılması, nesne ile elektromanyetik radyasyonun etkileşiminin doğru biçimde yorumlanması için önemlidir.



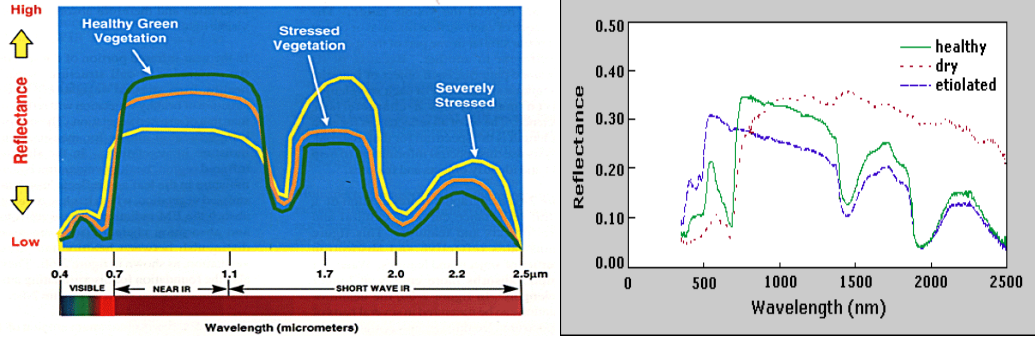
Şekil 2.28. Üç farklı materyalin ortalama yansıma eğrisi

Bitkiler farklı dalga boylarında farklı absorpsiyon ve yansıtma özellikleri gösterirler (Bkz. Şekil 2.29.). Yaprak spektral reflektansı, yaprak biyokimyası ve anatomisi üzerine biyotik ve abiyotik stresin etkisine dayanarak bitki sağlığının değerlendirilmesi için çok büyük veri kaynağı sağlar. Görünür bölge (visible) olarak ifade edilen dalga boyları mavi, yeşil ve kırmızı renklerden oluşmakta ve bunlardan mavi dalga boyları klorofil ve karotenid pigmentleri tarafından, kırmızı dalga boyları ise sadece klorofil pigmenti tarafından soğurulmakta, sadece yeşil renk yansıtılmaktadır. Bu nedenle bitkiler yeşil görülmektedir. Absorbe edilen dalga boyları ise çoğunlukla fotosentezde kullanılmaktadır. Fotosentez bitki hücresinin dış kısmında yoğunlaşan kloroplastlarda gerçekleşmektedir. Farklı bitki hücresi kısımlarında soğurulan ışık dalga boyları farklılık göstermektedir (Merzlyak vd 1999).



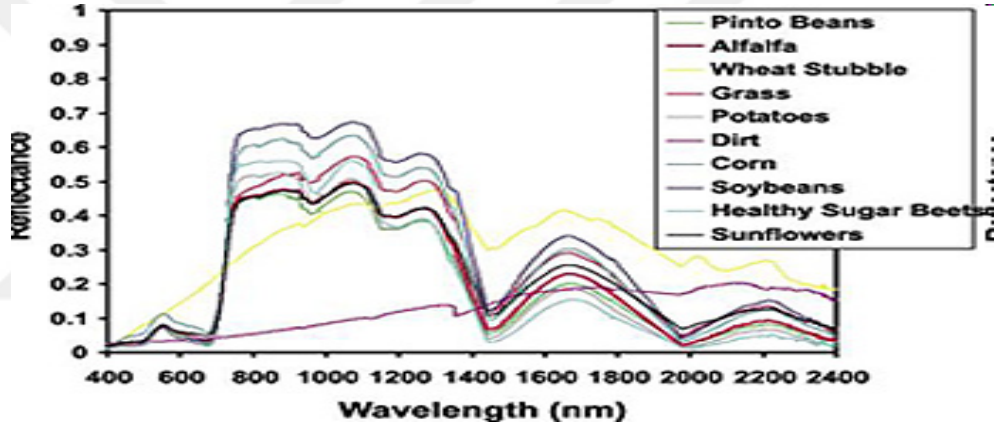
Şekil 2.29. Yeşil bitki örtüsünün önemli spektral duyarlılık bölgeleri

Görünür dalga boylarında, pigmentasyon, bitkilerin spektral duyarlılığında dominanttır. Özellikle klorofil önemlidir bu bölge için. Görünür spektrumun mavi ve kırmızı bölgelerinde çok düşük bir yansıtım olduğunu görürüz. Bu düşük yansıtım, iki klorofil soğurma bandına karşılık gelir. Buna böyle denmesinin nedeni, yaprakta mevcut klorofilin yaklaşık olarak 0,45 ve 0,65µm arasında merkezlenmiş bu dalga boyu bantlarında gelen enerjinin çoğunu soğurmasıdır. Görünür dalga boylarında yeşil bir yaprağa çarpan enerjinin çoğu soğurulur ve çok azı yapraktan geçer. Bu nedenle, enerji denge denklemi, spektrumun görünür bölgesinde soğurulmayan gelen enerjinin geniş ölçüde yansıtılacağını belirtmektedir. İki klorofil soğurma bandı arasındaki dalga boylarında bağıl bir soğurma kaybı, yaklaşık 0,54 µm de bir yansıtım tepe noktası oluşmasına neden olur ki bu da, yeşil dalga boyu bölgesidir. Böylece sağlıklı yaprakların gözümüze yeşil görünmesine önemli ölçüde neden olarak yeşil dalga boylarındaki oldukça düşük soğurmayı gösterebiliriz. Eğer bir bitki stres altında ise ve klorofil üretimi azaldıysa klorofil pigmentasyonunun eksikliği bu bitkilerin klorofil soğurma bantlarında daha az soğurmasına neden olur. Bu tür bitkiler özellikle spektrumun kırmızı bölgesinde çok daha fazla bir yansıtıma sahip olacaklar (Bkz. Şekil 2.30.) ve bu nedenle sarımsı veya klorotik görüneceklerdir, çünkü yeşil yaprak bu bölgede çok az enerji soğurur.



Şekil 2.30. Çeşitli abiotik stres (kuraklık, hastalık veya zararlı) koşullarındaki bitki ile sağlıklı bitkinin reflektans karşılaştırması

Ayrıca farklı bitki türlerinin bile aynı enerji miktarını kullanım, dolayısıyla da reflektansı farklıdır (Bkz. Şekil 2.31.).



Şekil 2.31. Farklı bitki türlerinin spektral yansımaları

Spektrumdaki anahtar bölgeler:

1-mavi bölge (400-499nm) ki burası, klorofil ve karotenoidlerin absorpsiyonu tarafından güçlü şekilde etkilenir

2- mavi yeşil kenar (500-549nm) yeşil pik 550nm de gerçekleşir

3- kırmızı kenar (650-699nm) klorofil absorpsiyonu ile ilişkilidir.

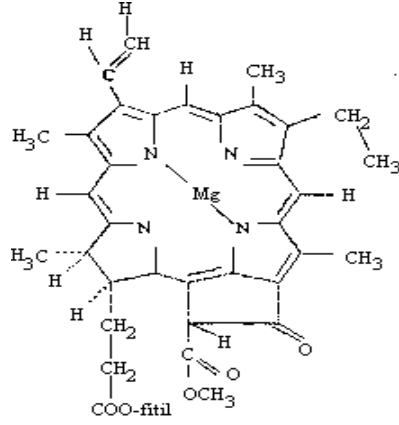
Çizelge 2.5. Bitki fizyolojisine dalga boyu aralıklarının etkisi (Jones, 2008)

Dalga Boyu Aralığı (nm)	Bitki Responsu
200 - 280	Bitkiler için yüksek toksik özelliğe sahip UVC aralığıdır.
280-315	Bitkide morfolojik ve fizyolojik prosesler etkilenir. Bitki renginde deformasyonlara yol açan UVB içerir.
315-380	Klorofil bu ışığı çok az absorbe edebilir ve fotoperiod/ ışıklandırma süresi etkilenir, hücre büyümesi yavaşlar. UVA aralığı bitki için ne zararlıdır ne de zararsızdır denilebilir.
380-400	Görünür ışık dalga boyu başlar. Aynı zamanda, klorofil absorpsiyon prosesleri de başlar.
400-520	Işığın büyük bir kısmı klorofil ve karotenoidler tarafından absorbe edilir, fotosentez sürecini etkiler. Vejetasyon sürecini teşvik eder.
520-610	Pigmentler tarafından absorpsiyonu düşüktür.
610-720	Klorofil tarafından absorpsiyonu düşüktür. Fotosentezi ve fotoperiyodu etkiler.
720-1000	Genelden çok düşük absorpsiyon. Hücre büyümesi durur. Çiçeklenme ve çimlenme etkilenir.
> 1000	Absorbe edilen enerji ısıya dönüştürülür.

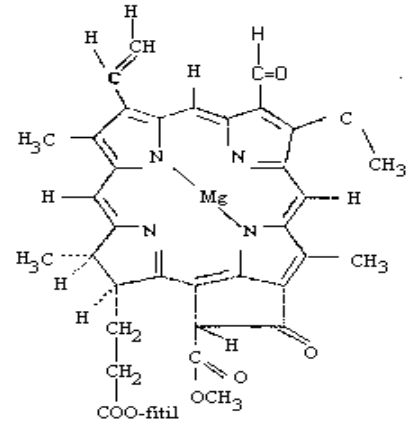
2.5.5.2. Biyokimyasal Temelli Yaprak Reflektans Özellikleri

Bitkiler de her obje gibi tipik yansıma değerlerine sahiptir. Yaprak üzerine gelen ışık yansıtılabilir, absorbe edilebilir veya iletilebilir. Şeker, yağ, selüloz ve protein gibi bitkinin biyokimyasal bileşenlerinde bulunan $-CH$, $-OH$, $-NH$, $C=O$ ve $-SH$ gibi organik yapılarıdaki atomları arasında bulunan kovalent bağlarının esnemesi ve eğilmeleri sonucu ortaya çıkan enerji spektrumun VIS ve IR bölgelerinde absorbe edilir (Günel vd 2007).

Pigmentler yaprak renginden sorumludurlar, aynı zamanda başlıca absorpsiyon moleküllerini meydana getirirler. Bitkide bulunan doğal pigmentlerin çoğu metal kompleksleri ile kapalı dörtlü zincir oluşturur. Bağlı metalden ziyade, merkezden uzak ve dörtlü zincirin yapısındaki değişimden ilk olarak renklerin aralığı türetilir. Baskın olarak yüksek bitkilerin, fotosentetik dokularında klorofil bulunur. Klorofil ilkel yapılı bitkilerde sitoplazmaya yayılmış bir halde bulunurken, yüksek yapılı bitkilerde kloroplastlarda bulunur. kloroplastın kimyasal bileşiminde lipit, protein, pigment maddesi, DNA, RNA ve enzimler bulunur. DNA bulunması nedeniyle hücre bölünmesinden bağımsız olarak çoğalabilir (Tekşen 2006). Klorofil molekülünde C, H, O ve N atomlarından oluşan dört pirol halkası vardır. Merkezde ise Mg atomu yer alır. Ayrıca yapısında kullanılmadığı halde ara ürünlerde Fe kullanılır. Klorofil molekülünde ayrıca yirmi karbon atomundan oluşmuş, fitol denilen uzun bir alkol zinciri vardır. Klorofilin iki önemli çeşidi vardır ki bunlar; klorofil-*a* ve *b*'dir. Yapılarındaki bir farktan ötürü ayrılırlar. Klorofil-*a*, ' $-CH_3$ ' şeklinde molekül yapısı oluştururken, klorofil-*b* ' $-CHO$ ' şeklinde bağlanmıştır. Yeşil yaprakların ve bazı ham meyvelerin yeşil rengini veren bu pigment, klorofil-*a* (mavi-yeşil) ve klorofil-*b* (sarı-yeşil) olarak iki gruba ayrılır ve genel olarak bitkilerde 3:1 oranında bulunurlar.



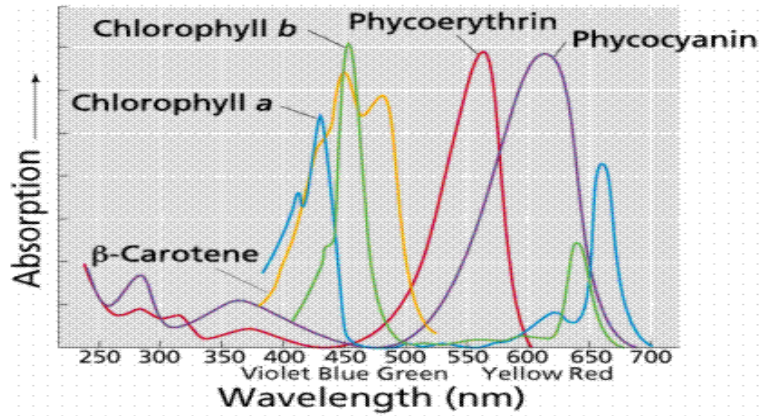
Şekil 2.32. (a) Klorofil- a



(b) Klorofil- b

Bozulmamış klorofil moleküllerinin absorpsiyon spektrumunu iki dominant bant gösterir, kırmızı ve mavi bölgede ve 550 nm'nin etrafında minimum absorpsiyon vardır bu da yeşil rengin algılanmasına neden olur. Klorofil b'deki aldehid grubunun içerdiği klorofil a'da ki metil grubunun varlığı Soret (mavi) ve Q (kırmızı) bantlarının absorpsiyon dalga boylarında ki farklılıklara neden olur. Bu nedenle, fotosentezdeki bu pigmentlerin ana fonksiyonu (klorofil içeriği), fizyolojik bitki sağlığının iyi bir indikatörü olarak kabul edilmelerinde yatar.

Birçok besleme yetersizliği sonucunda klorofil içeriği düşer, bunun doğal sonucu olarak VIS ve IR bölgede reflektans artar, kırmızı kenar eğilme noktasında mavi yön değiştirir. Görsel olarak klorotik değişim yaprağın sararması olarak algılanır. Klorofil 500-700 nm dalga boyları arasında enerjiyi absorbe ederken, su ve hücre duvarı ise 1500-2500 nm dalga boylarında daha fazla enerjiyi absorbe etmektedir.



Şekil 2.33. Pigmentasyon farklılıklarının yaprak spektrasına olan etkileri (Anonim f)

İlgilenilen diğer pigmentler, karotenleri ve ksantofilleri (her ikisinde sarı pigmentler) ve antosyaninleri (kırmızı pigment)içerir. Karotenler ve ksantofiller, genellikle yeşil yapraklarda bulunur, fakat sadece spektrumun mavi bölgesinde (yaklaşık 0,45 μm 'de) bir soğurma bandına sahiptir. Klorofil de genellikle mavide soğurulduğundan normal olarak bu sarı pigmentleri maskeler. Bununla beraber, bitki yaşlandıkça klorofil kaybolur ve karotenlerin ve ksantofillerin dominant olmasına neden olur.

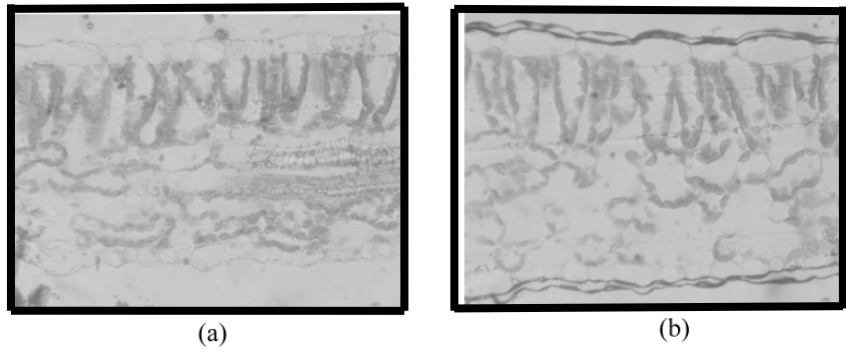
Orta kıızılötesi bölgede ise, su, belirli dalga boylarında enerjiyi kuvvetle soğurur ve yeşil yapraklar çok fazla nem içerdiğinden, bu su soğurma bantları, bu bölgede spektral duyarlılıkta dominanttır. Bu dalga boylarında, 1,4, 1,9 ve 2,7 μm yakınında oluşan güçlü su soğurma bantları, yeşil bitki örtüsünün spektral duyarlılığında dominanttır. 2,7 μm deki soğurma bandı, ana bantlardan biridir. Bu banda, temel titreşimli su soğurma bandı denir. 0,96, 1,1 μm deki çok küçük soğurma bantları bile özellikle çok sayıda yaprak tabakası durumunda yansıtıma önemli bir etkisi vardır. Spektrumun orta kıızılötesi bölgesinde gelen güneş enerjisinin bitki örtüsü tarafından soğurulma derecesi yaprakta mevcut toplam su miktarının bir fonksiyonudur ve bu da sırasıyla hem yaprağın nem içeriğinin, hem de yaprak kalınlığının bir fonksiyonudur. Yaprakların nem içeriği azaldıkça, orta kıızıl ötesi dalga boyu bölgesindeki yansıtım dikkat çekecek biçimde artar. Yapraklar nem kaybettikçe, iç strüktürlerinde oluşan aşırı değişimler, yakın kıızılötesi yansıtımı etkiler. Bitki yapraklarının, gelen ışınımı, su çözeltileri içeren pigmentli hücrelerin tipik karakteristiğine uygun olarak yansıttığını, soğurduğunu ve geçirdiğini göz önünde bulundurmak gerekir.

2.5.5.3. Anatomik temelli yaprak reflektansının özellikleri

Yapılan pek çok spektral çalışma, yaprakların optik özelliklerinin onların fotosentetik performansları ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Slaton vd 2001). Dahası yaprak strüktürü bileşenlerinin yaprak reflektansına etkisinin anlaşılması, uzaktan algılama verilerinin yorumlanmasında önemli bir yol açmıştır.

Daha öncede değinildiği üzere, bitkiler ışımaya teorisine uygun olarak herhangi bir kaynaktan gelen radyasyonu absorbe ederler, yansıtırlar, yayarlar veya dağıtırlar (Dinç vd 2001). Bu işlemler genellikle bitki yapraklarında gerçekleşir ve hücre duvarından epidermise, hücreler arası boşluktan stomalara her bir yaprak parçası elektromagnetik ışımaya farklı tepkiler gösterir. Absorbsiyon, özellikle atomlar içindeki elektronların dönme ve açılma ivmelerine bağlı olarak değişmektedir. Elektron yörüngeleri arasındaki geçiş ve çok atomlu moleküllerdeki titreşimsel ve döngüsel hareketler ışık geçicini etkilemektedir (Chandrasekharan 2005)

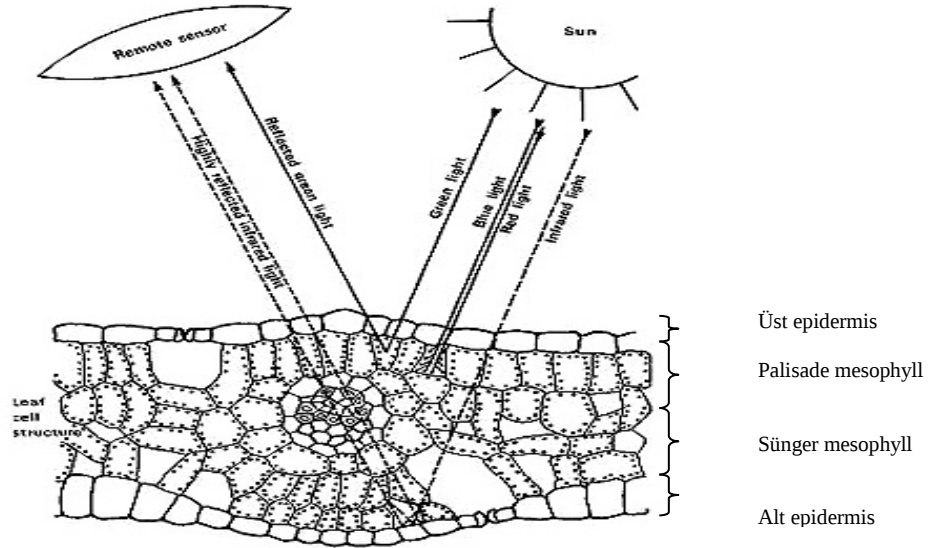
Hücre yapısındaki epidermal hücreler genellikle farklılaşır ve birbirleriyle stomatal porlar hariç aralarında boşluk bırakmadan kaynaşırlar. Stoma her iki epidermal tabakanın arasına işler. Stomatal poru kuşatan guard hücrelerin aksine, epidermal hücreler kloroplast içermez.



Şekil 2.34. İki farklı domates çeşidi yaprak strüktürünün¹ TEM görüntüsü
(a)Zheza205, (b) Zheza207

¹Kütikula ile ışığın etkileşimi sonucu, yaprak yüzeyinde yansıma konusunda ki kritik rolü bilinmektedir (Xu vd 2009). Şeffaf mumsu kütikül katmanı Zheza 207 domates yaprağında en üstte iken Zheza 205 domates yaprağında en üstte olmadığı, TEM görüntüsünde görülmektedir.

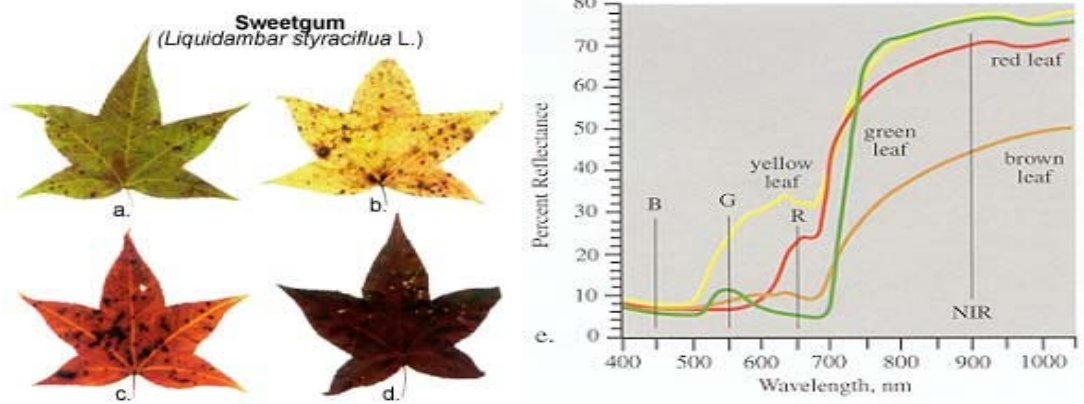
Epidermal hücrelerinin dışbükeyliği, ışık odağını toplama rolünden kaynaklanmaktadır. Epidermal hücre duvarı karakteristik olarak mumsudur ki buna kutikül denir. Kutikülün yüzey tekstürü türlere bağlı olarak, pürüzsüz, çatalı, bombeli veya kırıklı olabilir. Kutikül kalınlıkları türlere göre ve çevresel koşullara göre değişir. Işık yansımasının miktarı kutikül kalınlığından önemli şekilde etkilenir dolayısıyla, değişen kutikular kalınlık, yaprak yüzey reflektans desenini değiştirebilir (Bkz. Şekil 2.7.). Slaton vd. (2001) kutikül kalınlığının 1 nm den daha büyük olduğunu buldular ve bu bulgunun NIR da yaprak reflektansını öngörmek için bir ipucu olduğunu kayda geçtiler. Tek veya çok hücreli epidermal uzantılar, trichomes olarak adlandırılır, her iki yüzeyde bulunabilir. Trichome yapısı ve yoğunluğu türe göre değişir ve yaprak su potansiyeli ile negatif beslenme durumu ile ters ve ortam sıcaklığı ile pozitif ilişkilidir. Yüksek trichome yoğunluğu, görünür bölgede spektral reflectansı bozabilir veya görünür bölgede yüzey reflectansını artırır, ama NIR bölgesinde ki etkileri değişkendir.



Şekil 2.35. Tipik bir yaprak dikey kesiti şematik temsili

Şekil 2.35’de, bitkinin anatomik ve biyokimyasal karakteristiklerine ilişkin çeşitli hücresel tabakalar ile ışığın etkileşimine dikkat çekilmektedir. Çalışmalardaki amaç

yaprak üzerinde spektral veri toplanmasıdır ve ana damarlar, spektral ölçümlerdeki varyasyonların azalmasına meydan vermemelidirler. Palisard mesofil, yaprak yüzeyine düşey doğrultuda uzayan özelleşmiş parankima hücresinden ibarettir. Bu hücreler aynı zamanda, kırmızı ve mavi bölgede güçlü şekilde absorblanan pek çok disk şeklinde kloroplastı içerir. Konveks epidermal hücreler tarafından bir merkezde ayarlanan ve toplanan ışık, tüp gibi palisard hücrelerden geçirilir. Bu hücreler, iç dokunun tabakaları içine yayılan görünür ışık için iletim hattı olarak görev yaparlar. Palisard tabakanın aşağısında, daha az kloroplast içeriyor olan küresel veya düzensiz şekilli hücrelerden oluşturulan süngersi mesofil bulunur. Hava boşluklarını birleştirerek sürekli boşluk alanını oluşturması süngersi mesofilin karakteristiğidir. Palisard ve süngerimsi mesofil hücrelerinin şekli, süngersi mesofil tabakasının kalınlığı, hücreler arası hava boşlukları ve optik süreçte ışığın geri sapılım derecesi ve uzunluğu, yaprağın içine ışığın penetrasyonunu etkileyebilir. NIR bölgesinde (700-1300 nm) reflectans deseni hücre ara yüzlerindeki süngerimsi mesofil içinde havanın varlığına bağlanır. Bu etki, NIR bölgesinde ışığın zayıf absorbansının geri sapılımında hidrate hücre duvarları ve hücreler arası hava boşlukları arasında ki kırılma indisinin farklılığından dolayıdır. Aşağıdaki Şekil 2.35'ten de görüleceği üzere yaprağın hidrasyon derecesi de onun spektral özelliklerini etkilemektedir. Zira yine aynı şekilden, görünür bölgedeki kuru yaprak reflektansının, taze yaprağına kıyasla daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Öte yandan yaşlı yapraklarla genç yaprakların yansıma değerleri de birbirinden farklıdır ve genç yapraklar yaşlı yapraklara göre daha az yansıma yaparlar (Chandraseharan 2005).



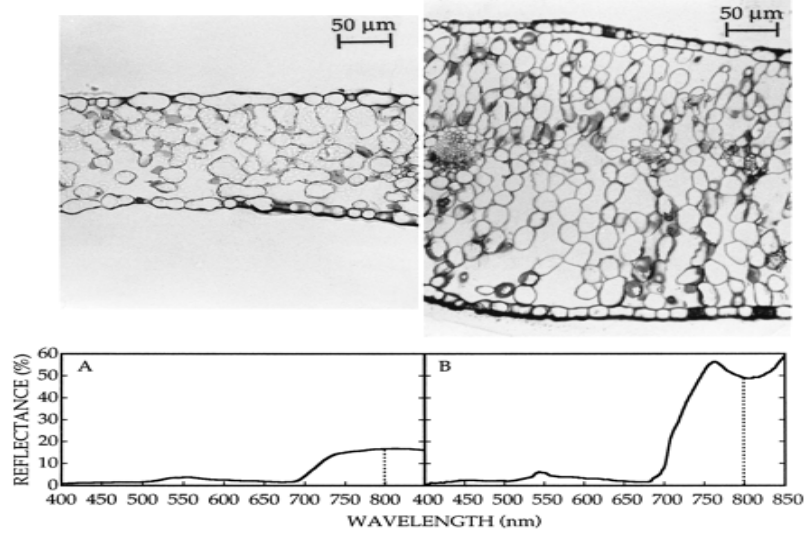
Şekil 2.36. Yaprak morfolojisi ve suya bağlı bileşiminin yansımaya etkileri (Jensen 1998)

(a) Sağlıklı yaprak (b-c), Senesens durumundaki ağaçtan alınan sarı ve kırmızı yaprak (d) Yerden alınan yaprak, (e) Dört yaprak için reflektans ölçümü

Aynı zamanda yapraklardaki su kaybı dış etkenlere bağlı olarak ortaya çıkan ve yansımayı etkileyen bir durumdur (Bkz. Şekil 2.36.). Farklı bitkilerde yapraklar koparıldıktan sonra geçen zaman içinde su kaybına bağlı olarak ortaya yansıma farklılıkları çıktığı belirlenmiştir (Başyigit vd 2008).

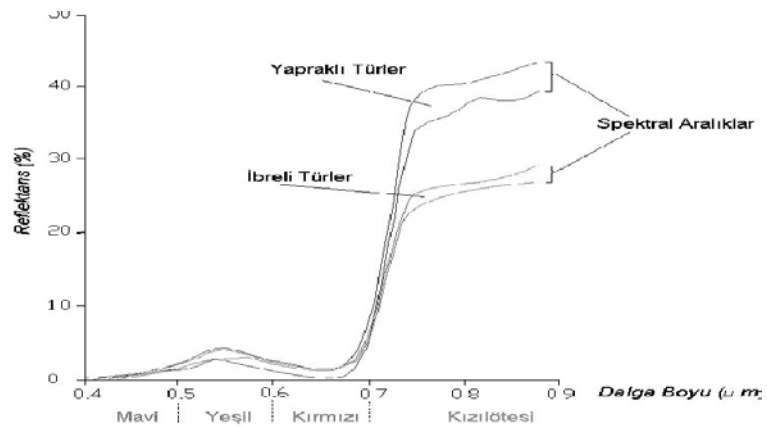
Bitkilerde en büyük yansıma değerleri yakın kızılötesi olarak ifade edilen 700-1300 nm dalga boylarında elde edilmekte ve birçok bitki özelliği bu dalga boylarındaki farklılıklarla ortaya koyulabilmektedir. Bitkilerde yansımayı etkileyen bazı faktörler vardır. Bu faktörler bitkiden kaynaklanabileceği gibi bazı dış etkilere bağlı da olabilirler.

Yaprağın morfolojik yapısı yansımayı etkileyen faktörlerden birisidir. Yaprak morfolojik yapısı özellikle yakın kızılötesi bölgede oluşan yansıma üzerinde etkilidir. Zira bu bölgede çok az absorbe olmaktadır. Bu dalga boylarında absorbe edilecek enerji yaprak sıcaklığının fazla yükselmesine neden olur. Bu da proteinlerin zarar görmesine sebep olacağından bitki gerektiği kadar enerjiyi absorbe ederken aşırı ısınmayı önlemek için kızılötesi ısınları yansıtmaktadır. 1400 nm ve 1900 nm dalga boylarının etrafında kuvvetli absorpsiyon bantlarıyla suyun absorpsiyonu, orta kızılötesi reflectans eğrisinin şekli belirlenir. Şekil 2.37.'de ki görünür bölgeden yakın kızıl ötesine geçerken yaklaşık 0,7 µm de yansıtımdaki belirgin artışa dikkat ediniz.



Şekil 2.37. Farklı iki bitki türünün adaxial yaprak yüzey farklılığından kaynaklanan spektrumdaki reflektans farkı. (Slaton 2001)
(a) *Gentianella amarella* (b) *Chionophila jamesii*

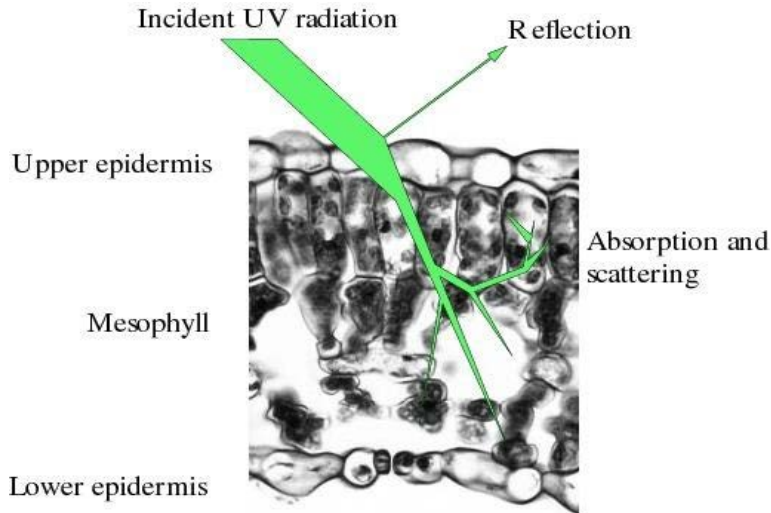
Sağlıklı yeşil bitki örtüsü, yakın kızılötesinde, görünür dalga boyları ile karşılaştırıldığında, çok yüksek yansıtım, çok yüksek geçirgenlik ve çok düşük soğurum ile karakterize edilmektedir. Bitki yapraklarının iç strüktürü çok karmaşıktır ve yakın kızılötesi bölgedeki yansıtımı önemli ölçüde kontrol altında tutan da bu iç strüktürdür. Şekil (2.37.) *G. amarella* ve *C. Jamesii* yapraklarının yakın kızıl ötesi yansıtımındaki farkın nedenini açıklayanda bu iç strüktürdeki farktır. Ancak görünür dalga boylarındaki fark genellikle ihmal edilir. Bitkilerin büyüme dönemleri, bitkilerin yaprak yapısı (geniş yapraklı ya da iğne yapraklı olması) gibi etkenlerde yansımayı etkilemektedir (Dinç vd 2001).



Şekil 2.38. Farklı yaprak yapısına sahip bitkilerin spektrumdaki reflektans farkları

Yüksek tuzluluk, besin elementi eksiklikleri veya hastalık ve zararlılar nedeniyle yapraklarda oluşan kloroz veya diğer belirtiler de yansıma özelliklerinde değişime neden olmaktadır. Şekerpancarında hasta ve sağlıklı bitkilerden oluşan yansımalar karşılaştırıldığında özellikle yakın kızılötesi bölgede hastalıklı bitkiler sağlıklı bitkilere göre daha az yansıma göstermişlerdir (Başayığit vd 2008). Yapılan çalışmalarda, bitkilerin en tipik yansımayı yakın kızılötesi bölgede (400 - 1100 nm) gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle bitkilerde yapılan spektro radyometrik ölçümler yakın kızılötesi bölgede yoğunlaşmıştır (Başayığit vd 2008).

Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının % 7'sinden azı UV ışınıdır ve bununda bitkiler tarafından büyük bir kısmı epidermis hücrelerinin vakuollerinde, bir bölümü de dış duvarlarında absorbe edilir. Bu nedenle hücre çekirdeği zarar görmez. UV ışınlarının % 5-10 gibi küçük bir kısmı da mezofilin üst tabakasında absorbe edilir. Yine yüksek bitkilerin kütin tabakasındaki mumlar ile hücre öz suyunda çözünmüş şekilde bulunan flavonoidler tarafından absorbe edilmeleri nedeniyle hücre protoplazması UV ışınlarının zararlı etkilerinden korunmaktadırlar. UV ışınları bitkide fotosentezin azalmasına, yapraklarda büyüme ve gelişmenin olumsuz şekilde etkilenmesine neden olur (Kacar ve Katkat 2002).



Şekil 2.39. Tipik bitki yaprağı tarafından yaprak yüzeyine düşen UV-B'nin yansıtımı, absorpsiyonu ve kırılması

Band genişliği enerji seviyesini ifade eder ve üst epidermis tarafından güçlü absorbsiyon gösterir. Gelen UV-B'nin % 1'in den daha azı alt epidermise ulaşır ancak yaprağın tamamı boyunca ilerleyemez (Caldwell vd 1983).

Sonuç olarak, yaprak yüzey özellikleri, içyapı ve biyokimyasal kompozisyon tarafından reflektans deseni etkilenir.

2.5.6. Uzaktan algılama teknolojisinin tarımda kullanımı

Uzaktan algılamanın tarımdaki kullanım alanları, ürünlerin yetiştirme alanlarının belirlenmesi, kızılötesi görüntülerle bitki durumunun incelenmesi, bitki besin maddeleri durumu ve verim tahmini ile hastalık, zararlı veya drenaj durumunun tespiti konularında kullanılabildiği gibi bitkiyle fiziksel temasın zor olduğu veya bitkiye zarar verme durumunun söz konusu olduğu durumlarda bitkilerin uzaktan algılanabilmesi, geniş alanların görüntüsünün hızlı ve tekrarlanabilir bir şekilde daha az işgücüyle elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

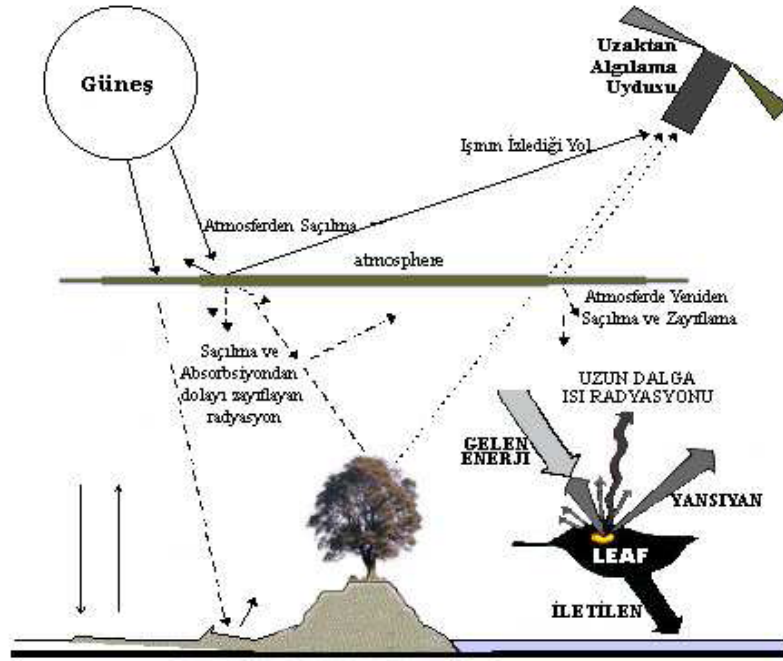
Amerika Birleşik Devletleri 1930'ların başlarında Tarım Bakanlığının çabalarıyla siyah beyaz hava fotoğraflarını toprak ölçme çalışmalarında kullanmışlardır (Maktav ve Sunar 1992). Renkli ve kızıl ötesi görüntülemeyle yapılan UA'nın tarımda kullanımı ise 1960'lardaki uydu görüntülerinin soğuk savaş yıllarında Amerikanın Sovyet Rusyanın tahıl üretim miktarını gizlice tahmin edilmesinde kullanılmasıyla devam etmiştir. Son 35 yıldır uydular yardımı ile global arazi kullanımı ve bitki örtüsü değişimi takip edilmektedir (Genç vd 2005).

Bazı UA sensörleri spektral bilgi yerine, ışığın hareket ettiği zamana göre, yeryüzündeki cisimlerin toprak yüzeyinden yüksekliğini ve topografik yapıyı belirleyebilirler. Bu sensörler, Light Detection and Ranging (LIDAR) olarak adlandırılmakta ve 1990'lı yıllardan itibaren tarım ve ormancılık alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır (Genç vd 2005).

Dolayısıyla gelişim süreçleri boyunca ürün durumlarının görüntülenmesi ve belirlenmesi tarımla ilgilenen topluluklar için önemli bir ekonomik değerdir. Bu görüntüler tüm yetiştirme periyodu boyunca kullanılabildiklerinden, geleneksel tarla gözlemlerine iyi bir alternatif oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu teknolojiler ile elde edilen veriler, tarımsal kaynakların ulusal ve global ölçekte kullanımlarının planlanmasına temel oluşturduğu gibi çiftçi bazında da arazilerini daha küçük alt parseller halinde izlemelerine olanak sağladığından, tarımsal uygulamalar için erken karar ve müdahale şansı sağlayabilmektedir. Bu sebeple, uzaktan algılama hassas tarım için önemli bir işletmecilik aracı olma özelliğine sahiptir.

2.5.6.1. Spektrometrik yöntemlerin esasları ve spektrometreler

Tarımda önemli bir karar destek sistemi olan uzaktan algılama, son otuz beş yıldır büyük bir süratle gelişen bir teknoloji olup yeryüzüyle herhangi bir fiziksel temas bulunmadan, bir uyduya veya yükseklerde uçmakta olan bir uçağa ya da elde taşınabilir bir cihaza yerleştirilmiş bir algılayıcı vasıtasıyla yeryüzü varlıklarının konumsalıklarını da esas alıp mevcut durum ve zamana bağlı değişimlerinin tespitinde kullanılmaktadır.



Şekil 2.40. Yeryüzüne gelen ve yansıyan radyasyonun etkilesimi

Bu algılayıcıların yerleştirilmiş olduğu cihazlardan biri olan spektrometreler, elektromanyetik spektrumun bazı kısımlarının bir fonksiyonu olarak, ışığın bazı özelliklerinin ölçülmesi için kullanılan bir alettir. Ölçülen büyüklükler genellikle polarizasyon durumuna bağlı olarak ışığın şiddetidir. Bağımsız değişkenler çoğunlukla ışığın dalga boyudur, genellikle metre birimlerindedir, fakat bazen de dalga sayısı veya elektron volt gibi foton enerjisi ile doğrudan orantılı birimlerde ifade edilir. Spektrometre uygulamaları atomların, molekül veya iyonların bir enerji düzeyinden bir diğerine geçişi esnasında absorblanan veya yayılan elektromagnetik ışımanın ölçülmesi ve matematiksel metotlar ile yorumlanması esasına dayanmaktadır.

Spektrometre, spektroskopide kullanılır. Spektrometre, gama ışınları ile x-ışınları arasında değişen geniş bir dalgaboyu aralığında çalışabilen aletleri temsil eden bir terimdir.

Spektroskopi bir katı, sıvı veya gazdan yayılan, yansıyan ve saçılan dalga boyunun bir fonksiyonu olarak ışığın incelenmesi olarak adlandırılmaktadır. Bir spektrometreyi tanımlamak için 4 genel parametreden bahsedilmektedir. Bunlar sırasıyla spektral aralık, spektral bant genişliği, spektral örnekleme ve sinyal/parazit oranı (S/N). Spektral

aralık, çözülmesi istenen bir problemde yeterli spektral soğurma yeteneğine sahip alanı örten bölüm olarak tanımlanabilmektedir. Genel olarak kullanımda olan ve her biri dedektör teknolojisi tarafından kontrol edilen spektral aralıklar sırasıyla; morötesi (UV) 0.001-0.4 μm , görünür 0.4-0.7 μm , yakın-kızılötesi (NIR) 0.7-3.0 μm , orta-kızılötesi (MIR) 3.0-30 μm ve uzak kızılötesi 30 μm -1 mm bölgelerdir. Yaklaşık olarak 0.4-1.0 μm dalga boyu aralığı, uzaktan algılama literatüründe görünür-yakın-kızılötesi (VNIR, visible-near-infrared) ve 1.0-2.5 μm aralığı ise kısa dalga kızılötesi (SWIR short-wave infrared) olarak da bilinmektedir. Yalnız bu terimler uzaktan algılama dışında tanınan standart terimler değildir. Orta-kızılötesi bölge ise yaklaşık 2.5 -3 μm 'den başlayıp 10 μm civarında pik veren termal bölgeye dahil olup bu pikin ötesinde azalarak gri-cisim emisyonu ile kontrol edilen bir şekle sahiptir. Spektral bant aralığı, spektrometrede tekil spektral kanalın genişliğidir. Spektral bant genişliği ne kadar dar olursa spektrometrenin de soğurma özelliği o derece dar olacak ve böylece komşu spektral örneklemeler sağlandığında da en hassas ölçüm yapılabilecektir. Spektral örnekleme, dalgaboyunun bir fonksiyonu olarak spektrometredeki her bir kanal için spektral bant geçiş profili arasındaki dalga boyu aralığıdır. Spektral örnekleme sık sık bant geçişiyle karıştırılır ve ikisi de çözünürlük olarak adlandırılmaktadır. Teorik bilgiler bize iki spektral özelliği çözmek için iki örneğe sahip olmamız gerektiğini ifade etmektedir. Bundan başka örneklemeler hakkında önyargıya varmamak amacıyla örneklerin yeterli derecede pik ve çukurluklara sahip olması gerekmektedir. Son olarak, spektrometre spektrumdaki detayları kaydetmek için yeterli doğrulukta ölçüm yapmalıdır. Sinyal/parazit oranı (signal-to-noise ratio -S/N) çalışılan spektral özelliğin gücüne bağlı olmaktadır. S/N dedektör duyarlılığı, spektral bant genişliği ve yüzeyden yansıyan veya yayılan ışığın şiddetine bağlıdır. Spektral özellikler yeterince güçlüyse ve sinyal/parazit oranı en az 10 civarındaysa cismi tanımlamak mümkün olabilir (Günel vd 2007).

Spektroradiometrik cihazlar spektrometrik ölçümlerin radyometrik kalibrasyonlarının sağlandığı aygıtlardır. Spektroradyometreler uydu ve diğer uzaktan algılama sensörlerinde olduğu gibi radyans (radiance) , irradyans (irradiance), reflektans (reflectance) ya da transmisyonun kantitatif ölçümlerine dayanırlar. Spektroradiometrik yöntemlerde temel dayanak ise objelerin elektromagnetik bölgelerde kendine özgü bir yansıma (reflectance/radiance) değerlerinin bulunmasıdır. Bu yansıma değeri objeye renk, doku, parlaklık ve görünüş gibi özellikleri veren kimyasal yapısından

kaynaklanmaktadır. Prizmalı ve optik aa sahip iki türde olan alet spektral birim ısınlırlıa ve dalga boyuna göre yorumlanabilen veri üretilmektedir. Dalgaboyu, yoğunluk özelliklerini de analiz etmektedir. Spektra ise, dalga boyu yansıma eğrisinin tümüne denmektedir.

Spektroradyometreler bir fotokotlandırıcı veya IR algılayıcı kullanılan sistemlerdir. Işıık kaynağından gelen radyasyon dağııtım sisteminde dalga boylarına ayrılarak fotokotlandırıcı veya IR kaydedici tarafından 1-10 nm arasında yüksek çözünürlükte kaydedilmektedir. Spektroradyometreler 375-2500 nm dalga boylarında yansıma ölçümü yapabilen cihazlardır. Bu cihazlar 700 nm de 3.5 nm spektral çözünürlüğe sahiptir. Cihazın kalibrasyonunda beyaz referans olarak alçı bloktan imal edilmiş spektralon kullanılmaktadır. Işınım algılanması 1°, 2°, 3°, 3.5°, 4°, 5°, 7.5°, 8°, 10° ve 25° lik mercekler (foreoptic) ya da kontak prob ve bitki probu ile yapılmaktadır. Arazide kullanmak için tasarlanmış bataryaları ve şarj cihazı, laboratuar çalışmaları için enerji sağlayıcı adaptörü, ışık kaynağı olarak kullanılan spot lambası (pro lamb), aı ayarlayıcısı su düzeneği ve ayaklı sehpa aparatları bulunmaktadır. Verilerin toplanmasında bir ara yüz ve işlenmesinde ise özgün yazılımlar kullanılmaktadır. Bu sayede ölçüm sonucu anında diz üstü bilgisayarda grafik ya da uygun program dosyası olarak görülebilmektedir. Yine arazide bu dosyalarda yer alan rakamlar kullanılarak uygun tahmin modeli kurulabilmektedir (Gnal vd 2007).

Günümüzde kullanılan taşınabilir spektroradyometreler, gerçek zamanlı olarak bulundukları yansıma verilerini dizüstü bilgisayarlar yardımıyla arazide değerlendirip bünyelerindeki spektral kütüphanelerinde toprak ve bitki örtüsü gibi birçok farklı yeryüzü cisimlerine ait geniş yansıma referanslarının hemen hemen tümünü barındırır. Bunun ile birlikte yapılmış çalışmalarda PCA (temel bileşenler analizi), PLSR (kısmi en küçük kareler regresyonu), GLM (General Linear Model) ve MRA (oklu regresyon analizi) gibi istatistik modeller kullanılmıştır. Spektroradyometrik çalışmalarda, ölçülen yansıma değerlerinin logaritması, 1. ve 2. türevi gibi yeni veri türetmeleri kullanılabilmektedir. Ayrıca iki farklı dalga boyunda llms yansıma değerlerinin birbirlerine oranlanması ile elde edilen indisler de kullanılmaktadır. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), DVI (Difference Vegetation Index), IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index), RVI (Ratio Vegetation Index), SIPI (Structure intensive

rigmen index), PSRI (Plant senescence reflectance index), PRI (photochemical reflectance index), SR680, SR705, mSR705, mND705, Red-Edge, CI (Curvature Indeks), R1, R2, R3, R4, R5 en yaygın kullanılan indislerdir (Merzlyak vd 1999).



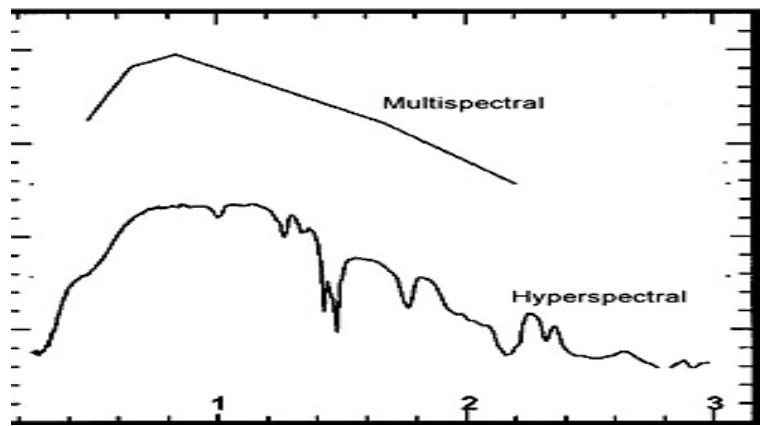
2.5.6.2. Hiperspektral ve multispektral görüntüleme spektroskopisi

Çok bantlı algılama, elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerinde bir kütle ya da maddeden yansıyan ya da yayılan enerjinin uygun aletler tarafından algılanması olayıdır. Çok bantlı algılama, elektromanyetik spektrumun ışık bölgelerinden eş zamanlı olarak kaydedilen iki ya da daha fazla verinin karşılaştırılmasını içerir. Gözlemlenen sahadaki objeden yansıyan ya da yayılan karşılaştırılabilen spektral enerji, belirli obje

ve olayların tanımında kullanılır. Çok bantlı algılama genelde multispektral ya da hiper spektral tarayıcılar tarafından yapılır.

Farklı cisimler, farklı dalga boylarında farklı yansıma özellikleri gösterirler. Bu özellik sayesinde cisimler birbirinden ayırt edilebilmektedir. Multispektral ve hiperspektral sınıflandırma ve tanıma yöntemlerinin, tarım dışında savunma, madencilik, jeoloji ve çevre gibi alanlarda da uygulama alanlarına sahiptir.

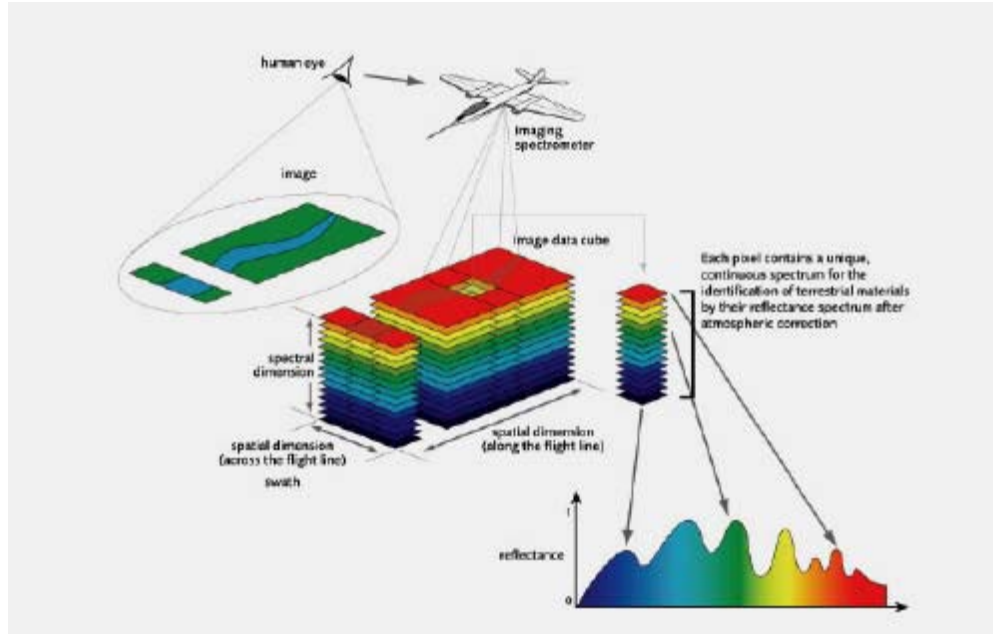
Hiperspektral görüntüleme, günümüzde yüzey örtü tiplerinin sağlıklı belirlenmesi açısından uzaktan algılamanın geldiği son noktadır denilebilir. Hiper sözcüğü aşırı, üst, öte, fazla anlamına gelir. Spektral ise anlam itibarıyla bir spektrumu tanımlar. Hiperspektral görüntüleme, son yıllarda elektromanyetik spektrumun çok daha fazla sayıda ve çok daha dar bantlara bölünerek uzaktan algılama yoluyla elde edilebilecek veri miktarını artırmak amacıyla geliştirilmiştir. Örneğin, Landsat algılayıcılarında bant aralıkları $0.1 \mu\text{m}$ gibi büyüklükte spektral dilimler içerdiği halde, hiperspektral algılamada bu aralık yaklaşık 10 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) boyutuna indirilmiştir. Dolayısıyla spektrumun $0.38 \mu\text{m}$ ile $2.55 \mu\text{m}$ arasındaki bölümde yaklaşık olarak 217 bant oluşturulabilmektedir. Hiperspektral görüntüleme sistemleri, görünür bölge, yakın kızılötesi ve orta kızılötesi bölgelerinde çok dar bant aralıklarında görüntüleme yapar ve görüş alanındaki her bir görüntü elemanı için sürekli bir yansıma spektrumu bilgisi elde eder. Hiperspektral bantlar genelde nanometre ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) seviyesinde ölçülür. Bu tip görüntüler yeryüzüne özgü örtü tipinin ortaya çıkarılması açısından pankromatik ve multispektral görüntülere oranla üstünlük sunar.



Şekil 2.41. Uzaktan algılamada multispektral ve hiperspektral grafikler

Uydu ya da hava araçları üzerine monte edilen algılayıcılardan elde edilen hiperspektral görüntüler ile çok sayıda dar dalga boyu bandına ait görüntü verileri elde edilmekte ve bunun sonucunda bir ayrışım sağlanmaktadır. Hiperspektral algılayıcılar yardımıyla dar bantlı ve sürekli aralıklandırılmış yüzlerce spektral bantta veri toplanabilmektedir. Algılayıcı verileri yorumlanırken bazı tanımlara dikkat edilmelidir. Genellikle bant genişliği, spektral çözünürlük ve örnekleme aralığı için farklı tanımlar kullanılmaktadır. Örnekleme aralığı, spektrumdaki iki örnek noktası arasındaki genişlik olup algılayıcının spektral çözünürlüğünden bağımsızdır. Spektral çözünürlük, bir algılayıcının tek renkli kaynağa olan tepkisinin yarım maksimumdaki tüm genişliği (Full-Width Half-Maximum, FWHM) olarak da tanımlanmaktadır. Yarım maksimumdaki tüm genişlik (FWHM), algılayıcının tek renkli kaynağa olan spektral tepkisindeki en uç değerlerin yarısına denk gelen değerdeki genişlik olarak tanımlanmaktadır.

Teknik açıdan hiperspektral tarayıcı bir optik-mekanik tarayıcıdır. Bu algılayıcılara görüntüleyen spektrometre (imaging spectrometer) adı da verilir. Bütün bantların kayıtları biraraya getirildiğinde arazinin her bir görüntü elemanı için, bu bantlar esas alınarak kesintisiz bir yansıma grafiği çizilmesi olanaklı olmaktadır (Bkz. Şekil 2.42.).



Şekil 2.42. Uzaktan algılamada hiperspektral algılama teknikleri

Hiperspektral uzaktan algılamadaki gelişmeler, vejetasyon içindeki kantitatif özelliği olan fotosentetik pigmentlerin önemini ortaya çıkardı. Bunun gibi bilgiler, uzaktan algılamayla vejetasyonun fizyolojik durumunu (örneğin, stres belirtilerini), ayırt etme yöntemlerini (örneğin, fenolojik karakteristiklerin gözlenmesi) ve verimlilik tahminini (örneğin, yorumlanabilir ve ölçülebilir tam doğru fotosentetik radyasyon aktivitesi absorpsiyonunun miktarı) değerlendirmeye yardımcı olur. Araştırmacılar, bitki yapraklarındaki karotenoid (Cars), klorofil a ve b nin konsantrasyon bütünüünün belirlenmesi için ilgili dar bant reflektans indislerine doğru çalışılmasını savunmaktadırlar (Blackburn 1998).



2.6. Bitki Besin Elementi Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar

Domates dünyada ve Türkiye’de en çok üretilen, tüketilen ve ticarete konu olan tarım ürünlerinin başında gelmektedir. Türkiye, dünya domates ekim alanlarının % 4.39’unu oluşturmakta ve dünyada ekim alanı bakımından 5. sırada bulunmaktadır, üretim bakımından ise % 6.90’lık payla 4. sırada yer almaktadır (Demirci vd 2005). Hem tarla hem de örtüaltında üretilebilen domates Türkiye’de % 26 ile en fazla paya sahip olan sebzedir (Demirci vd 2005). Türkiye’nin domates üretiminin yaklaşık % 15’i örtüaltı yetiştiricilik ile üretilmektedir (Keskin ve Gül 2004). Örtüaltı domates yetiştiriciliğinde cam sera ve plastik sera toplam örtü altı üretimde ekim alanının % 91’ini ve üretimin %93’ünü oluşturmaktadır (Keskin ve Gül 2004). Antalya ilinde seralarda yetiştirilen ürünler bazında; 97.166 dekar ekiliş ve 991.000 ton üretim ile domates 1. sırada yer almaktadır (Orman ve Kaplan 2004). Türkiye’de tarlada domates verimi dekara ortalama 4.000 kg iken örtü altında ortalama en az 10.000 kg civarındadır (Keskin ve

Gül 2004). Bölgede domates üzerindeki klasik araştırmalarda son yıllarda belli bir artış gözlemlenmesine rağmen halen daha çözülmemiş sorunlar bulunmaktadır. Buna karşılık, domates verimini etkileyen etmenlerdeki kimi olumsuzlukların tespitinde, klasik yöntemler yerine artık daha hızlı ve daha güvenilir sonuçlar verebilen yeni teknik ve teknolojilerin de devreye sokulması gerekmektedir. Söz konusu bu yeni teknik ve teknolojilerden günümüzde öne çıkmış olanı ise daha önce de sözü edilmiş olan Uzaktan Algılama teknolojisidir. Bu konuda kısıtlı sayıda olan araştırma sonuçları ise, bu yeni teknoloji ile diğer tarım ürünlerinde olduğu gibi domates yetiştiriciliğinde de gerek bitki besin maddelerinin noksanlıklarının, verim tahminlerinin ve gelişim periyodlarının izlenmesi ve gerekse hastalık ve zararlıların tespitinin yapılmasında klasik yöntemlere göre bazı üstünlüklerin bulunduğu ifade edilmektedir (Güler ve Kara, 2005).

Birçok bitkide olduğu gibi domates da potansiyel verim, genetik çeşitlilik ile yakından ilişkilidir. Ancak gerçek verimin potansiyel verim düzeyine ulaşması veya buna yaklaşması ise her şeyden önce domates bitkisinin istediği koşulların gerçekleşmesine bağlıdır. Bu da domates üretimi için gerekli optimum amenajman tekniklerinin uygulanması ile ancak sağlanabilecektir. Bununla birlikte, üretim süreci boyunca bitkilerin gözlenmesi ve gerekli ise yetiştirme periyodunun herhangi bir anında ilave toprak ve yaprak analizleri de yapılmak suretiyle varsa bitkilerin besin elementi gereksinimleri saptanmalıdır. Ayrıca hastalık ve zararlı tespiti ve kontrolü amacıyla da gerekli gözlem ve analizlerin yapılması gerekmektedir. Ancak, özellikle örtüaltı alanlarda tarımı yapılan domates bitkilerinin olması gerektiği şekilde gözlenmesine rağmen sorunlarının üretici veya diğer ilgililer tarafından tespit edilmesi her zaman mümkün olamamaktadır. Buna dayalı olarak da özellikle aile işletmeciliği şeklindeki üretim ortamlarında ciddi ürün azalmaları meydana gelebilmektedir. İşte Uzaktan Algılama teknolojisi, üretim ortamlarının kişilerin subjektif değerlendirmelerine dayalı olarak gözlemlenmesi ve/veya ilave yaprak ve toprak örneklerinin analizi ile zaman kaybedilmesi gibi uygulamalar yerine, söz konusu üretim ortamındaki bitkilerin gerçek ihtiyaçlarının yeni teknik ve teknolojiler ile daha hızlı ve daha güvenilir bir şekilde tespit edilmesine ve üretimin gerçek parametreler üzerinden yönetilmesine olanak sağlamaktadır (Güler ve Kara 2005). Bu kapsamda; domates bitkisinde beslenme düzeyleri ile enerji kullanımı arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve hastalık zararının

uzaktan algılama teknik ve teknolojileri ile incelenmesi adına yapılacak olan çalışmanın literatürdeki yeri, seçilen örneklerin önemli ayrıntıları korunarak aşağıda sunulmuştur.

Riedel vd (2000), çalışmalarında buğdayda zararlı bir yaprakbiti türünün oluşturduğu zararın uzaktan algılama yöntemleriyle belirlenmesini sağlayacak parametreleri ortaya çıkarmışlardır. Buğdayda önemli zarar yapan bir yaprakbiti olan *Diuraphis noxia* (Mordw.) (Hom.: Aphididae)'nın oluşturduğu zararın uzaktan algılama yöntemleriyle belirlenebilmesi için, böcek popülasyonunun yoğunluk kazandığı periyotlarda, zarar görmüş bitkiden yansıyan radyasyon seviyesinin bilinmesi gereklidir. Sera koşullarında gerçekleştirilen çalışmada *D. noxia* ile bulaşık ve kontrol amaçlı temiz bitkiler 3 hafta boyunca bekletilmiştir. Ardından zarar gören yapraklardan yansıyan radyasyon, alan, kuru ağırlık ve klorofil konsantrasyonu ölçülmüştür. Sonuç olarak, 625-635 nm ve 680-695 nm dalga boylarının, yaprakbiti zararından kaynaklanan klorofil eksikliği ve yıpranmış yaprakların tespitinde kullanılabileceği belirlenmiştir. Yine aynı araştırmada, farklı morfolojideki her bitki çeşidi ve farklı tipte zarar yapan her böcek türünün uzaktan algılama ile belirlenebilmesi için, zarar görmüş ve sağlıklı bitki kısımlarının yansıttıkları radyasyon miktarındaki farklılıkları incelemek gerektiği ifade edilmektedir.

Yansıma karakteristiklerinin yaprak klorofil miktarı ve mineral içeriği ile doğrudan ilişkili olduğu gerçeği (Jacquemoud ve Ustin 2001), besin elementi eksikliklerinin de spektral yöntemlerle belirlenebileceği yolunu açmıştır. Yapılan ilk çalışmalarda bitki gelişimi dolayısıyla besin elementi alımının en önemli belirtisi olan klorofil gelişimi üzerine olmuştur. Bütün besin element eksiklikleri de klorofil azalması ya da deformasyonu şeklinde ortaya çıkmakta, klorofil gelişimi ise görünür bölgede (400-700 nm) bölgesindeki yansımalarda artışla belirlenmektedir. Klorofilin yapısında en fazla bulunan besin elementi ise N ve Mg'dur. Bu nedenle N ve Mg eksikliğini yansıma değerlerinde çok yüksek artışlara neden olmaktadır. Bu artış % 90'lara kadar ulaşmaktadır (Silva ve Beyl 2005).

Diger besin elementlerinin eksikliğinin belirlenmesinde elektromagnetik ışımanın aynı bölgeleri en doğru sonuçları vermiştir. Bu çerçevede mısır bitkisinde azot eksikliği kırmızı ve yeşil bölgede (500-700 nm), fosfor eksikliğinin mavi bölgede (400- 500 nm) belirlenmekte (Osborne vd 2002).

Buğday bitkisinde ise kontrollü koşullarda oluşturulan N, P, K, Ca ve Mg eksikliği en iyi 280- 1100 nm dalga boylarında ölçülen reflektans değerleri ile saptanabilmektedir (Silva ve Beyl 2005).

Silva vd (2005), buğday bitkisinin yapraklarındaki azot, fosfor ve potasyum yetersizliklerinin spektral yansıma karakteristiklerinden yola çıkılarak belirlenmesini araştırmışlar ve farklı besin konsantrasyonları ortamlarındaki klorofil noksanlık semptomlarının 280 - 1100 nm dalga boyu aralığında algılama yapabilen spektrometre ile belirlenebileceğini ifade etmişlerdir.

Bitki çeşidinin değişmesi besin elementlerinin hassas olduğu dalga boyu üzerinde çok fazla değişiklik göstermemiştir. Bunun temel nedeni ise yansımanın görünebilir kızıl ötesi bölgede daha çok klorofil ve karotinlerden kaynaklanmasıdır. Nitekim pamuktaki azot miktarının belirlenmesinde bitki N içeriğinin % 80'inin 690-730 nm dalga boyundaki enerji yansımasına karşılık geldiği görülmektedir (Read vd 2001).

Cracknell ve Hayes (1991)'de bitkilerde bulunan klorofilin yakın kızılötesi bantta parlak bir yansıma değeri vererek diğer arazi örtülerinden kolaylıkla ayrılabilirdiğini ifade etmişlerdir. Özellikle bitki örtüsünde yansıma ve soğurulma olayları çeşitli dalga boyu bölgelerinde farklı şekillerde olmaktadır. Nitekim bitki örtüsü yakın kızılötesi (0.76-0.90 nm) bölgesinde üzerine gelen spektral enerjinin önemli bir kısmını geri yansıtmakta ve bu da bitki örtüsünün kızılötesi dalga boyu bölgelerinde diğer objelerden kolay bir şekilde ayrılmasını sağlamaktadır.

Diğer yeşil bitkilerde olduğu gibi meyve ağaçlarında da spektrometrik yöntemlerle yaprak mineral içeriklerinin tahmin edilebileceği ve elde edilen yansıma değerleri ile laboratuvar analizleri arasında çok önemli korelasyonların bulunduğu ifade edilmektedir. Elma ağaçlarında N, Mg, Fe, Zn, ve klorofil miktarlarını belirlemek için ölçülen yansıma değerleri ile analiz sonuçları arasında r^2 değerlerinin sırasıyla 0.99, 0.68, 0.94, 0.92 ve 0.98 olarak bulunduğu, P, K, Ca, Cu ve Mn için ise 0.97, 0.99, 0.71, 0.92 ve 0.99 olarak belirlendiği ifade edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada farklı açılara sahip foreoptik mercekler ile bitki probu kullanımına ilişkin tercihler de tartışmaya açılmıştır (Başayığı vd 2008).

Yem bitkilerinin kimyasal kompozisyonunun belirlenmesinde de yakın kızıl ötesi bölgede yansıma ölçüm yöntemi (NIR) kullanılabilir (Shenk vd 1979). Çalışmalarda yem bitkilerinin protein, selüloz ve lignin gibi kimyasal öğelerinin kesin olarak tahmin edilebildiği bildirilmektedir (Norris vd 1976, Mündel ve Schaalje 1988, Fairbrother ve Brink 1990, Martinello vd 1997). Son dönemlerde araştırmacılar spektrometrik ölçümlerle yem bitkilerinde kalitenin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapmaktadır (Shenk ve Westerhaus 1994). Spektrometrik ölçümlerde bitki yeşil alanından olan yansıma (canopy reflectance) görülebilir (400-700 nm) ve yakın kızılötesi (700-900 nm) dalga boylarında birincil olarak klorofil ve yaprak hücre yapısına bağlılığı, bu nedenle belirtilen dalga boyunda bitkideki ham protein, NDF ve ADF içeriğindeki değişimler bitki yeşil alanından olan yansıma (canopy reflectance) verileri ile ölçülebilmektedir (Penuelas ve Filella 1998). Nitekim taşınabilir arazi spektrometreleri (Hand-Held spectroradiometer) kullanarak bitki yeşil alanından olan yansıma (canopy reflectance) değerleri ile bitki bioması ve azot içeriği arasındaki ilişkiler, mera ıslahı için görülebilir bölgede ölçülen yansıma değerlerinin kullanılabilir olduğu bildirilmiştir (Richardson vd 1983). Bu çalışmalarda görülebilir dalga boylarının kullanımına yönelik uygulamaları başlatmıştır. Ayrıca yem bitkilerinde kalitenin esas öğesini oluşturan azot ve klorofilin kimyasal analiz yapılmadan belirlenebilirliği ortaya konmuştur. Manda otu bitkisinde, 500 ve 550 nm’de ölçülen yansıma değerleri ile yapraktaki azot ve klorofil konsantrasyonu arasında çok önemli ilişkinin olduğu tespit edilmiştir (Everitt vd 1985). Benzer sonuçlar farklı bitkiler kullanılarak farklı dalga boylarında elde edilmiştir. İngiliz çiminde, 690- 740 nm’lik dalga boyunda belirlenen yansıma (canopy reflectance) değeri ile azot ve klorofil konsantrasyonu arasındaki ilişki ortaya konulmuş, azot ve toplam azot konsantrasyonunun tahmin edilebilmesinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Lamb vd 2002). Bu çalışmalarda yalnızca azot ve klorofil içeriğine yoğunlaşmamış, aynı zamanda ADF ve NDF’in belirlenmesine de çalışılmıştır. 368-1100 nm’lik dalga boyunda ölçülen yansıma değerleri ile köpekdişi merasının ADF, NDF ve N içerikleri arasında yakın ve doğrusal bir ilişkinin olduğu belirtilmiştir (Starks vd 2006a).

Belirtilen çalışmalardan farklı olarak, 3 farklı köpekdişi merasında canopy reflectance ve bitkinin ham protein, ADF ve NDF içeriği arasındaki ilişkinin belirlendiği çalışmanın sonucuna göre, ADF ve NDF değerleri ile canopy reflectance arasında düşük

bir ilişkinin olduğu buna karşın ham protein içeriği ile canopy reflectance arasında çok önemli bir ilişkinin bulunduğu bildirilmiştir (Starks vd 2006b) Buna karşın, yakın kızıl ötesi bölgede alınan yansıma değerleri ile ak üçgülün kül, ham protein oranı, NDF, ADF ve ADL değerleri arasındaki belirtme katsayıları sırasıyla, % 95, % 97, % 97, % 96 ve % 88 olarak bulunmuştur (Berardo 1997). Mera bitkilerinin N, Ca, Mg, P ve K içerikleri ile yansıma değerleri arasındaki ilişkide ise belirtme katsayıları sırasıyla, % 73, % 67, % 77, % 17 ve % 33 olarak bulunmuştur (Mutanga vd 2005). Tüylü meyveli fiğde farklı dozlarda azotlu gübre uygulanarak N, P, K içeriğinin yakın kızıl ötesi spektrometrik yöntemlerle belirlenmesinde ölçülen ve tahmin edilen regresyon değerlerinin 0.935, 0.797 ve 8.884 olarak belirlendiği ve tarla koşullarında bitkiye zarar vermeden yüksek doğrulukla tahmin edilebildiği rapor edilmiştir (Albayrak vd 2007). Blackmer vd (1996) mısırdaki N stresini belirlemek için görünür bölgede 550-600 nm aralığını, infrared banda 800-900 nm aralığının kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Stone vd (1996) yaptığı çalışmada, bitkide toplam azotun spektral radyans ölçümleriyle kırmızıda 671 nm'de ve NIR bölgede 780 nm dalga boyunda belirlenebileceği sonucuna varmıştır.

Al-Abbas vd (1974) yaptığı çalışmada 830, 940 ve 1100 nm'lerde mısır yaprağında fosfor ve kalsiyumdaki eksikliği düşük absorpsiyon ile belirlerken yine aynı dalga boylarındaki yüksek absorpsiyon oranları ile kükürt, magnezyum, potasyum ve azottaki eksiklik hakkında yorum yapılabileceğini belirtmiştir.

Sembiring vd (1998) çalışmalarında, bermuda çiminin fosfor alınımları hakkındaki indikasyonların en iyi 435nm'deki eşdeğişken faktörleri kullanarak, 695/405 nm oranında bulunduğunu belirtmişlerdir.

Salisbury ve Ross (1978), antosiyaninin kırmızı bölgede güçlü absorpsiyon yaptığını, mavi ve yeşil bölgeyi ise reflektans bölgesi olarak belirtmişlerdir. Aynı zamanda N stresi spektrumun yeşil ve kırmızı bölgelerinde belirlenir iken, P stresi en iyi mavi bölgede 440 ve 445 nm'de ve NIR bölgede 730 ve 930 nm'lerde belirlendiğini, yaptıkları çalışmada belirtmişlerdir.

Mavi dalga boyundaki absorbands genellikle karatenoid varlığı ile örtüşür dolayısıyla klorofil konsantrasyonu ile ilişkilendirilmez, maksimum kırmızı absorbands 660-680 nm arasındadır ve klorofil konsantrasyonu ile düşük bir ilişkiye sahiptir. Klorofil konsantrasyonunu en açık biçimde 550 nm veya 700 nm de belirlenebilir. Aynı zamanda 550 ve 660 nm aralığı yaprak azot içeriği ile yüksek korelasyon gösterir. 550 nm de maksimum reflektans veren yaprak spektrası 660 nm çevresinde minimum yansıma verir (Antonia vd 2002).

İşte yukarıdaki bu hususlardan hareket eden araştırmacılardan Smart vd (2007), üzümdeki potasyum yetersizliği belirtilerini 350-2500 nm dalga boyu aralığında algılama yapabilen spektrodymetre kullanılarak, bitki yapraklarında klorofil-*b* ve potasyum noksanlık semptomlarının spektral yansıma karakteristiklerini incelemiş ve 495 nm ve özellikle klorofil-*b* için de 625 nm'lik görünür bölgedeki reflektansların, potasyum emilimi için karakteristik olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Yine Dury ve Turner (2001) tarafından yürütülen bir çalışmada, okaliptüs bitkisinde azot, fosfor ve potasyum besin düzeylerinin spektral yansıma karakterleri üzerine olan etkileri araştırılmış ve 400-2500 nm dalga boyu aralığında algılama yapabilen spektrodymetrenin kullanıldığı bu çalışma sonucunda bitkinin en iyi yansıma değerlerine potasyum için 1190 nm dalga boyu aralığında, azot ve fosfor için ise birbirine çok yakın olan 700-750 nm dalga boyu aralığında ulaştığı tespit edilmiştir.

Buradan da görüleceği üzere uzaktan algılama teknolojisi potasyum yönetimi için de önemli yenilikler sunmaktadır.

Nitekim Sönmez ve Sarı (2008) de yaptıkları çalışmada, portakal ağaçlarının toplam klorofil içerikleri ile kanopi reflektansları arasındaki ilişkilerden yararlanılarak, bitkilerdeki çeşitli biyokimyasal değişimlerin ve taç özelliklerinin uzaktan algılama teknikleri ile belirlenmesinde en uygun büyüme ve gelişme döneminin saptanması amaçlanmıştır. Fizyolojik dönemler esas alınarak, taşınabilir el spektrodymetresi ile 450-900 nm dalga boyu aralığında yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, farklı yaşlardaki portakal ağaçlarının biyokimyasal değişimlerinin ve taç özelliklerinin çeşitli uzaktan algılama teknikleri ile araştırılmasında en uygun dönemin meyve olum dönemi olduğu sonucuna varılmıştır.

Karimi vd (2005) ise, bitkideki N noksanlığını belirlemek üzere 350-2500 nm dalga boyu aralığında algılama yapabilen spektrometre kullanmışlar ve su ve azot stresindeki mısır bitkisinin söz konusu bu dalga boyu aralıklarının uygun olanlarında %95’lik doğruluk oranına ulaşılabileceğini bildirmişlerdir.

Diğer taraftan Silva vd (2005)’da buğday bitkisinin yapraklarındaki azot, fosfor ve potasyum yetersizliklerinin spektral yansıma karakteristiklerinden yola çıkılarak belirlenmesini araştırmışlar ve farklı besin konsantrasyonları ortamlarındaki klorofil noksanlık semptomlarının 280 - 1100 nm dalga boyu aralığında algılama yapabilen spektrometre ile belirlenebileceğini ifade etmişlerdir.

Zhang, Qin, Liu ve Ustin (2003) de domatesteki küf hastalığından kaynaklı stres etkilerinin görünür bölgeden çok 700-1300 nm değerleri arasında NIR bölgede daha iyi anlaşıldığını çalışmalarında vurgulayıp çeşitli indisler geliştirmişlerdir.

Blackburn (1998) *Pteridium aquilinum* eğreltiotlarında fotosentetik pigment konsantrasyonlarını kullanarak spektral indisler geliştirmiştir ve karotenoid için 470 nm, klorofil b için 635 nm ve klorofil a için 680 nm olarak pigment değerlendirilmesi için optimum özellikli dalga boylarını teşhis etmişlerdir.

Fernandez (1994) yaptığı çalışmada, azot stresine girmiş domates bitkisinin uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenip belirlenemeyeceğini araştırmışlar ve araştırmacılar, azota hassasiyetin en iyi 550 nm ve 600 nm dalga boyları arasındaki enerjinin kullanılması ile belirlendiğini ifade etmişlerdir. Yine aynı çalışmada, aynı dalga boyları arasında klorofil konsantrasyonunun azot konsantrasyonu ile yüksek korelasyon gösterdiğini belirleyip ifade etmişlerdir.

Yukarıdaki örneklerden de anlaşılacağı üzere, yakın bir geçmişte başlamış ve oldukça da önemli sonuçlar elde edilmiş olmakla birlikte, konu ile ilgili mevcut çalışmalar, henüz yeteri bir olgunluğa ulaşamamış ve bu güne kadar elde edilmiş olan sonuçlar, uygulama-kullanılabilirlik yönünden güvenilir bir zemine henüz taşınamamıştır.

Farklı besin elementleri için yukarıda verilmiş olan tüm açıklamalardan da anlaşılacağı üzere, sağlıklı ve güvenilir bir bitkisel üretim için bitkilerin beslenme koşullarının zamana bağlı olarak izlenmesi gerekmektedir. Nitekim, Bunun bir diğer anlamı,

domates bitkisinin yetiştirilme süresi boyunca yukarıdaki optimumlarda meydana gelebilecek değişimlerin her birisi, öncelikle bitki (domates) sağlığı ve daha sonra da bu ürünü tüketen insanların sağlığı açısından çeşitli olumsuzlukların ortaya çıkması demektir. Bu nedenle tüm tarımsal ürünlerde olduğu gibi domates bitkisinin de tüm vejetatif ve generatif yaşam süreçleri boyunca beslenme koşulları yönünden izlenmesi zorunluluğu bulunmaktadır.

Buraya kadar yapılan açıklamalar dikkate alındığında, ideal bir domates tarımı için “bitki beslenmesinin ve sağlığının” sürekli kontrol altında tutulması gerektiği çok açıktır. Daha önce de ifade edildiği üzere günümüzde, bitkilerdeki besin elementi noksanlık ve/veya fazlalıklarının belirlenmesinde ve/veya kontrol altında tutulmasında klasik laboratuvar testleri yerine, çeşitli hususlarda daha etkin olabileceği yönünde bazı önemli işaretleri alınmış olan yeni teknik ve teknolojiler (örneğin Uzaktan Algılama) kullanılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda, domates bitkisinin vejetatif ve generatif gelişiminde ve ayrıca fotosentez aktivitesindeki öncelikli etkileri nedeniyle söz konusu bu araştırmada, domates bitkisinin Azot (N), Fosfor (P), Potasyum (K), Demir (Fe) ve Magnezyum (Mg) beslenmesinin Uzaktan Algılama yöntemleri ile belirlenmesi ve/veya izlenmesi konusu esas alınmıştır.

3. MATERYAL ve METOD

Bu bölümde araştırmada kullanılan materyaller ile arazi ve laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. Materyal

Bu araştırma, Akdeniz Üniversitesi Tohumculuk Araştırma ve Uygulama Merkezine ait ısıtmasız cam serada 25 kg lık saksılarda fide dikimi ile yürütülmüştür.

3.1.1. Toprak materyali

Yetiştirme ortamı olarak, sebze üretiminde de üstün özellikleri bulunan Kırmızı Akdeniz Toprakları seçilmiştir ve deneme, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Arazisinde, üzerinde daha önce tarımsal faaliyetin yapılmadığı ‘Korkuluk’ serisinden alınan topraklarda yürütülmüştür. Kireç taşları ve bitki dokulu traverten ana materyalinin ardalandığı bölgelerde yayılımı gösteren korkuluk serisi,

yerleşke alanının en yaşlı topraklarını kapsamaktadır. Üst horizonunun erozyonlarla taşındığı ve üzerlerinin akıntı bölgelerinden gelen toprak materyali örtüldüğü yapılan profil çalışmaları sonucunda bulunmuştur ve orijinal toprak profilinin korunduğu bölgelerde ise solum çok az kireçli ya da kireçsiz ve % 60-70 oranında kil içerdiği belirlenmiştir. Kampus alanındaki tarımsal faaliyetlerde ve keza Antalya seracılığında da önemli bir yeri olan bu topraklar, araziden alınarak ve besin içerikleri laboratuvar koşullarında belirlendikten (Bkz. Çizelge 3.2.) ve bilahare dezenfekte edildikten sonra hava kuru olarak saksılara konulmuştur. Tüm deneme saksılarındaki topraklar, fide dikiminden önce agregasyon stabilitesinin oluşması amacıyla önce aynı miktarda sulanmış ve sonra ideal tav koşullarına ulaşmaları beklenmiştir. Tav koşulları oluştuğunda da deneme materyali olan domates fideleri dikilmiştir.

Çizelge 3.1. Korkuluk serisi örnek toprak profilinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (Sarı 1993).

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (%)	KDK (me/100gr)	Kireç (%)	Org. Mad. (%)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Porozite (%)	Bünye
A1	0-6	7.6	0.01	36.9	4.0	5.19	1.18	59.45	C
AB	6-15	7.3	0.01	35.6	1.6	3.65	1.13	56.95	C
Bt	15-46	7.2	0.02	32.6	1.6	1.62	1.32	49.88	C

Çizelge 3.2. Tez kapsamında elde edilmiş olan Korkuluk serisi toprak analizi sonuçları

Parametre	Metod	Sonuç	Yeterlik Durumu
N (%)	Kjeldahl	0.09	Yeterli
P (ppm)	Olsen	3.15	Yeterli

K (ppm)	A-Asetat	195	Düşük
Ca (ppm)	A-Asetat	5770	Yüksek
Mg (ppm)	A-Asetat	126	Yeterli
Zn (ppm)	DTPA	0.23	Noksan
Fe (ppm)	DTPA	1.10	Noksan
Cu (ppm)	DTPA	0.39	Yeterli
Mn (ppm)	DTPA	4.80	Yeterli
pH (1:2.5 su)		7.68	Hafif alkali
EC (dS/m)		0.06	Tuzsuz
Kireç (%)		4	Kireçli
Tekstür Ortam	Sature	Kil (C)	

3.1.2. Bitkisel üretim materyali

Antalya’da iç ve dış satım yönündeki başarısı ve kısmen de hastalık ve zararlılara dayanıklılığı nedeniyle yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan LİNDA 200 F1 domates çeşidi kullanılmıştır. Linda, Akdeniz bölgesinde serada çift ekim yetiştiriciliğine uygun orta erkenci, yuvarlak, çok sert, kırmızı parlak 180-200 gr arasında meyve yaş ağırlığı değişen hafif basık yuvarlak düzgün şekilli meyve yapısı olan sırk bir çeşittir. Ayrıca soğuk performansı, raf ömrü yüksek, aynı zamanda kök yapısı çok kuvvetli bir çeşittir.

3.1.3. Cihaz ve ekipmanlar

Bu çalışmanın ana hattını oluşturan radyometrik okumaların yapılabilmesi amacıyla taşınabilir spektrometre kullanılmıştır. Deneme serasında yetiştirilen domates bitkilerinin spektral reflektanslarının ölçümleri, her hafta, haftanın aynı gününde ve yerel saatle 09:30 - 10:30 arasında ve dört tekerrürlü olmak üzere sözü edilen bu

spektroradyometre ye fiber optik kablo ile bağlanan “leaf clip” aparatı kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 3.3. FieldSpec HandHeld teknik özellikleri tablosu (Anonim i)

Teknik Özellikler	FieldSpec HandHeld
Spektral Aralık	325 – 1075 nm
Spektral Çözünürlük	700 nm de 3.5 nm
Örnekleme Aralığı	325 – 1075 nm de 1.6 nm
Veri Toplama Hızı (gün ışığında)	0.7 spectra/saniye
Dedektörler	Bir 512 madde Si fotodiyot dizisi 325 - 1075 nm
Input	Sabit 25 derecelik görüş açısı
Kalibrasyon	Dalgaboyu, yansıtım, parlaklık
Noise Eguivalent Radiance	700 nm de UV/VNIR 5.0×10^{-9} W/ cm ² /nm/ sr

Her bir spektral adım 1.6 nm dir. Radyometrenin dalga boyu doğruluğu ± 1 nm dir. Spektroradyometre 512 kanalda topladığı 16 bit’lik analog veriyi sayısal hale dönüştürmektedir.

Çizelge 3.4. Deneme boyunca seradaki radyometrik okuma periyodu

Denemede Esas Alınan Fیزیyolojik Dönemler	Bahar Yetiştiricilik Dönemi Radyometrik Okuma Periyodu		Güz Yetiştiricilik Dönemi Radyometrik Okuma Periyodu	
Fidenin saksılara şaşırtılması	27 Mart		3 Eylül	
Gübre uygulamasının başlangıcı	9 Nisan		15 Eylül	
Çiçeklenme Dönemi	1.okuma	16 Nisan	1.okuma	21 Eylül
	2.okuma	23 Nisan	2.okuma	28 Eylül

	3.okuma	30 Nisan	3.okuma	5 Ekim
	4.okuma	7 Mayıs	4.okuma	12 Ekim
Meyve Tutum Dönemi	1.okuma	14 Mayıs	1.okuma	19 Ekim
	2.okuma	21 Mayıs	2.okuma	26 Ekim
	3.okuma	28 Mayıs	3.okuma	2 Kasım
	4.okuma	4 Haziran	4.okuma	9 Kasım
Hasat Dönemi	1.okuma	11 Haziran	1.okuma	16 Kasım
	2.okuma	18 Haziran	2.okuma	23 Kasım
	3.okuma	25 Haziran	3.okuma	30 Kasım
	4.okuma	2 Temmuz	4.okuma	7 Aralık

3.1.4. Denemede kullanılan suyun özellikleri

Araştırmada kullanılan su Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bölümü Laboratuvarı saf su cihazından sağlanmıştır. Denemede EC bazlı gübreleme yapılmış olup, gübreleme terkibi fizyolojik dönemlerine göre artan EC dozları (1.2-1.5-2.0-2.5 ve 3.5 mmhos/cm) uygulanmıştır (Ezarug vd 1980, Papadopoulos 1991, Eltez 2002).

3.1.5. Kimyasal gübre materyali

Yürütülmüş olan denemelerde kimyasal gübre olarak Amonyum nitrat (33:0:0); MAP (12:61:0), MKP (0:52:34), Fosforik asit (% 85); Potasyum nitrat (13:0:46), Potasyum sülfat (0:0:50); Magnezyum sülfat (% 16) ve Fe-EDDHA (% 6) ticari gübreler kullanılmıştır.

3.1.6. Deneme alanı iklim özellikleri

Araştırma alanı Akdeniz iklimi özelliklerini taşımaktadır. Antalya Meteoroloji Bölge İstasyonundan alınan ve deneme süresini kapsayan iklim verileri Çizelge 3.4.'de verilmiştir (Anonim 2011).

Çizelge 3.5. Antalya ili 2009 yılı deneme aylarına ait bazı önemli iklim verileri

Deneme Süreci	Max. Sıcaklık (°C)	Min. Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Nispi Nem (%)
---------------	--------------------	--------------------	------------------------	------------------------

Nisan 2009	16.88	5.18	11.00	62.58
Mayıs 2009	21.41	7.97	15.06	61.37
Haziran 2009	30.32	12.87	22.98	47.47
Eylül 2009	25.21	10.91	18.00	57.30
Ekim 2009	22.34	8.55	15.14	62.90
Kasım 2009	14.50	2.15	7.58	71.52
Aralık 2009	9.93	2.37	5.76	81.03

3.2. Metod

Uygulama, Akdeniz Üniversitesi Tohumculuk Araştırma Merkezine bağlı ısıtmasız cam, A tipi çatılı bir serada yapılmıştır. Toprak, drenaj sorunu olmayan, organik madde düzeyi % 3,65 olan killi bir bünyeye sahiptir. Tohum, bölgede kullanılan LİNDA F1 domates çeşididir. Bu çeşit *Fusarium* spp., *Verticillium* ve Tütün Mozaik Virüsü hastalıklarına dayanıklı, orta erkenci bir çeşittir. Döl araları sık, salkımda meyve ortalama 5-6 adettir. Ortalama meyve ağırlığı 130-160 gr'dır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanan çalışma, her beş besin elementi (N, P, K, Mg, Fe) birbirinden bağımsız olacak şekilde 4 tekerrürlü, kontrol yani optimum dozları dahil 4 farklı doz ve tek bir bitki çeşidi olacak şekilde kurulmuştur. Denemede her element için 4 farklı doz x 4 tekerrür x 1 bitki çeşidi = 16 adet saksı olacak, toplamda da bir element için 16 saksı x 5 element = 80 saksı ile deneme yürütülmüştür. Denemede '0', 'min' ve 'max' uygulamalarının bitkileri ile günümüzün kabul görmüş ve bilinen standart beslenme koşullarında sağlıklı olarak yetiştirilecek olan 'opt' (optimum) dozdaki kontrol bitkileri arasında kıyaslama yapılarak deneme yürütülmüştür. Söz konusu bu deneme, art arda iki dönemde Eylül-Aralık 2009 (güz dönemi), Nisan-Haziran 2009 (bahar dönemi) tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Mineral Gübre, damla sulama sistemiyle verilebilen mineral azot, fosfor ve potasyum formülasyonlarıdır. Fosfor uygulaması dikimin ikinci haftasından itibaren 6 haftada, azot ve potasyum uygulaması ise dikimin ikinci haftasından itibaren 12 hafta içerisinde tamamlanmıştır. Fide yetiştirme ortamı olarak sera içerisine özel olarak hazırlanmış, yanları ve üstü ineknet ile kapatılarak sera içinde mini bir sera ortamı sağlanmıştır. Hazırlanan bu ortama her biri 1 adet fide yetiştirmeyi sağlayan 25 lt lik saksılar yerleştirilmiş, sonra her bir saksıya 1 fide gelecek şekilde tek tek dikilmişlerdir.

Hastalık ve zararlılar için kültürel önlemler alınmış kontrol için pestisit uygulaması yapılmış ancak çiçeklere BGD (Bitki Gelişimi Düzenleyici) kullanımını gerektirecek ortam oluşmamıştır. Dikimden itibaren düzenli aralıklarla boyları ölçülmüş, gelişmeler sürekli not edilerek fenolojik gözlemler bölümüne işlenmiştir. Analiz için alınan yaprak ve toprak örnekleri uygun şartlarda, analiz yerlerine ulaşmıştır. Analiz için alınacak yapraklar domatesin 4 fizyolojik dönemi arasında ilk olarak; çiçeklenme dönemi ortasında tepe noktasından aşağı doğru 4. ve 5. bileşik yapraklardan, ikinci örnekleme; dönemiundan önce 2. ve 3. salkımdan bir önceki bileşik yapraklardan ve üçüncü örnekleme; hasat başlangıcının akabinde orta yaşlı yaprak olarak ifade edilen 4. veya 5. bileşik yaprak dipten makasla kesilmek suretiyle, her tekerrürdeki 4 bitkiden, toplam 10'ar bileşik yaprak alınarak N, P, K, Mg ve Fe içerikleri analiz edilmiştir.

1-Fe min	12-Fe 0	15-Mg 0	19-Mg max	22-Mg max	26-Mg 0	29-N max	33-N 0	36-N 0	40-N max
2-Fe max	11-Fe max	14-Mg max	18-Mg 0	21-Mg 0	25-Mg max	28-N 0	32-N max	35-N min	39-N 0
3-Fe 0	10-Fe min	13-Mg min	17-Mg min	20-Mg min	24-Mg min	27-N min	31-N min	34-N max	38-N min
71-Fe opt	72-Fe opt	73-Mg opt	16-Mg opt	74-Mg opt	23-Mg opt	75-N opt	30-N opt	76-N opt	37-N opt
70-Fe opt	69-Fe opt	65-K opt	80-K opt	58-K opt	79-K opt	51-P opt	78-P opt	44-P opt	77-P opt

4-Fe max	9-Fe min	66-K 0	62-K 0	59-K max	55-K min	52-P min	48-P min	45-P min	41-P max
5-Fe min	8-Fe max	67-K min	63-K max	60-K min	56-K 0	53-P max	49-P max	46-P max	42-P 0
6-Fe 0	7-Fe 0	68-K max	64-K min	61-K 0	57-K max	54-P 0	50-P 0	47-P 0	43-P min

K ↔ G

Şekil 3.1. I. Dönem deneme deseninin genel görünüşü

1-Fe max	14-Fe 0	15-Mg 0	21-Mg max	22-Mg 0	28-Mg 0	29-N 0	35-N min	36-N min	41-N 0
2-Fe min	13-Fe max	16-Mg min	20-Mg 0	23-Mg min	27-Mg max	30-N min	34-N max	37-N 0	40-N min
3-Fe 0	12-Fe min	17-Mg max	19-Mg min	24-Mg max	26-Mg min	31-N max	33-N 0	38-N max	39-N max
70-Fe opt	11-Fe opt	18-Mg opt	71-Mg opt	25-Mg opt	72-Mg opt	32-N opt	73-N opt	74-N opt	80-N opt
69-Fe opt	7-Fe opt	65-K opt	79-K opt	58-K opt	78-K opt	51-P opt	77-P opt	76-P opt	75-P opt
4-Fe max	10-Fe max	68-K 0	62-K min	61-K 0	55-K 0	54-P 0	48-P 0	47-P 0	42-P 0
5-Fe min	9-Fe 0	67-K min	63-K 0	60-K max	56-K min	53-P max	49-P min	46-P max	43-P min
6-Fe 0	8-Fe min	66-K max	64-K max	59-K min	57-K max	52-P min	50-P max	45-P min	44-P max

K ↔ G

Şekil 3.2. II. Dönem deneme deseninin genel görünüşü

İki dönem olarak yürütülecek denemede, her bir element için optimum doz dahil, 4 farklı uygulama dozu şeklinde 4 tekerrürlü olarak tatbik edilecektir. Azot için; 0 kg/da, 15 kg/da, 30kg/da, 60 kg/da, fosfor için; 0 kg/da, 10 kg/da, 20 kg/da, 40 kg/da, potasyum için; 0 kg/da, 30 kg/da, 60 kg/da, 120 kg/da, magnezyum için; 0 kg/da, 3,5 kg/da, 7 kg/da, 14 kg/da ve demir için de; 0 mg/saksı, 75 mg/saksı, 150 mg/saksı, 300 mg/saksı olarak uygulanmıştır. Bu gübrelere azotun % 33'ü, fosforun % 75'i ve potasyumun % 25'i kontrol bitkilerine taban gübresi olarak ekimden önce kalan yarısı da bitkinin fizyolojik gelişim dönemleri ihtiyacına paralel olarak uygulanmıştır.

Çizelge 3.6. Denemede kullanılan gübreleme terkibi

Deneme Deseni	N kg/da	P ₂ O ₅ kg/da	K ₂ O kg/da	Mg kg/da	Fe mg/saksı
N 0 saksısı	0	20	60	7	150
N min	15	20	60	7	150
N opt	30	20	60	7	150
N max	60	20	60	7	150
P 0 saksısı	30	0	60	7	150
P min	30	10	60	7	150
P opt	30	20	60	7	150
P max	30	40	60	7	150
K 0 saksısı	30	20	0	7	150
K min	30	20	30	7	150
K opt	30	20	60	7	150
K max	30	20	120	7	150
Mg 0 saksısı	30	20	60	0	150
Mg min	30	20	60	3,5	150
Mg opt	30	20	60	7	150
Mg max	30	20	60	14	150
Fe 0 saksısı	30	20	60	7	0
Fe min	30	20	60	7	75
Fe opt	30	20	60	7	150
Fe max	30	20	60	7	300

Çiftçi şartlarında örtü altı domates yetiştiriciliğinde yaklaşık 8 ile 20 ton verim elde edildiği noktasından hareketle, bu çalışmada ortalama verim değeri olarak 12 ton/da domates üretimi esas alınmıştır. Bu nedenle optimum gübreleme dozları (Koske vd 1914, Çolakoglu 1985, İsmail 1985) olarak seçilmiş olan 30 kg/da N, 20 kg/da P₂O₅, 60 kg/da K₂O da söz konusu bu verim esas alınarak literatüre dayalı olarak belirlenmiştir.

Deneme bitkilerinin enerji kullanımları, taşınabilir spektrometre ile haftada bir kere ve her bitkinin orta yaşlı olgun yapraklarından dört tekerrürlü olarak yapılacak olan spektral yansıma ölçümleri ile belirlenmiştir. Diğer taraftan domates bitkisinin 5

fizyolojik (genç fide, çiçeklenme, meyve tutumu ve hasat) döneminin ortalarına doğru olmak üzere 3 kez tüm deneme bitkilerinden yeteri miktarda yaprak örneği toplanarak bunlar üzerinde azot, fosfor, potasyum, magnezyum, demir ve klorofil analizleri yapılmak suretiyle bitkilerin besin maddesi içerikleri belirlenmiştir. Spektral yansıma ölçümlerinde 325-1075 nm dalga boyu aralıklarına duyarlı olan ASD FieldSpec UV/VNIR taşınabilir spektrometre cihazı ve bu cihazın “leaf clip” aparatı kullanılmıştır. Spektral reflektans değerlendirmeleri ise 400-700 nm arasındaki görülebilir dalga boyu ve 700-1075 nm arasındaki yakın kızılötesi dalga boyu aralığında yapılmıştır.



3.2.1. Laboratuvar çalışmalarında uygulanan metotlar

3.2.1.1. Toprak analiz yöntemleri

Sera ortamında saksı denemesi olarak yürütülen denemede, toprak örnekleri Chapman vd (1961) bildirdiği esaslara göre saksıyı temsil edecek şekilde alınmıştır. Toprak örnekleri laboratuvar ortamında hava kurusu hale getirildikten sonra Chapman vd. (1961) bildirdiği esaslara uygun olarak analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinin analizinde kullanılan metotlar aşağıda verilmiştir.

A. Toprak bünyesi: Bouyoucos (1955) tarafından bildirilen esaslara göre, hidrometre yöntemiyle yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre bünye sınıflarının belirlenmesinde, toprak bünyesi sınıflandırma üçgeninden yararlanılmıştır (Black 1957).

B. Toprak reaksiyonu: Analize hazırlanmış olan toprak örneklerinin pH'ları 1:2.5 toprak-su karışımında ölçülmüştür (Jackson 1967). Sınıflandırılmaları ise Kellog (1952)'a göre yapılmıştır.

C. Elektriksel iletkenlik (EC): Toprak EC değerleri 1:2.5 toprak-su karışımında belirlenmiştir (Anonymous 1982). Sınıflandırılmaları ise Soil Survey Staff (1951)'a göre yapılmıştır.

D. Kireç (CaCO_3): Toprak örneklerinde CaCO_3 içerikleri Scheibler kalsimetresi ile ölçülerek, sonuçlar % CaCO_3 olarak hesaplanmıştır (Çağlar 1949). Toprakların % CaCO_3 içerikleri Aereboe ve Falke'ye göre sınıflandırılmıştır (Evliya 1964).

E. Organik madde: Modifiye Walkley-Black metoduna göre tayin edilmiştir (Black 1965). Sınıflandırılmaları ise Thun vd. 'ne (1955) göre yapılmıştır.

F. Toplam Azot: Modifiye Kjeldahl metoduna göre tayin edilerek (Kacar 1995); sonuçlar % olarak verilmiştir. Sınıflandırılmaları ise Loue'e (1968) göre yapılmıştır.

G. Alınabilir Fosfor: Toprakların alınabilir fosfor miktarları Olsen ve Sommers'ın (1982) bildirdiği Olsen metoduna göre belirlenerek, ICP-AES Varian (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak okunmuştur. Sonuçlar ppm olarak verilmiş olup, Olsen ve Sommers'a (1982) göre sınıflandırılmışlardır.

H. Değişebilir Potasyum, Magnezyum: Toprakların ekstraksiyonunda 1N Amonyum Asetat (pH:7) metodu Kacar (1995) tarafından bildirildiği şekilde uygulanmıştır. Ekstraksiyondaki potasyum, kalsiyum ve magnezyum atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar me/100g olarak verilmiş olup, sınıflandırılmaları Pizer'e (1967) göre yapılmıştır.

İ. Alınabilir Demir: DTPA ekstraksiyonu yolu (Lindsay ve Norvell 1978) ile elde edilen süzükte demir atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar ppm olarak verilmiş olup, sınıflandırılmaları Lindsay ve Norvell'e (1978) göre yapılmıştır.

3.2.2.2. Bitki analiz yöntemleri

Belirlenen fizyolojik dönemler arasında alınan yaprak örnekleri delikli plastik torbalara konulmuş ve en kısa surede laboratuara getirilmiştir. Domates denemesinde her saksıdan alınan yaprak örnekleri önce musluk suyundan daha sonra 3 defa saf sudan geçirilmiştir ve 65°C'ye ayarlı kurutma dolaplarında son iki tartım sabit kalıncaya kadar kurutulmuştur ve bitki öğütme değirmeninde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal 2008)

A. Azot: Kurutulup öğütülen bitki örneklerinde azot tayini modifiye Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır, sonuçlar % olarak verilmiştir (Kacar ve İnal 2008). Sınıflandırılmaları ise Alpaslan vd.'ne (2004) göre yapılmıştır.

B. Fosfor: Kacar ve İnal'ın (2008) bildirdiği şekilde yas yakılması metodu ile elde edilen süzükte fosfor, Spektrofotometrede ölçülerek belirlenmiş, sonuçlar % olarak verilmiştir. Sınıflandırılmaları ise Alpaslan vd.'ne (2004) göre yapılmıştır.

C. Potasyum, Magnezyum ve Demir:

Yas yakma metodu (Kacar ve İnal 2008) ile elde edilen süzükte potasyum, magnezyum ve demir miktarları ICP-AES Varian (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar K ve Mg için kuru maddede %; Fe için ise kuru maddede ppm olarak verilmiştir. Sınıflandırılmaları ise Alpaslan vd.'ne (2004) göre yapılmıştır.

D. Toplam klorofil içeriği:

Her bitkiden alınan taze yaprak örneklerinin orta kısmından toplam 0,25 gr örnek alınmış ve bunun üzerine spatulanın ucu ile CaCO₃ ilave edildikten sonra üzerine 25 ml aseton konularak 3-4 dakika homogenizatorde parçalanmıştır.

Daha sonra elde edilen çözelti 50 ml'lik balon jojeye aktarılmış ve asetonla 50 ml'ye tamamlanıp elle iyice çalkalanmıştır. Bu örneğin 15 ml'si filtre kâğıdından geçirilerek süzölmüştür. Spektro küvetine, süzölen çözeltiden konup klorofil-*a* için 663 nm dalga boyunda, klorofil-*b* için 645 nm dalga boyunda spektrofotometrede okuma yapılmıştır. Daha sonra ölçölen değöerler 20.2 sabiti ile çarpılarak klorofil-*a* ve klorofil-*b* değöerleri mg/g olarak hesaplanmıştır. Analiz sırasında tüm işlemler yarı gölgede yapılmıştır (Williams 1984).

3.2.1. İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Deneme sonucunda elde edilen değışken parametrik değöerler, SPSS istatistik programlarıyla varyans analizi yapılmak suretiyle LSD testine tabi tutulan denemede öngörölen (besin maddelerinin farklı konsantrasyonları, farklı klorofil içöerikleri ve farklı reflektans değöerleri) bu değışkenlerin olası ilişkileri belirlenmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde, deneme bitkisi olan domatesin farklı beslenme koşulları altında oluşturmuş oldukları klorofil miktarları ile aynı koşullardaki enerji kullanım düzeylerinin nasıl ve ne şekilde olduğu ile ilgili bulgulara yer verilmiş olup söz konusu bu bulgular, ulusal ve uluslar arası diğöer çalışmalardan elde edilmiş olan diğöer çalışmalardaki sonuçlar da dikkate alınarak yorumlanmış, tartışılmış ve değöerlendirilmiştir. Buna göre;

Çok genel anlamda bitkilerin fotosentez amacıyla kullandıkları enerjinin uzaktan algılama bilim ve teknolojisi kapsamında belirlenmesi ya da değöerlendirmesinde, bitki

yaprakları tarafından kullanılmayarak yansıtılan enerji kullanılmaktadır. Yansıtılan enerji miktarının farklı dalga boyu aralıklarındaki artan ya da azalan miktarları ise uzaktan algılama bilim dalında bitki sağlığı ya da fotosentez aktivitesinin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bitkiler tarafından kullanılan (veya yansıtılan) söz konusu bu enerji ise elektromanyetik spektrum (EMS) içerisindeki tanımlı yapılmış olan farklı özelliklerdeki enerji boyutlarıdır. Bitkiler, elektromanyetik spektrumun görülebilir dalga boyu bölgesi olarak tanımlanmış olan enerji basamaklarını fotosentezde kullanılırken, infrared dalga boyu aralıklarını ve özellikle yakın infrared olarak tanımlanan enerjiyi ise fotosentez ürünlerini ve hücre yapılarını tahrip ettiği için geri yansıtırlar (Grant 1987, Maktav ve Sunar 1992).

Uzaktan algılama teknolojisinde yukarıda sözü edilen bu görülebilir enerji alanı, multispektral yaklaşımda 3 (mavi-yeşil-kırmızı dalga boyu) ve hiperspektral yaklaşımda da 3'den daha fazla dalga boyu aralıklarına bölünerek incelenmesi eğilimi bulunmaktadır. Söz konusu bu eğilim, reflektans ölçümlerinde kullanılan cihazların algılama-ayrıt etme (spektral çözünürlük) kapasitelerine bağlıdır. Keza, infrared olarak tanımlanan elektromanyetik enerji ise yukarıdakine benzer şekilde multispektral çalışmalarda yine 3'e (yakın-orta-uzak infrared dalga boyu) ayrılarak, hiperspektral çalışmalarda da 3'den fazla dilimlere ayrılarak incelenmesi yaygınlaşmış bir kullanım biçimidir. Yine bu ayrımın detayı da ölçümlerde kullanılan cihazların kapasitesi ve hassasiyeti ile doğrudan ilişkilidir.

Yukarıdaki açıklamalar çerçevesinde domates bitkisinin görülebilir dalga boyu aralığındaki enerji absorpsiyonunun değişen düzeyleri ve keza yakın infrared dalga boyu aralığındaki enerjiyi de yansıtımalarındaki farklılıkların, beslenme koşullarıyla ilişkilendirilmesini esas alan bu araştırmada domatesin enerji kullanımı, görülebilir enerjinin ve yakın infrared enerjinin bir fonksiyonu olarak değerlendirilmiştir. Diğer bir ifadeyle deneme bitkisi olan domatesin farklı beslenme koşulları altındaki enerji kullanım düzeyleri, görülebilir enerji bölgesi ve yakın kızılötesi enerji bölgesi olmak üzere iki temel grupta incelenmiştir.

Deneme bitkilerinin farklı fizyolojik dönemlerinde farklı düzeylerde enerji kullandıkları ve kullanılan enerjinin de beslenme ve diğer çevresel koşullar ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir. Bu nedenle deneme bitkileri için Maynard ve Hochmuth (1997)'e göre farklı fizyolojik dönem tanımlamaları yapılmış (Jones 2007) ve bu kapsamında; domates bitkilerinin viollerden saksılara şaşırtıldıktan sonraki ilk iki hafta kadarki süresi **(i) genç fide dönemi** ve bu dönemden itibaren (bu dönem sona erdikten ve bitki yapraklarının büyüklüğü spektral ölçümlerin yapılabileceği büyüklüğe geldikten sonra) deneme materyalinin beslenme koşulları ile enerji kullanımları arasındaki ilişkiler incelenmeye başlanmış olup sırasıyla; **(ii) çiçeklenme**, **(iii) meyve tutum** ve nihayet **(iv) hasat dönemi** olarak tanımlanan generatif dönemin sonlandığı dönemdeki beslenme koşulları ve spektral yansıtımlar değerlendirmeye alınarak araştırma tamamlanmıştır. Söz konusu spektral ölçümlerlerin genç fide döneminin akabinde başlanmış olmasının nedeni ise domates bitkisinin ikinci haftadan itibaren kökleri vasıtasıyla toprağa tutumunun gerçekleştiği ve bununla doğru orantılı bir şekilde yaprak ayasının da leaf cilp'in kavrayacağı büyüklüğe gelerek, yansıma da sapmaların en aza indiği an olarak gözlemlenmiş olmasıdır. Diğer taraftan bu deneme, tezin "Metot" kısmında da açıklandığı üzere Nisan-Haziran 2009 ve Eylül-Kasım 2009 tarihleri arasındaki tarih-zaman dilimlerinin esas alındığı **bahar** ve **güzlük** olmak üzere iki yetiştirme döneminde gerçekleştirilmiştir ve ölçümler, her bir yetiştirme dönemde yukarıda sözü edilen dört farklı fizyolojik dönem esas alınarak yapılmıştır.

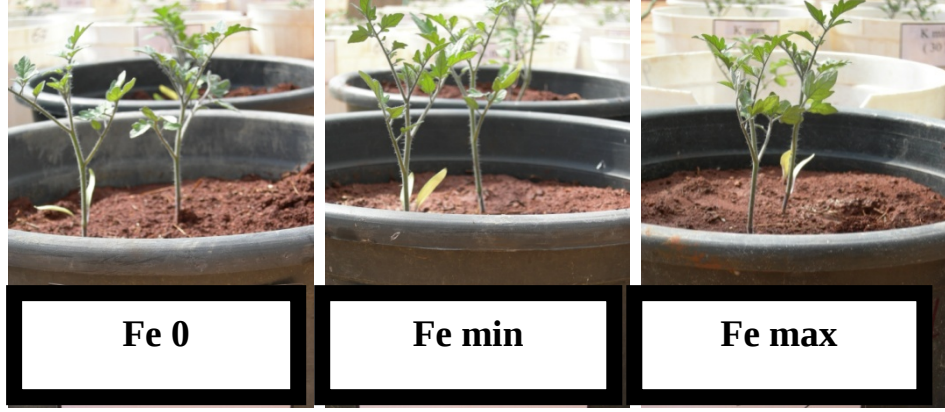
Deneme süresi boyunca beş farklı besin maddesi uygulaması ile tesadüf parselleri deneme deseni esas alınarak yetiştirilen bitkilerden taşınabilir spektrometre ile alınan spektral yansıtım değerleri, deneme materyalinin enerji kullanımları ile ilgili hususların açıklanmasında kullanılmıştır. Çalışma boyunca spektrometre ile yapılan okuma aralıklarında domatesin enerji kullanımı esnasında spektrumda oluşturduğu pik ve çukur noktalarının görünür bölgenin, 450-520 nm aralığını oluşturan mavi dalga boyunun özellikle 490-500 nm aralığında çukur, 520-600 nm aralığını oluşturan yeşil dalga boyunun özellikle 550 nm'sinde yüksek pik, 630-690 nm aralığını oluşturan kırmızı dalga boyunun özellikle 665-670 nm aralığında çukur noktası ve 760-900 nm aralığını oluşturan NIR dalga boyunun özellikle 890-900 nm aralığında her iki yetiştirme dönemi ve her üç fizyolojik süreçte de yüksek pik kaydedilmiştir.

Bu kapsamda; domates bitkisinin fizyolojik dönemlerinden biri olarak adlandırılan genç fide dönemi, tohumun çimlendikten sonra fide satış aşaması için ortalama geçirdiği 30 günlük süreçten sonra ilk gerçek beş yaprağı oluşturduğu dönemi takip eden ve şaşırtma sonrası sera ortamında geçirdiği ilave iki haftalık zaman dilimine tekabül etmektedir. Bu husus aşağıdaki “4.1” numeriği ile başlayan bölümde açıklanmıştır. Domates bitkisinin genç fide döneminden sonra gelen çiçeklenme dönemi de gelişme dönemini takip eden dört haftalık periyodu tanımlamaktadır ve “4.2” numeriği ile başlayan kısımda açıklanmıştır. Bitkinin üçüncü fizyolojik dönemi olan meyve tutum dönemi ise çiçeklenme dönemini takip eden dört haftalık zaman dilimine karşılık gelmektedir ve “4.3” numeriği ile başlayan bölümde açıklanmıştır. Meyvenin olgunlaşma dönemi olarak tanımlanan hayat döngüsünün son evresi ise hasat dönemini takip eden üç haftalık zamana karşılık gelmekte olup aşağıda “4.4” numeriği ile başlayan bölümde açıklanmıştır.

4.1. Gelişme Dönemindeki Beslenme Koşulları ile Enerji Kullanımı Arasındaki İlişkiler

Deneme materyali olarak kullanılan domates bitkileri, beslenme koşullarının deneme ortamında dengeye gelmesi amacıyla şaşırtma işleminden itibaren devam eden gelişme sürecinin üçüncü haftasına kadar sadece sulama uygulaması yapılarak yetiştirilmiştir. Bu dönem, bitkilerin beş gerçek yaprak oluşturduğu dönemi ve bu dönemi takip eden yaklaşık iki haftalık süreci (yani bahar dönemi için 27 Mart - 9 Nisan 2009, güz dönemi için 1 Eylül – 15 Eylül 2009 tarihleri arasında) kapsamaktadır. Bu dönemde deneme

bitkileri için herhangi bir gübreleme uygulaması yapılmamıştır. Üçüncü haftadan itibaren ise deneme için planlanmış olan gübreleme programı uygulanmış ve akabinde haftada bir defa ve dört tekerrürlü olarak yapılan spektoradyometrik ölçümlerin aritmetik ortalamalarının alınması ile domates bitkisinin bu dönemdeki ortalama spektral yansıma değerleri elde edilmiştir. Elde edilmiş olan spektral değerlerin incelenmesi sonucunda; spektral ölçümlerin, bu dönem ilişkilerini yansıtan değerler olarak kullanılmalarında bazı sakıncaları ortaya çıkaracağı kanaatine varılmıştır. Zira bu dönemdeki spektral ölçümlerde, literatürde verilmiş olan standart birki reflektanslarından ciddi sapmaların bulunduğu saptanmış ve bu sapmaların nedenlerinin ise deneme bitkilerinin beslenmesini yönlendirecek olan kök sistemlerinin henüz yeterince gelişmemiş olması ve bu erken dönemde oluşan yaprakların aya genişliklerinin de leaf clip'in kavrayacağı büyüklüğe henüz ulaşmamış olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu nedenlerden dolayı da bu dönemde yapılmış olan spektral ölçüm değerleri, bu çalışmada değerlendirmeye alınmamıştır. Bu husus, spektoradyometrelerin leaf clip aparatı ile ölçümler yapılarak yürütülecek başka çalışmalarda bu dönem bitkilerinden ölçülecek spektral değerlerin ihtiyatla kullanılması gerektiğine işaret eden ilk önemli bulgu ve sonuçlardan bir tanesidir. Bununla birlikte bu dönemde bitkileri ile ilgili olarak yapılmış olan fenolojik gözlem ve ölçümlerin sonucuna göre; birki boylarının güz sezonunda 15-17 cm, bahar sezonunda ise 18 - 20 cm'ler arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemin başlangıcında bitkilerin hemen hemen hepsinin genel morfolojik görünümünde her hangi bir anormal durum da gözlenmemiştir. Bununla birlikte çiçek oluşumuna geçiş döneminde ise bitkilerde bazı morfolojik farklılıkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Söz konusu bu farklılıkların, P_0 ve P_{min} uygulaması yapılmış olan bitkilerde diğer beslenme koşulları altındaki bitkilerden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Gözlenen farklılıklar ise bu bitkilerin boylarının daha kısa, yaprak ayalarının daha dar ve çiçek oluşturma eğilimlerinin de daha yavaş olduğu şeklindedir.



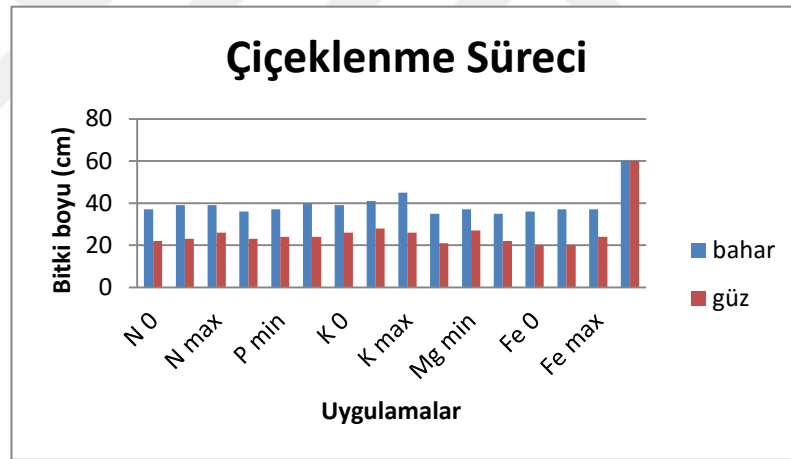
Şekil 4.1. Seyreltme öncesi genç fide dönemi genel görünüş.

4.2. Çiçeklenme Dönemindeki Beslenme Koşulları ile Enerji Kullanımı Arasındaki İlişkiler

Deneme materyali olarak kullanılan domates bitkisinin çiçeklenme döneminin başlangıcından itibaren ve bu dönemi kapsayan 4 haftalık süreç içerisinde olmak üzere;

bahar dönemi için 16 Nisan – 7 Mayıs 2009, güz dönemi için 21 Eylül – 12 Ekim 2009 tarihleri arasında haftada bir defa (toplamda 4 okuma) ve dört tekerrürlü olmak üzere yapılan ölçümlerin aritmetik ortalamalarının alınması ile domates bitkisinin bu dönemdeki ortalama spektral yansıma değerleri elde edilmiştir.

Bahar döneminde uygulanan N, P ve K'un sıfır dozundan maximum dozuna doğru bitki boyunda artışın meydana geldiği, Fe ve Mg beslemesinin her üç dozunda ise bitki boyunda önemli bir farklılaşma tespit edilemediği yine aynı şekilde güz döneminde de diğer uygulamalara kıyasla bitki boyunun daha yavaş uzadığı belirlenmiştir. Çiçeklenme süresince bitki boylarının; güz sezonunda 15-17 cm'lerden ortalama 25 cm'ye, bahar sezonunda 18-20 cm'lerden ortalama 38 cm'ye ve kontrol bitkisinin ise her iki sezonda da ortalama 60 cm'ye ulaştığı belirlenmiştir. Bu süreçte domates bitkisinin boyunun, bahar döneminde güz dönemine göre ortalama 10 cm daha fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Bahar ve güz dönemi çiçeklenme süreci ortalama bitki boyları

Bitki gövde çapları bahar ve güz döneminde benzer büyüklüklerde olmakla birlikte deneme süresince ölçülen gövde kalınlıklarının gübreleme öncesi yaklaşık 3.02 mm iken gübreleme sonrası 5.06 mm değerine ulaştığı belirlenmiştir. Kontrol bitkilerinin gövde çaplarının ise bu dönemde 6.70-7.81 mm değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Çiçeklenme sürecinin ilk haftasında bitki başına yaklaşık 2-4 adet, kontrol bitkilerinde ise yaklaşık 5 adet çiçek tespit edilmiştir.

Farklı besin maddesi uygulamaları yapılmış olan deneme bitkilerinin çiçeklenme süreci içerisindeki reflektans değerleri, güz ve bahar dönemleri olarak aşağıdaki Çizelge 4.1.ve

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri	Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
-------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------

4.2. verilmiştir. Söz konusu çizelgelerde aynı zamanda deneme bitkilerine ait yaprak analiz sonuçları ve klorofil miktarları da verilmiştir.



Çizelge 4.1. Bahar çiçeklenme döneminde N uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

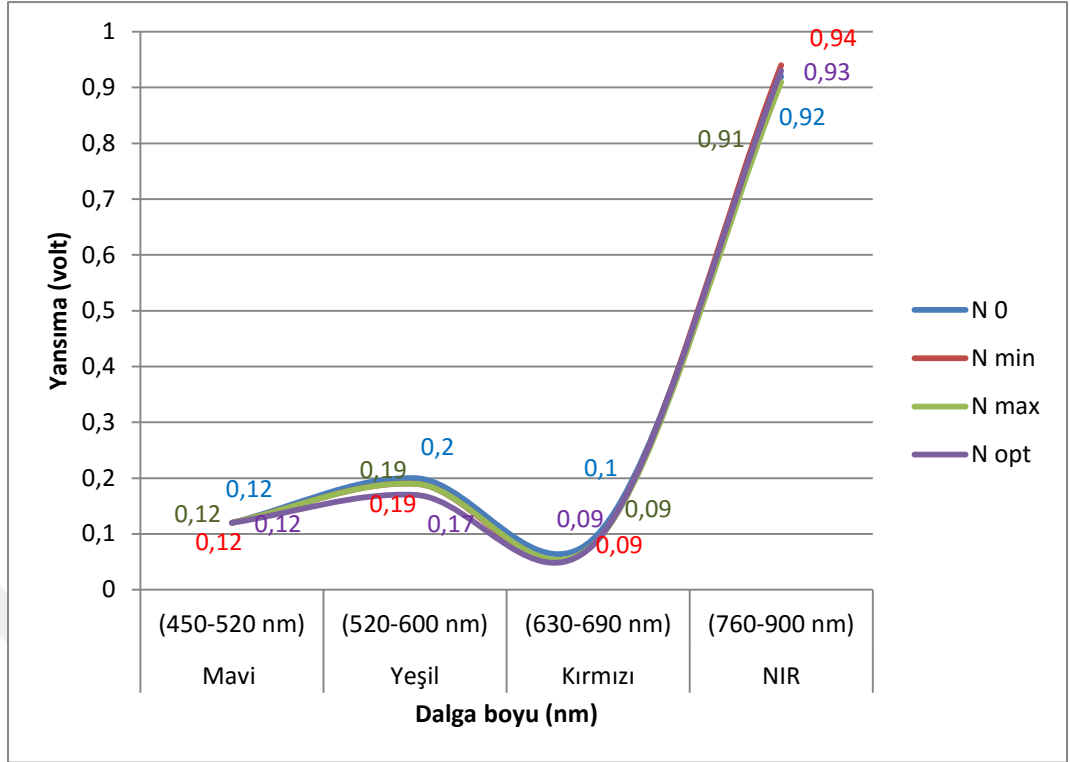
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	N (%)	
N 0	0.12	0.20	0.10	0.92	2.537	8.00
N min	0.12	0.19	0.09	0.94	3.465	8.03
N max	0.12	0.19	0.09	0.91	3.415	10.55
N opt	0.12	0.17	0.09	0.93	4.182	14.66

Çizelge 4.2. Güz çiçeklenme döneminde N uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

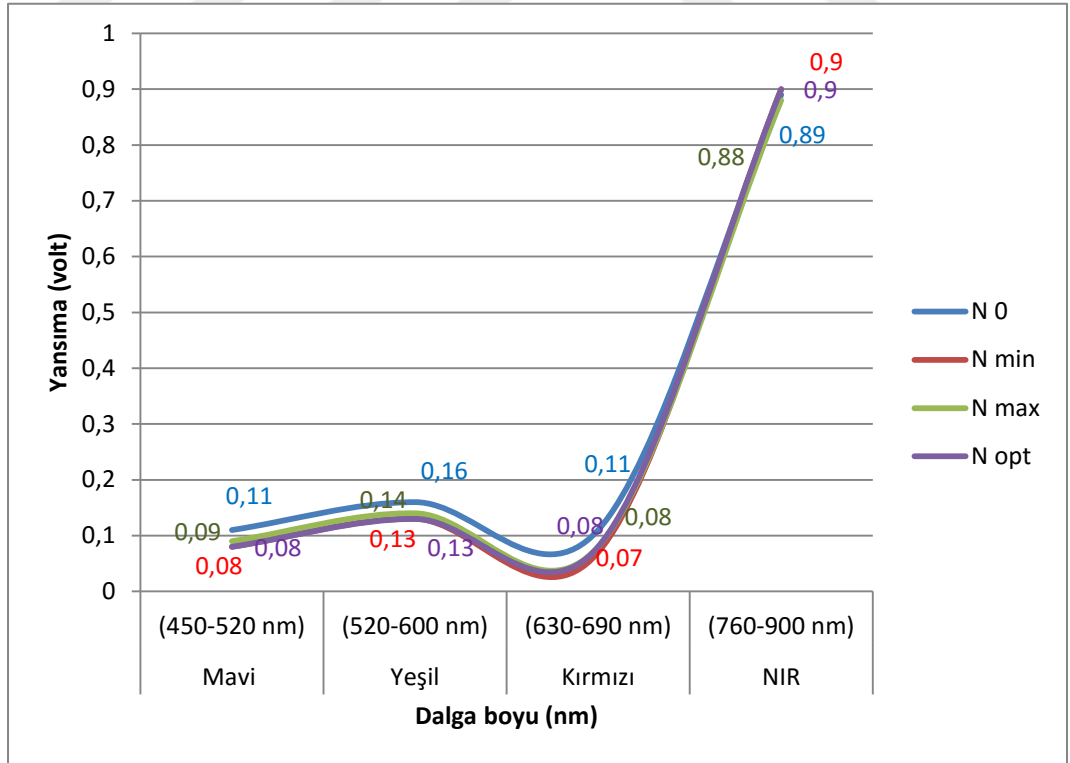
Çiçeklenme döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan azot beslemenin dört farklı doz

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	N (%)	
N 0	0.11	0.16	0.11	0.89	1.582	18.52
N min	0.08	0.13	0.07	0.90	2.499	18.25
N max	0.09	0.14	0.08	0.88	2.611	19.81
N opt	0.08	0.13	0.08	0.90	2.475	22.89
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					2.8-4%	

uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.3.ve 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Bahar-çiçeklenme süreci N uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.4. Güz-çiçeklenme süreci N uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.1.'den de görüleceği gibi bahar dönemi çiçeklenme sürecinde farklı dozlarda azot uygulanmış domates bitkisinin yapraklarında yapılmış olan spektrometrik ölçümler sonucunda söz konusu bu bitkilerin elektromanyetik spektrumun görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtma miktarlarının sırasıyla, mavide tamamı 0.12, yeşilde 0.17-0.20, kırmızıda 0.09-0.10 ve yakın infrarede de 0.91-0.94 arasında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi azot uygulamasında (Bkz. Çizelge 4.2.) ise; mavide 0.08-0.11, yeşilde 0.13-0.16, kırmızıda 0.07-0.11 ve yakın infrared de 0.88-0.90 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Azot uygulamaları spektrumun kırmızı ve NIR bölge reflektansını etkiler. N eksikliğinde kırmızı bölgedeki reflektans artarken, NIR bölgedeki reflektans azalır (Osborne 2002). Bahar ve güz döneminde de N_0 uygulamasında, literatürde ki bilgiyle doğru orantılı bir şekilde kırmızı bölgede reflektans artarken NIR bölgede azalmıştır. Yine her iki dönemde de N dozları arasında en yüksek reflektans yeşil dalga aralığında (550 nm) N_0 uygulamasında karşılaşılrken, yeşil bölgede en düşük reflektansa ise yine her iki dönemde de N_{opt} dozunda rastlanmıştır. Her iki dönemde karşılaşılan bu bulgular çiçeklenme dönemi başlangıcından itibaren azot alınınının hızla artışından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Kacar ve Katkat 2007). Ayrıca, her iki çiçeklenme döneminin N_{max} bitkilerinde NIR bölgede 760-900 nm aralığında düşük reflektans elde edilmiştir. Bunun sebebi olarak da, yüksek azot beslemesinden kaynaklı bitki bünyesinde yüksek azot kullanımı sonucu hücre lümenlerinin genişlemesi ve parankima hücrelerinin sklerankima hücrelerine göre artması (Güneş 2007) dolayısıyla da bu durum, dokuların yumuşamasına abiotik stres koşullarına karşı direncin azalmasına ve dolayısıyla da reflektansın düşmesine sebep olduğu düşünülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar, güz dönemi N beslenmesi reflektansları ile benzer spektral sonuçlar veren bahar döneminin dolayısıyla da benzer enerji kullanım şekillerine sahip olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, çiçeklenme sürecindeki genç bitkilerin artan N dozları karşısındaki enerji kullanımlarının N_{opt} dahil birbirine büyük oranda benzerlik gösterdiği ancak bu enerji kullanımlarına görülebilir enerji toplamında bakıldığında artan N dozlarının bu aralıktaki enerji kullanımında arttırdığı buna karşılık yakın infrared dalga boyu aralığındaki enerjinin kullanımında ise önemli bir azalış gösterdiği tespit edilmiştir.

Ayrıca, azotun farklı dozları ile kırmızı dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında %1 önem seviyesinde ($\alpha= 0.006$) ilişki bulunmuştur. Farklılığın hangi dozlar arasında olduğu incelendiğinde, N_0 uygulaması ile N_{max} uygulaması ($\alpha= 0.002$) ve yine N_0 uygulaması ile N_{opt} uygulaması ($\alpha= 0.002$) arasındaki farklılığın kırmızı dalga boyunda reflektans farklılaşması ile %1 önem seviyesinde ilişkisi varken N_0 uygulaması ile N_{min} uygulaması arasındaki farklılığın kırmızı dalga boyunda reflektans farklılaşması ile %5 önem seviyesinde ($\alpha= 0.011$) ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Yine aynı şekilde, azotun farklı dozları ile NIR dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında %1 önem seviyesinde ($\alpha= 0.005$) ilişki bulunmuştur. Farklılığın hangi dozlar arasında olduğu incelendiğinde, N_0 uygulaması ile N_{min} ($\alpha= 0.001$), N_{max} ($\alpha= 0.008$) ve N_{opt} ($\alpha= 0.008$) uygulamaları arasında %1 önem seviyesinde ilişki bulunmuştur.

113

18.52- 18.25 mg/g arasında değişiklik göstermiştir. Yaprak toplam klorofil içeriği en yüksek 22.89 mg/g ile N_{opt} kontrol uygulamasında elde edilirken N_{max} dozunda 19.81 mg/g toplam klorofil tespit edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; her iki yetiştiricilik periyodunun çiçeklenme döneminde farklı azot dozları ile klorofil miktarları arasında %1 önem seviyesinde ($\alpha= 0.006$) ilişki vardır. Azot dozları arasındaki farkın klorofil miktarı üzerine etkisi ayrı ayrı incelendiğinde, N_0 uygulaması ile N_{min} ve N_{opt} ile N_{max} uygulaması arasındaki farklılaşma ile klorofil miktarındaki farklılık arasında %10 önem seviyesinde ilişkiye rastlanırken, N_0 uygulaması ile N_{max} uygulaması arasındaki farklılaşma ile klorofil miktarındaki farklılık arasında %1 önem seviyesinde önemli ilişki bulunmuştur. Ayrıca N_0 ile N_{opt} arasında ve N_{min} ile N_{max} uygulamaları arasındaki farklılık ile klorofil miktarlarındaki farklılaşma arasında %5 önem seviyesinde ilişkiye rastlanmıştır.

Her iki yetiştiricilik periyotları ile klorofil miktarındaki farklılaşma arasında istatistiki açıdan ilişki bulunmazken, güz döneminde klorofil değerlerinin bahar dönemine kıyasla fazla olmasının sebepleri arasında; güz döneminde bitki gelişiminin bahar dönemine oran ile daha yavaş olması buna bağlı olarak yaprak ayalarının daha küçük olmasından kaynaklı birim alana düşen klorofil miktarının artışı gösterilebilir. Ayrıca fotosentez etkinliği için 26-28 °C sıcaklığın optimum olduğu ve 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise klorofil birikiminin azaldığı literatürdeki bilgiler arasındadır (Ünay ve Başal 2005). Bahar dönemi sıcaklık ortalamasının 30 °C'nin üzerinde olduğu bilgisi klorofil değerlerinin neden güz dönemine oran ile düşük olduğunun net ifadesidir.

Daughtry vd (2000), farklı N oranı uygulamalarının yaprak klorofil içeriği üzerine etkilerini inceledikleri çalışmanın bulguları çizelgede (Bkz. Çizelge 4.3.) verilmiştir. Araştırmacılar 450 nm ile 670 nm'lerde (< % 1) önem seviyesinde fark yakalamışken, 550 nm'de ve red-edge (715 nm)'de reflektans artışının klorofil konsantrasyonu ile ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca 750 nm'den yüksek dalga boyundaki reflektans artımının klorofilden kaynaklanmadığını, yaprak strüktürü ile ilgili olabileceği hakkında görüş bildirmişlerdir.

Çizge 4.3. Farklı N oranı uygulamalarının yaprak klorofil içeriğine etkisi (Daughtry vd 2000)

N Uygulaması		Toplam klorofil (mg/cm ²)
Kg/ha	%	
0	0	18.3
22	12	22.1
45	25	21.5
90	50	35.0
135	75	50.9
180	100	52.4
270	150	49.5

Bununla birlikte, sıfır ve minimum dozlarındaki yaprak toplam klorofil içeriğindeki bu azalmanın Fridovich (1986) ve Davies (1987)'in bildirdiği üzere, stres koşullarında artan serbest oksijen radikallerinin klorofil gibi hücre komponentlerinin yapısını bozması nedeniyle olduğu göz ardı edilemez bir ihtimal dahilindedir. Bunun yanı sıra maximum dozun toplam klorofil içeriğinin optimum doza oran ile az olmasının sebebi olarak, Supanjani (2006) ve Eon Jeong'a vd (2006) göre, gübreleme solüsyonunun artan EC seviyelerinin bitkide yaprak klorofil içeriğini azalttığını bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra N_{opt} ve N_{max} bitkilerinin azot beslemesi sonucu gelişmiş vejetatif aksamı, klorofil sentezini arttırarak bitkinin karbonhidrat kapsamını arttırmasına sebep olduğu düşünülmektedir (Güneş vd 2007).

Buraya kadar, genç dönem bitkileri için artan N dozlarının, enerji kullanımı açısından pozitif ya da olumlu bazı fizyolojik faaliyetlerle neticelendiği belirlenmiş olmaktadır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, azotun bitkinin vejetatif aksamı geliştirdiğini ve net fotosentez oranı ile yapraktaki azot içeriği arasında olumlu bir ilişki bulunduğunu bildiren araştırmacıların bulguları (Güneş vd 2007) ile uyum içindedir ki yaprak analiz sonuçlarında literatürde çiçeklenme dönemi için N beslenmesinde uygun görülen aralık % 2.8-4 arasında değişirken, bahar dönemi N_0 bitkilerinde toplam azot % 2.53, N_{min} , N_{max} ve N_{opt} bitkilerinin toplam azot içeriği sırasıyla % 3.46-3.41-4.18 değerleri arasında, güz dönemi N_0 bitkilerinde toplam azot % 1.58, N_{min} , N_{max} ve N_{opt} bitkilerinin toplam azot içeriği sırasıyla % 2.49-2.61-2.47 değerlerinde saptanmıştır.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda bahar ve gz çiçeklenme döneminde genel olarak, yaprak analiz değerlerindeki farklılaşmanın N dozu uygulamaları arasında % 1 önem seviyesinde ilişki bulunmuştur.



Şekil 4.5. Çiçeklenme dönemi N uygulanan saksılarda iek oluşumu

Buna göre; bahar ve gz çiçeklenme dönemi N beslenmesi ile ilgili olarak bir genelleme yapıldığında; N miktarı arttıkça (15 kg'dan 60kg'a), bitkilerin görülebilir dalga boyundaki enerji kullanımlarının artmadığı, buna karşılık yakın kızıl ötesi dalga boyundaki enerji kullanımlarının ise arttığı tespit edilmiştir. Bitkilerin enerji kullanımlarına dayalı bu sonuçlar, artan N dozlarının, bitki sağlığının da bir göstergesi olarak kabul edilmesi yanlışına karşı gerçek bir kanıt oluşturmaktadır. Artan N beslenmesinin vejetatif gelişimi gereğinden fazla teşvik ettiği de bilinmektedir. Nitekim,

deneme bitkilerinin bu süreç içerisindeki fenolojik gözlemleri de artan azot dozlarına bağlı olarak bitki boylarındaki artış gözlemlenmiştir ancak gövde lifli, kof ve aşırı kırılmalı bir yapıya sahip olmuştur. Her iki dönem için yapılan fenolojik gözlemlerden hareketle söylenebiliriz ki, bitkinin genç fide, çiçeklenmeye geçiş ve çiçeklenme safhalarını kapsayan bu dönemde N₀ bitkileri hariç bitki boyu, gövde kalınlığı, yaprak rengi, yaprak ayası genişliği, yapraklarda şekil bozukluğu, çiçeklenme sorunu gibi belirlenen parametrelerde göz ile görülür önemli farklılıklara rastlanmazken N₀ dozunun uygulandığı bitkilerde yaprak renginde gözle fark edilir hafif renk açılması ve çiçeklerde dökülmeye rastlanmıştır.

Genç fide sonu – çiçeklenme başlangıcından itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen deneme bitkileri için yapılmış olan farklı fosfor uygulamalarının, bitkilerin enerji kullarımlarına olan etkilerinin sonuçlarına ilişkin spektrometrik ölçüm ve yaprak analiz değeri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

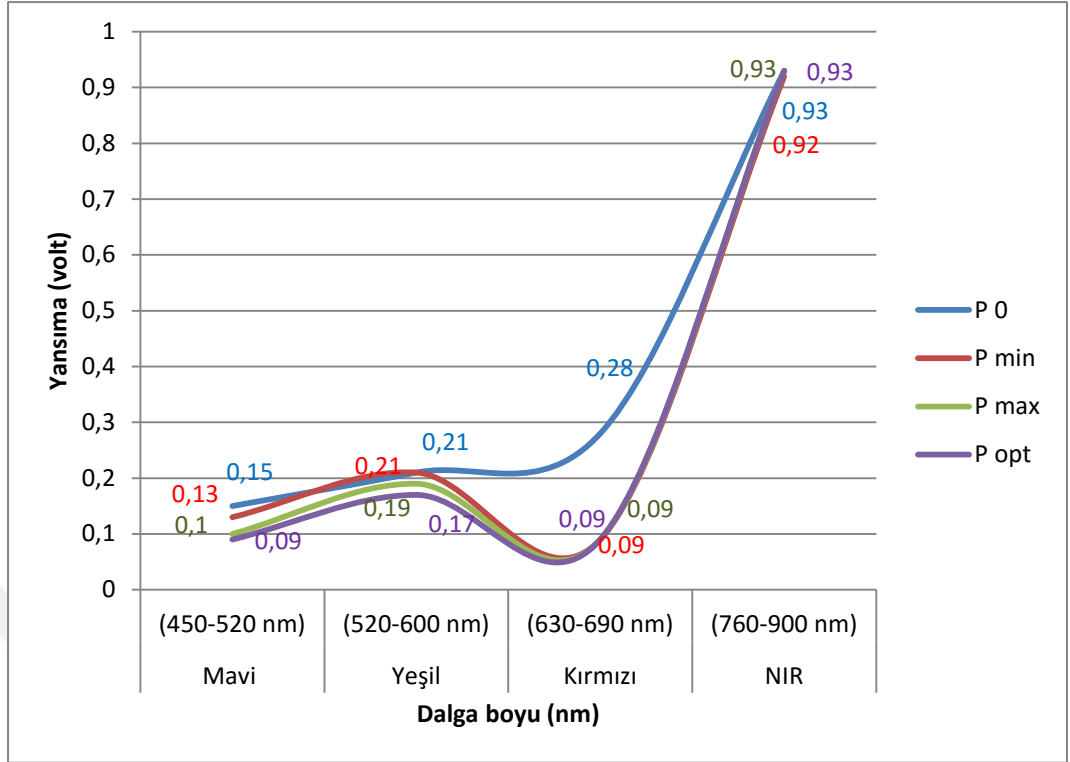
Çizelge 4.4. Bahar çiçeklenme döneminde P uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	P (%)	
P 0	0.15	0.21	0.28	0.93	0.093	7.70
P min	0.13	0.21	0.09	0.92	0.141	9.43
P max	0.10	0.19	0.09	0.93	0.287	8.56
P opt	0.09	0.17	0.09	0.93	0.289	14.66

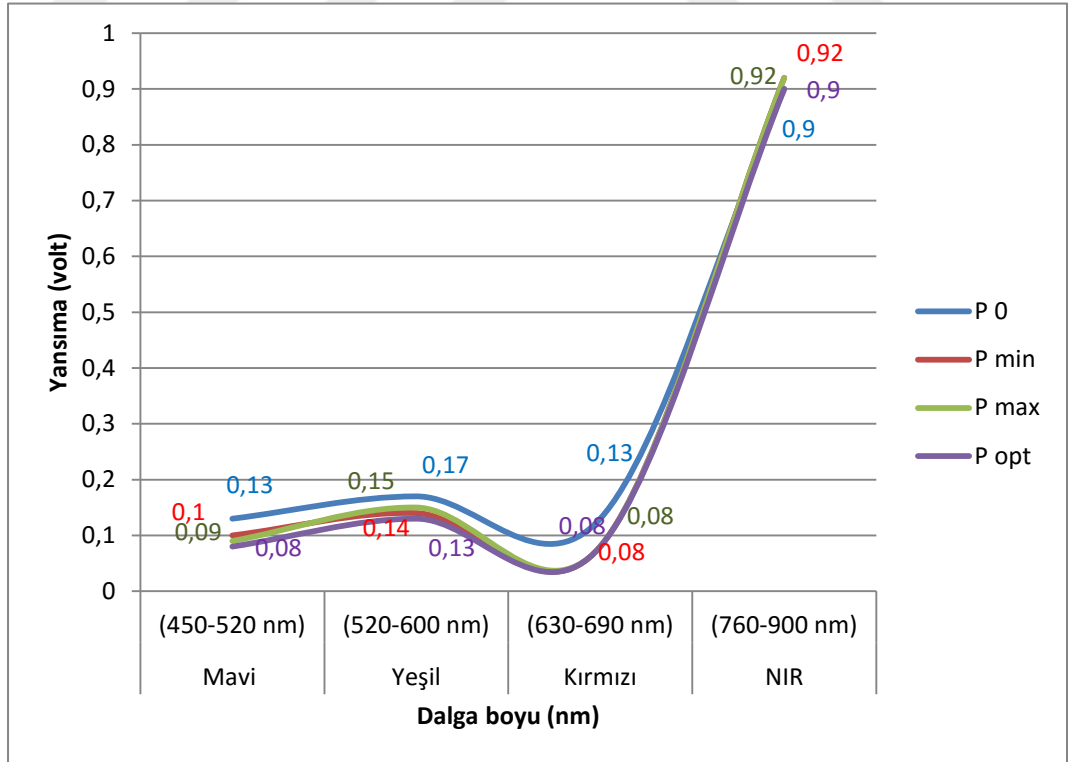
Çizelge 4.5. Güz çiçeklenme döneminde P uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	P (%)	
P 0	0.13	0.17	0.13	0.90	0.131	16.70
P min	0.10	0.15	0.08	0.92	0.136	16.80
P max	0.09	0.15	0.08	0.92	0.239	21.63
P opt	0.08	0.13	0.08	0.90	0.246	22.74
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					0.2-0.4 %	

Çiçeklenme döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan fosfor beslemenin dört farklı doz uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.6. ve 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.6. Bahar-çiçeklenme süreci P uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



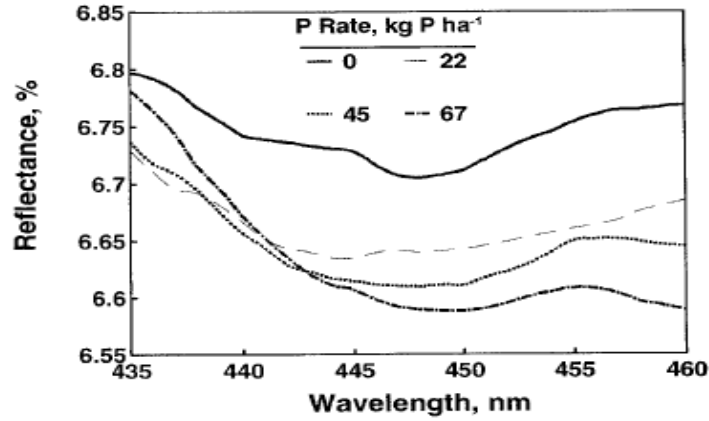
Şekil 4.7. Güz-çiçeklenme süreci P uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.4’de de görüleceği gibi çiçeklenme sürecindeki domates bitkilerinde yapılan spektrometrik okumalar sonucunda bahar döneminde fosfor uygulamasında görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtmı miktarları sırasıyla, 0.09-0.15 mavi, 0.17-0.21 yeşil, 0.09-0.28 kırmızı ve 0.92-0.93 NIR aralığında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi fosfor uygulamasında ise (Bkz Çizelge 4.5.); 0.08-0.13 mavi, 0.13-0.17 yeşil, 0.08-0.13 kırmızı ve 0.90-0.92 NIR aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, bahar ve güz çiçeklenme döneminde, P dozları ile dalga boyları arasındaki ilişki incelendiğinde; her iki yetiştiricilik periyodunda da (bahar ve güz) farklı fosfor dozları ile mavi dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında %1 önem seviyesinde ($\alpha= 0.000$) yüksek ilişki bulunurken farklı fosfor dozları ile yeşil dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında %5 önem seviyesinde ($\alpha= 0.040$) ilişki vardır. Farklılığın hangi dozlar arasında olduğu incelendiğinde, mavi dalga boyundaki reflektans farklılaşması ile, P_0 uygulaması ile P_{min} ($\alpha= 0.001$) dozları arasındaki farkın, P_0 uygulaması ile P_{max} ($\alpha= 0.000$) dozları arasındaki farkın, P_0 uygulaması ile P_{opt} ($\alpha= 0.000$) dozları arasındaki farkın ve P_{min} ile P_{opt} ($\alpha= 0.006$) dozları arasındaki farkın %1 önem seviyesinde ilişkili olduğu bulunurken P_{min} uygulaması ile P_{max} uygulaması arasında %5 önem seviyesinde ($\alpha= 0.05$) ilişki ve P_{max} ile P_{opt} dozları arasındaki farkın reflektansta oluşturduğu farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur. NIR ve kırmızı dalga boylarındaki reflektans farklılaşması ile fosfor dozları arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunamamıştır. Bahar yaprak analiz değerlerindeki farklılaşmanın üzerine fizyolojik dönem etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Güz döneminde ise çiçeklenme ile meyve tutumu dönemleri arasındaki farkın yaprak analiz değerleri arasındaki farklılaşma üzerine %1 önem seviyesinde etkisi tespit edilmiştir.

Her iki yetiştiricilik periyodunda da toprağa verilen P miktarı arttıkça mavi dalga boyunda absorban artmakta P miktarı azaldıkça ise mavi dalga boyunda özellikle 490 - 500 nm arasında reflektans artmaktadır. Bu bulgular ile doğru orantılı sonuçların elde edildiği Şekil 4.6.’da gösterilmiş olan çalışmada, P’un farklı dozlarıyla beslemeye tabi tutulan mısır bitkisinin spektrumun mavi bölgesinde verdiği karakteristik reflektans görülmektedir. Çalışmada, deneme bulgularımız ile ilintili olarak toprağa uygulanan P

miktarı arttıkça mavi dalga boyu (445-450 nm) aralığında yüksek absorbansa rastlanmıştır.



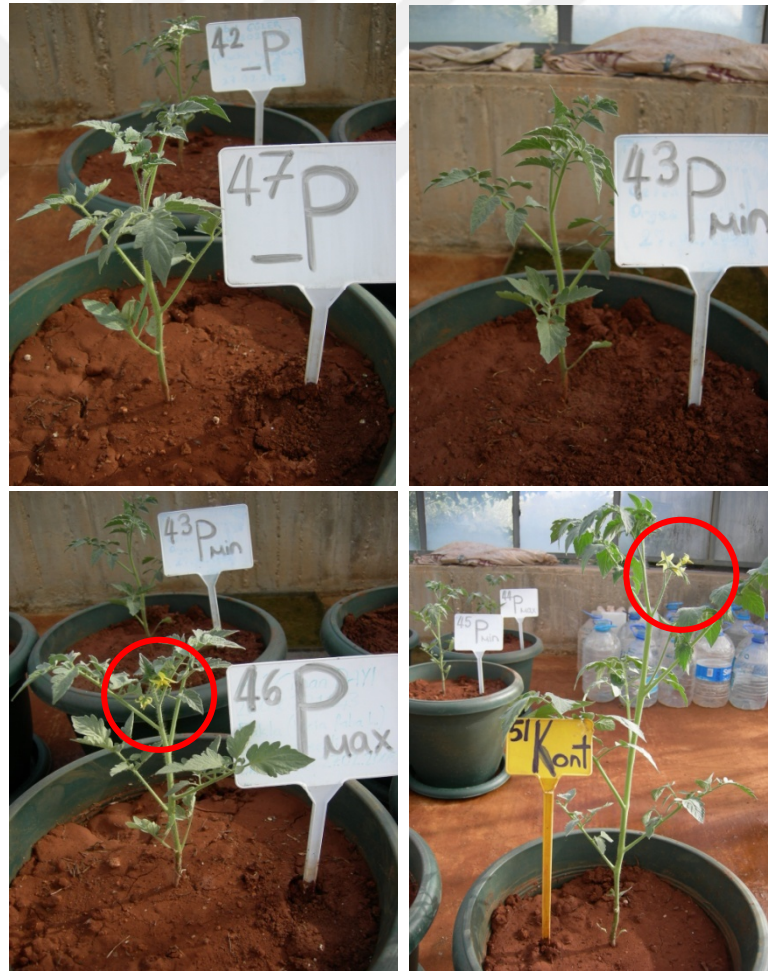
Şekil 4.8. Spektrumun mavi bölgesinde mısır bitkisinin P'un farklı dozlarıyla beslemeye tepkisi (Osborne 2002).

Yapılan analizler sonuçlarında bahar dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri P_0 , P_{min} , P_{max} uygulamalarında birbirine yakın çıkarken 7.70, 9.43 ve 8.56 mg/g arasında değişiklik göstermiştir. Güz dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri P_0 , P_{min} , P_{max} uygulamalarında birbirine yakın çıkarken 16.70, 16.80 ve 21.63 mg/g arasında değişiklik göstermiştir. P_0 , P_{min} ve P_{max} bitkilerinin yaprak toplam klorofil içeriğindeki bu benzerliğin sebebi olarak Hecht ve Buchholz'a göre (1967) hücre ve yaprak büyümesinin klorofil ve kloroplast oluşumlarından daha fazla gerilemesi olarak düşünülebilir (Güneş 2007). Aynı zamanda, Lauer vd (1989) yılında literatüre P noksanlığında yaprakların klorofillerinde birim fotosentetik etkinin düştüğüne dair bilgiyi de eklemiştir (Güneş 2007). En yüksek yaprak toplam klorofil içeriği her iki dönemde de 14.66 mg/g (bahar) ve 22.74 mg/g (güz) ile P_{opt} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Yine, Supanjani (2006) ve Eon Jeong vd (2006), artan EC seviyelerinin bitkide yaprak klorofil içeriğini azalttığını bilgisinden yola çıkılarak P_{max} dozunun P_{opt} dozuna oran ile neden az olduğunun sonucu açıklanabilir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, bahar ve güz çiçeklenme döneminde P dozları ile klorofil düzeylerindeki farklılaşma arasında istatistiksel açıdan önemli bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir.

Yaprak analiz sonuçlarında literatürde çiçeklenme dönemi için P beslenmesinde uygun görülen aralık % 0.2-0.4 arasında değişirken, bahar dönemi P uygulaması yapılan tüm bitkilerde en yüksek % 0.289 ile P_{opt} iken güz dönemi P uygulaması yapılan tüm bitkilerde yine en yüksek % 0.246 ile P_{opt} değerine rastlanmıştır. Yine güz döneminde P'un farklı dozlarının uygulandığı bitkilerde yapılan analiz sonuçlarına göre yapraktaki fosfor değerlerinin yeterli sınır değerleri arasına girememiş olması toprak sıcaklığının bu dönemde giderek düşmesinden de kaynaklı olabileceği (Özkan 2007) literatür bilgileri arasındadır.

Yine yapılan istatistiksel analiz sonucunda, her iki dönemde de yaprak analiz değerlerindeki farklılaşmanın P dozu uygulamaları ile % 1 önem seviyesinde ilişki bulunmuştur.



Şekil 4.9. Çiçeklenme dönemi başlangıcında P uygulamalı bitkilerin çiçek oluşumu

Bunun yanı sıra fenolojik gözlemler sonucu, fosfor uygulaması yapılan saksılarda çiçeklenme P_0 dozu saksılarına kıyasla erken başlamıştır. P_0 dozu bitkilerinde oluşan çiçek salkımlarının sayıca düşük olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre, P besenmesinde bir genelleme yapıldığında; P miktarı arttıkça (10 kg'dan, 40 kg'a), görünür bölgenin mavi dalga boyunda absorbans artarken yeşil dalga boyu aralığında reflektansta düşüşe raslanmaktadır. Ayrıca her iki dönemde de kırmızı dalga boyu aralığında P_0 uygulaması, aynı dalga boyu aralığında ölçümü yapılan diğer uygulamaların hepsinden fazla reflektans vermiştir.

Genç fide sonu – çiçeklenme başlangıcından itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen deneme bitkileri için yapılmış olan farklı potasyum uygulamalarının, bitkilerin enerji kullanımlarına olan etkilerinin sonuçlarına ilişkin spektrometrik ölçüm ve yaprak analiz değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

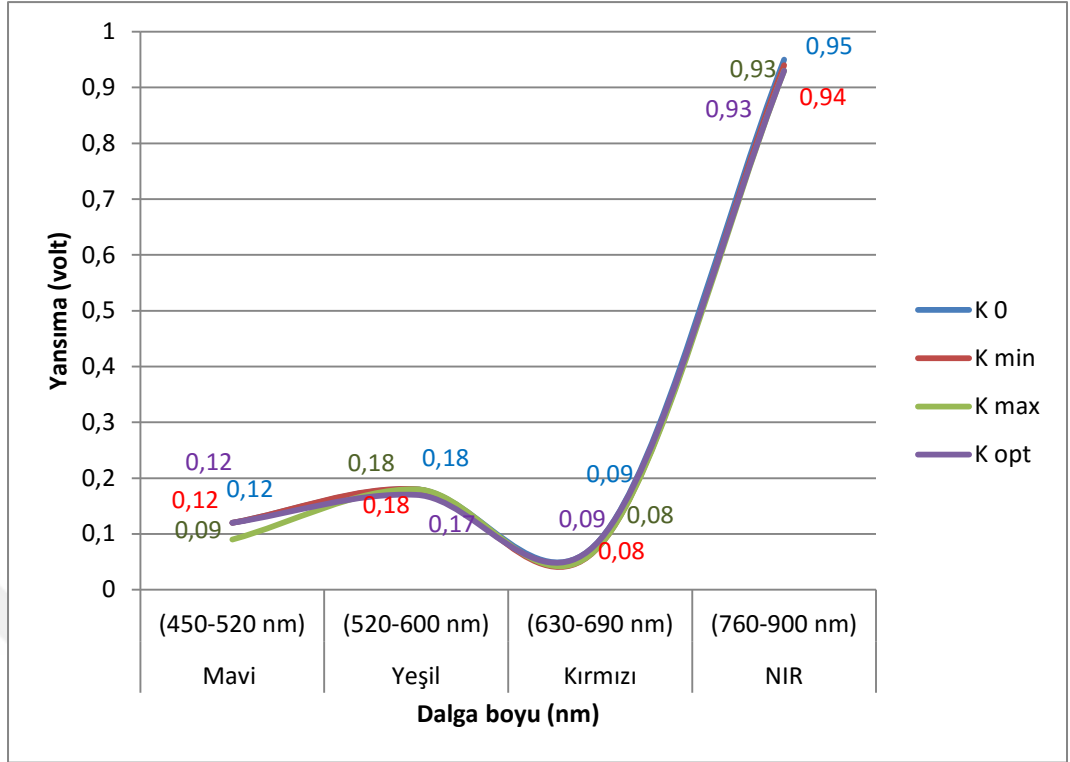
Çizelge 4.6. Bahar çiçeklenme döneminde K uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	K (%)	
K 0	0.12	0.18	0.09	0.95	0.959	9.83
K min	0.12	0.18	0.08	0.94	1.315	11.30
K max	0.09	0.18	0.08	0.93	2.338	9.29
K opt	0.12	0.17	0.09	0.93	2.125	14.66

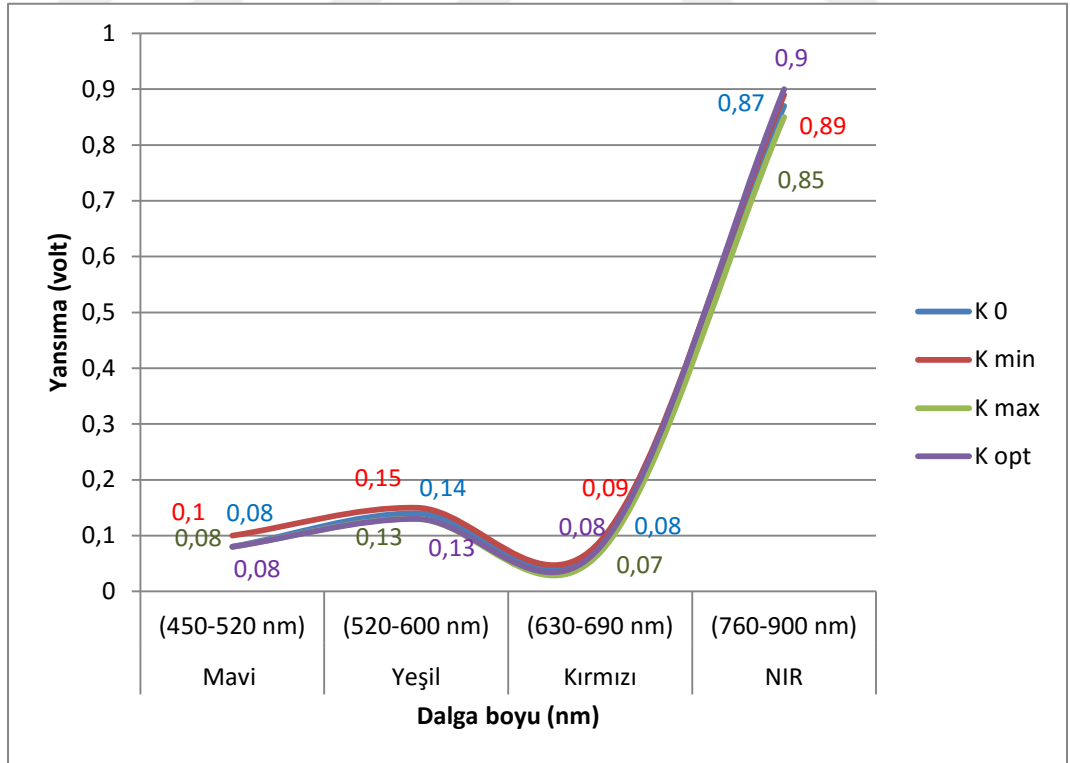
Çizelge 4.7. Güz çiçeklenme döneminde K uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	K (%)	
K 0	0.08	0.14	0.08	0.87	0.615	18.25
K min	0.10	0.15	0.09	0.89	1.671	21.63
K max	0.08	0.13	0.07	0.85	2.703	19.81
K opt	0.08	0.13	0.08	0.90	2.778	22.75
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					2.5-4%	

Çiçeklenme döneminden itibaren 4 haftalık süre boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkilerinin dört farklı potasyum dozu uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.10. ve 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.10. Bahar-çiçeklenme süreci K uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.11. Güz-çiçeklenme süreci K uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.6.'da da görüleceği gibi çiçeklenme dönemindeki domates bitkilerinde yapılan spektrometrik okumalar sonucunda söz konusu bu bitkilerin K beslemesi sonucu elektromanyetik spektrumun görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtma miktarları sırasıyla, bahar döneminde 0.09-0.12 mavi, 0.17-0.18 yeşil, 0.08-0.09 kırmızı ve 0.93-0.95 NIR aralığında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi (Bkz. Çizelge 4.7.) potasyum uygulamasında ise; 0.08-0.10 mavi, 0.13-0.15 yeşil, 0.07-0.09 kırmızı ve 0.85-0.90 NIR aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Yapılan istatistiksel analize göre, her iki dönemde de K dozlarındaki fark ile hiçbir dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında istatistiksel açıdan önemli bir ilişki bulunamamıştır. Ayrıca, fizyolojik dönemler ile dalga boylarındaki reflektans farklılaşmaları arasında ilişki incelendiğinde NIR dalga boylarının reflektans farklılıklarının fizyolojik dönemler arası farktan istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkilenmediği tespit edilmiştir. Güz döneminde ise yeşil dalga boylarının reflektans farklılıklarının fizyolojik dönemler arası farktan istatistiksel açıdan %1 önem seviyesinde etkilenirken, kırmızı dalga boylarının reflektans farklılıklarının fizyolojik dönemler arası farktan istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde etkilendiği tespit edilmiştir.

C3 bitkilerde kloroplast proteinlerinin büyük bir kısmı RiBP karboksilaz enzimi sayesinde gerçekleşirken bu enzimin sentezi K noksanlığında da azalmaktadır (Güneş 2007). Yapılan analizler sonuçlarında bahar dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri K_0 ve K_{max} uygulamalarında birbirine yakın çıkarken 9.83-9.29 mg/g arasında değişiklik gösterirken, K_{min} uygulaması da 11.30 mg/g değeri vermiştir. En yüksek yaprak toplam klorofil içeriği 14.66 mg/g ile K_{opt} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Güz dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri K_0 ve K_{max} uygulamalarında birbirine yakın çıkarken 18.26-19.81 mg/g arasında değişiklik gösterirken, K_{min} uygulaması da 21.63 mg/g değeri vermiştir. En yüksek yaprak toplam klorofil içeriği 22.89 mg/g ile K_{opt} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Yine, Supanjani (2006) ve Eon Jeong vd (2006), artan EC seviyelerinin bitkide yaprak klorofil içeriğini azalttığını bilgisinden yola çıkılarak K_{max} dozunun K_{opt} dozuna oran ile neden az olduğunun sonucu açıklanabilir. Elementin noksanlığı ya da toksisite yaratacak miktarlarda verilmediği koşullarda yani uygun besleme aralıklarında olan örneklerde

olduğu gibi K_{opt} ile K_{min} dozlarında geçerli olan klorofil miktarındaki artış, Leigh vd'nin (1984) yaptıkları çalışmada belirtildiği gibi potasyumun vakuollerde ki konsantrasyonu 10-200 mM iken, sitoplazma ve kloroplastlardaki konsantrasyonunun 100-200 mM arasında değiştiğinin bildirilmiş olması ile açıklanabilir. Güz dönemi yaprak toplam klorofil analiz sonuçların da diğer element uygulamalarının güz dönemi klorofil analiz sonuçlarına benzer olarak, bahar dönemi analizlerine göre yüksek miktarda klorofil birikimi tespit edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analizlere göre, her iki dönemde de K dozları ile klorofil düzeylerindeki farklılaşma arasında istatistiksel açıdan %1 önem seviyesinde ($\alpha=0.002$) bir etkisinin olduğu tespit edilirken, hangi dozlar arası farklılığın klorofil miktarında anlamlı değişikliklere yol açtığı incelendiğinde, K_{opt} ile K_0 arasındaki farklılığın ve K_{opt} ile K_{max} arasındaki farklılığın klorofil miktarındaki değişim ile %1 önem seviyesinde yüksek ilişki bulunmuştur. Yine fizyolojik dönemler arasındaki fark, klorofil değerlerindeki farklılaşma üzerine %1 önem seviyesinde etkisinin olduğu yapılan analizler sonucunda anlaşılmıştır. Güz döneminde ise bu etki tespit edilememiştir.

Yapılan yaprak analizleri sonuçlarında literatürde çiçeklenme dönemi için K beslenmesinde uygun görülen aralık % 2.5-4 arasında değişirken, bahar dönemi potasyum uygulaması yapılan tüm bitkilerde % K içeriği yakın çıkarken K_{min} , K_{max} , K_{opt} bitkilerinde sırasıyla % 1.315-1.338-1.125 değerleri elde edilmiştir. En düşük potasyum içeriğine, % 0.959 değeri ile K_0 bitkisinde rastlanmıştır. Yine güz dönemi K uygulaması yapılan tüm bitkilerde % K içeriği yakın çıkarken K_{min} , K_{max} , K_{opt} bitkilerinde sırasıyla % 0.671-0.703-0.778 değerleri elde edilmiştir. En düşük potasyum içeriğine, % 0.615 değeri ile K_0 bitkisinde rastlanmıştır.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda genel olarak, her iki dönemde de yaprak analiz değerlerindeki farklılaşmanın K dozu uygulamaları ile % 1 önem seviyesinde ($\alpha=0.000$) ilişki bulunurken, K_{max} ve K_{opt} arasındaki farklılığın yol açtığı yapraktaki K miktarı değişimi hariç diğer bütün dozların yarattığı farklılık %1 önem seviyesinde ($\alpha=0.000$) bulunmuştur. Yaprak analiz değerlerindeki farklılaşmanın üzerine fizyolojik

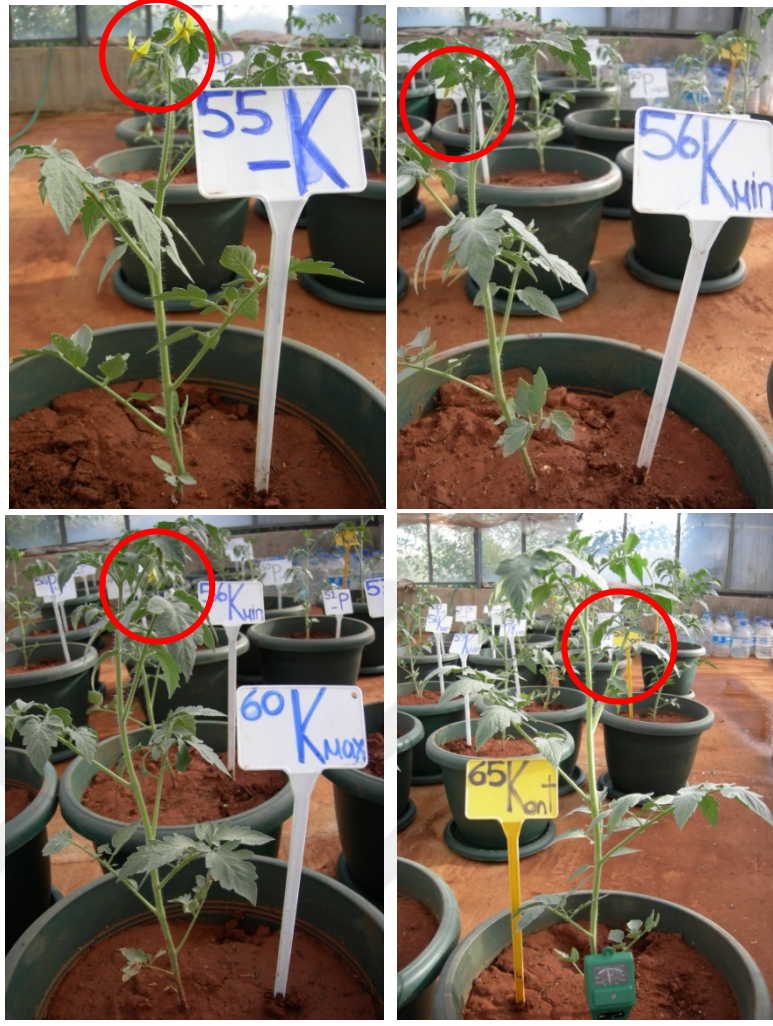
dönem etkisi istatistiksel açıdan önemli değildir. Güzde ise %1 önem seviyesinde ilişki vardır.

Şekil 4.10. ve 4.11.'de de görüldüğü üzere güz dönemi K beslenmesiyle, bahar dönemi benzer spektral yansımalar vermesine rağmen bahar döneminde spektrumun her bölgesinde güze göre reflektans biraz daha fazladır. Yine aynı çizelgenin mavi ve kırmızı dalga boyunda yüksek absorpsiyon, yeşil ve NIR bölgesinde yüksek reflektans değerleri ile tipik bir bitki yansıması vermişlerdir. Bunun sebebi olarak, domates bitkisinin vejetasyon boyunca potasyum kullanım miktarının fazla olmasına rağmen çiçeklenme dönemi başında alımın hızının düşük olmasından kaynaklı olabilir. Açık tarla şartlarında sanayi domatesi bitkisinin farklı kısımları ile topraktan uzaklaştırdığı potasyum miktarlarının çalışıldığı araştırma sonuçları da potasyum alımın hızının çiçeklenme başlangıcında düşük olduğu gösterilmiştir (Çolakoğlu 1985).

Çizelge 4.8. Domates bitkisinin farklı gelişme dönemlerine göre topraktan kaldırdığı potasyum miktarı ve hızı

Gelişme Evreleri	K2O Uygulaması (kg/ha)	K2O Alım hızı (gr/gün)
Şaşırtma	3.8	5
Çiçeklenme Başlangıcı	6.7	20
İlk Salkım	38.5	124
1. Hasat	86.0	-
2. Hasat	191.0	1273
3. Hasat	36.0	16

Bunun dışında spektrumun yeşil ve yakın kızılötesi dalga boyundaki enerji kullanımlarının ise herhangi bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.12. Çiçeklenme dönemi başlangıcında K uygulamalı bitkilerin çiçek oluşumu

Genç fide sonu – çiçeklenme başlangıcından itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen deneme bitkileri için yapılmış olan farklı magnezyum uygulamalarının, bitkilerin enerji kullanımlarına olan etkilerinin sonuçlarına ilişkin spektoradyometrik ölçüm ve yaprak analiz değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

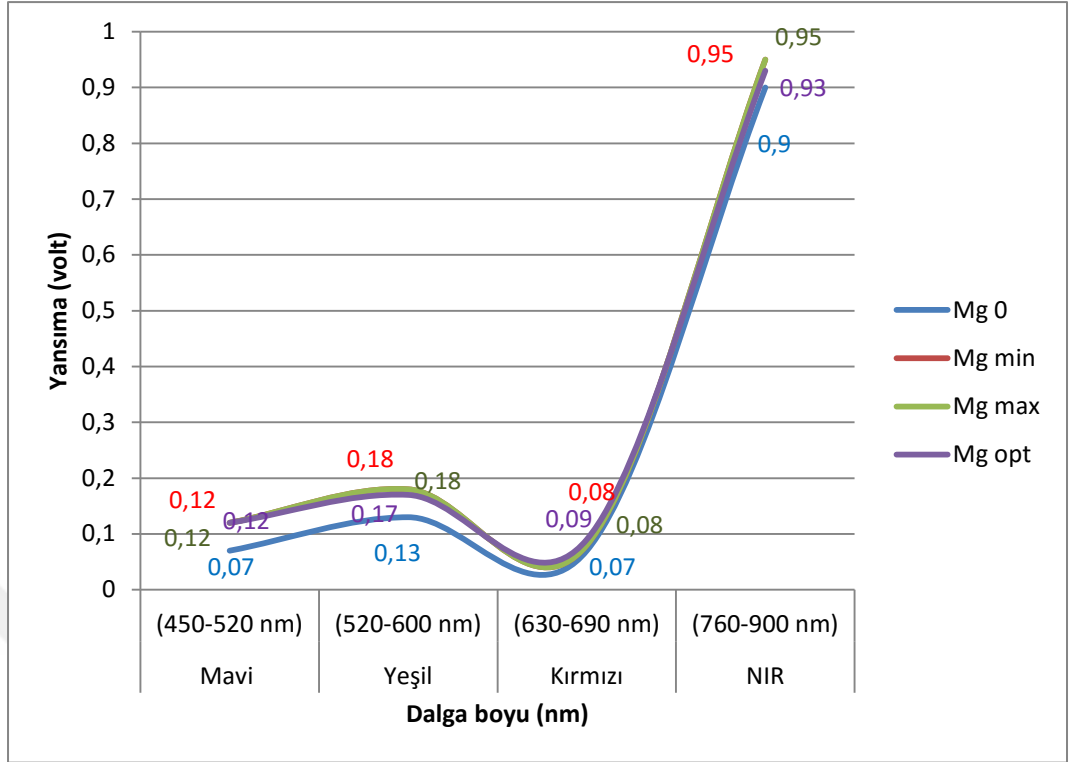
Çizelge 4.9. Bahar çiçeklenme döneminde Mg uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	Mg (%)	
Mg 0	0.07	0.13	0.07	0.90	0.169	7.84
Mg min	0.12	0.18	0.08	0.95	0.155	9.10
Mg max	0.12	0.18	0.08	0.95	0.212	8.28
Mg opt	0.12	0.17	0.09	0.93	0.186	14.66

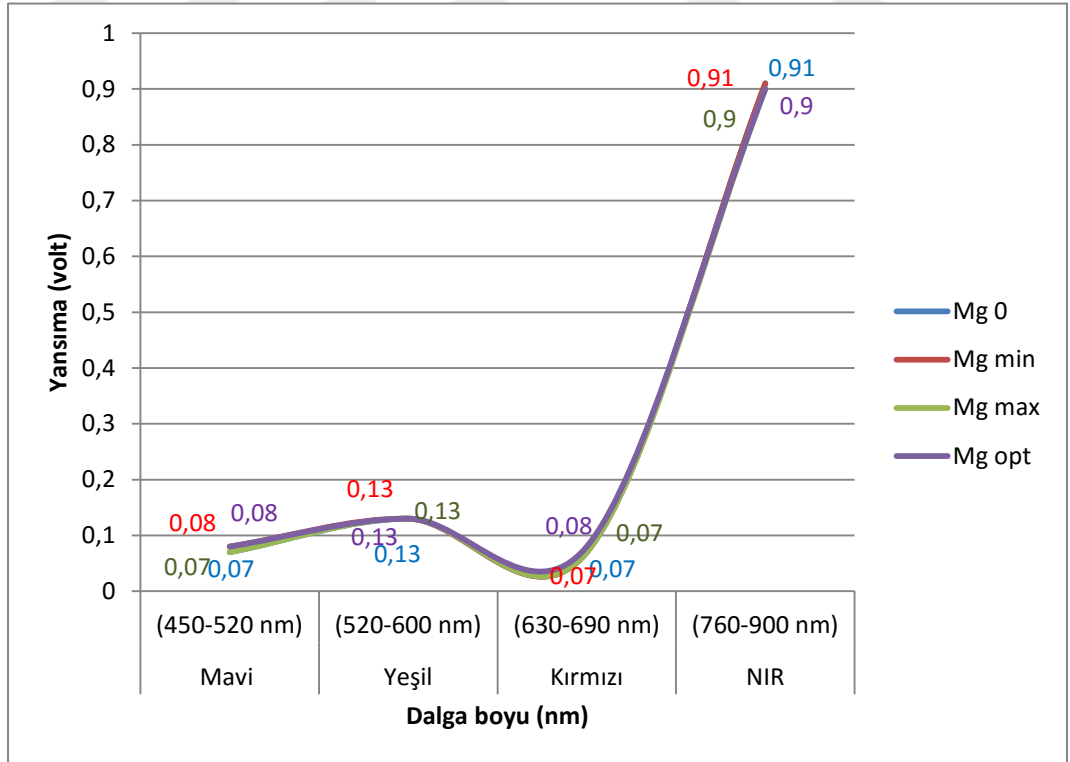
Çizelge 4.10. Güz çiçeklenme döneminde Mg uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	Mg (%)	
Mg 0	0.07	0.13	0.07	0.91	0.182	20.52
Mg min	0.08	0.13	0.07	0.91	0.273	20.64
Mg max	0.07	0.13	0.07	0.90	0.414	21.55
Mg opt	0.08	0.13	0.08	0.90	0.198	22.75
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					0.3-0.5%	

Çiçeklenme döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan magnezyum beslemesinin dört farklı doz uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.13 ve 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.13. Bahar-çiçeklenme süreci Mg uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.14. Güz-çiçeklenme süreci Mg uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.9.'da da görüleceği gibi çiçeklenme sürecindeki domates bitkilerinde yapılan spektrometrik okumalar sonucunda bahar döneminde magnezyum uygulamasında görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtma miktarları sırasıyla, 0.07-0.12 mavi, 0.13-0.18 yeşil, 0.07-0.09 kırmızı ve 0.91-0.95 NIR aralığında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi magnezyum uygulamasında (Bkz. Çizelge 4.10.) ise; 0.07-0.08 mavi, 0.13 yeşil, 0.07-0.08 kırmızı ve 0.90-0.91 NIR aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Buna göre, Mg beslenmesinde bir genelleme yapıldığında; Mg miktarı arttıkça bahar döneminde güz dönemine oran ile mavi dalga boyu aralığında absorptans azalmıştır bunun aksine her iki dönemde de kırmızı dalga boyunda absorptans, yeşil ve NIR bölgedeki reflektans oranları tipik bir bitki reflektansına yakın reflektans değerleri vermektedir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda genel olarak, Mg dozlarındaki fark ile mavi, yeşil, kırmızı dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında istatistiksel açıdan %1 önem seviyesinde ilişki bulunurken, NIR dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında istatistiksel açıdan önemli seviyede ilişki bulunamamıştır. İlişkili çıkan mavi, yeşil, kırmızı dalga boylarının ayrı ayrı üçünde de reflektans farklılaşması Magnezyum uygulamalarından Mg_{min} ve Mg_{max} dozları arasındaki fark ve Mg_{min} ve Mg_{opt} dozları arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Ayrıca, fizyolojik dönemler ile dalga boylarındaki reflektans farklılaşmaları arasında ilişki incelendiğinde bahar dönemi yeşil dalga boylarının reflektans farklılıklarının fizyolojik dönemler arası farktan istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkilenmediği tespit edilmiştir. Güz döneminde ise bütün dalga boylarının reflektans farklılıklarının fizyolojik dönemler arası farktan istatistiksel açıdan %1 önem seviyesinde etkilenmediği tespit edilmiştir.

Şekil 4.13 ve 4.14'de de görüldüğü üzere bahar ve güz çiçeklenme döneminde benzer spektral yansımalar ya da benzer enerji kullanım şekilleri göstererek Mg'un farklı dozlarına ilişkin bir hususa çiçeklenme döneminde işaret etmemişlerdir.

Yapılan analizler sonuçlarında bahar dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri Mg_0 , Mg_{min} ve Mg_{max} uygulamaları birbirine yakın çıkarken 7.83 - 9.10 - 8.27 mg/g arasında değişiklik gösterirken, en yüksek yaprak toplam klorofil içeriği 14.66 mg/g ile Mg_{opt} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Güz dönemi domates bitkisinin

toplam klorofil içerikleri Mg_0 ve Mg_{min} uygulamalarında birbirine yakın çıkarken 20.52-20.64 mg/g arasında değişiklik gösterirken, Mg_{max} uygulaması da 21.55 mg/g değeri vermiştir. En yüksek yaprak toplam klorofil içeriği 22.89 mg/g ile Mg_{opt} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Yine, Supanjani (2006) ve Eon Jeong vd (2006), artan EC seviyelerinin bitkide yaprak klorofil içeriğini azalttığını bilgisinden yola çıkılarak Mg_{max} dozunun Mg_{opt} dozuna oran ile neden az olduğunun sonucu açıklanabilir. Güz dönemi yaprak toplam klorofil analiz sonuçların da diğer element uygulamalarının güz dönemi analizlerine benzer olarak bahar dönemi analizlerine göre yüksek miktarda klorofil birikimi tespit edilmiştir.

Bahar ve güz döneminde Mg dozları ile klorofil düzeylerindeki farklılaşma arasında istatistiksel açıdan %1 önem düzeyinde yüksek bir ilişkiye rastlanamamıştır. Ayrıca yine hem güz hemde bahar dönemi fizyolojik süreçleri arasındaki fark, klorofil değerlerindeki farklılaşma üzerine %1 önem seviyesinde etkisinin olduğu yapılan analizler sonucunda anlaşılmıştır.

Yapılan yaprak analizleri sonuçlarında literatürde çiçeklenme dönemi için Mg beslenmesinde uygun görülen aralık % 0.3-0.5 arasında değişirken, bahar dönemi Mg uygulaması yapılan tüm bitkilerde % Mg içeriği sınır değerlerin altında çıkarken Mg_0 , Mg_{min} , Mg_{opt} , Mg_{max} , bitkilerinde sırasıyla % 0,17-0.15-1.19-0.21 değerleri elde edilmiştir. Güz dönemi Mg uygulaması yapılan tüm bitkilerde % Mg içeriği yakın çıkarken Mg_0 , Mg_{min} , Mg_{opt} , Mg_{max} , bitkilerinde sırasıyla % 0.18-0.27-0.20-0.41 değerleri elde edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda genel olarak, her iki dönemde de yaprak analiz değerlerindeki farklılaşmanın Mg dozu uygulamaları ile arasında istatistiksel açıdan ilişki bulunamamıştır. Ancak, bahar yaprak analiz değerlerindeki farklılaşma üzerine fizyolojik dönem etkisi istatistiksel açıdan %1 önem seviyesinde ilişkiliyken, güz döneminde ise %5 önem seviyesinde ilişki vardır.



Şekil 4.15. Çiçeklenme dönemi başlangıcında Mg uygulamalı bitkilerin çiçek oluşumu

Genç fide sonu – çiçeklenme başlangıcından itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen deneme bitkileri için yapılmış olan farklı demir uygulamalarının, bitkilerin enerji kullarımlarına olan etkilerinin sonuçlarına ilişkin spektrodymetrik ölçüm ve yaprak analiz değeri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

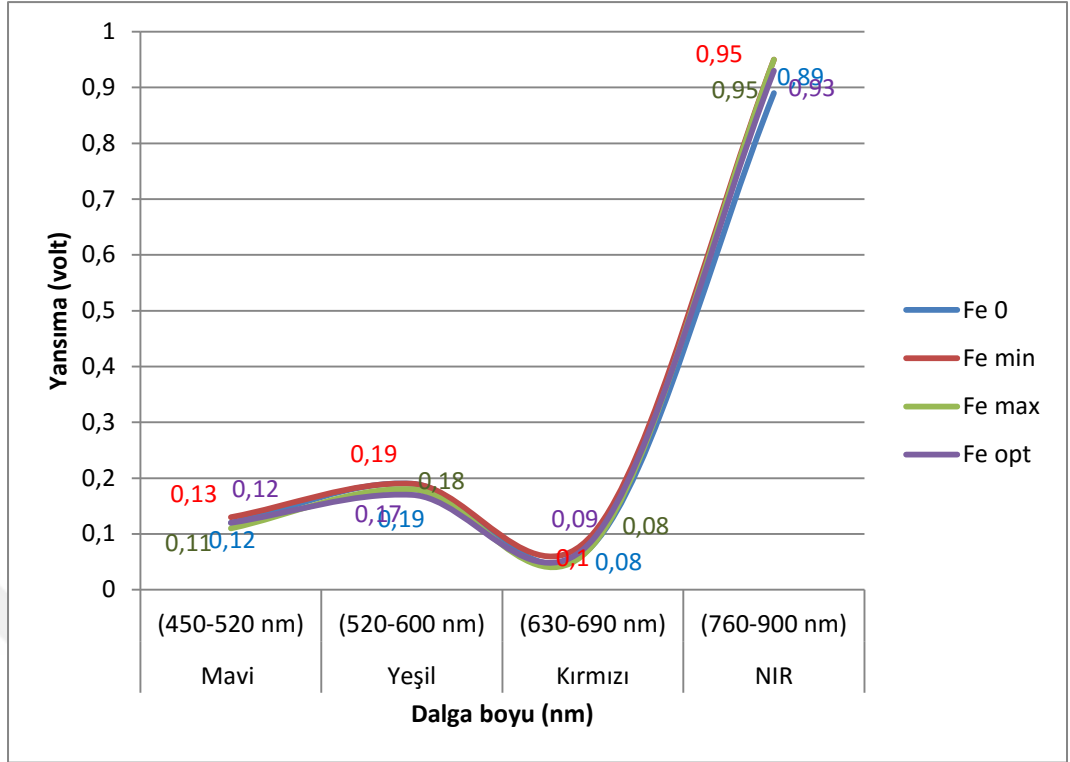
Çizelge 4.11. Bahar çiçeklenme döneminde Fe uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	Fe (ppm)	
Fe 0	0.12	0.19	0.08	0.89	39.125	10.43
Fe min	0.13	0.19	0.10	0.95	45.975	10.61
Fe max	0.11	0.18	0.08	0.95	51.825	9.18
Fe opt	0.12	0.17	0.09	0.93	45.250	14.66

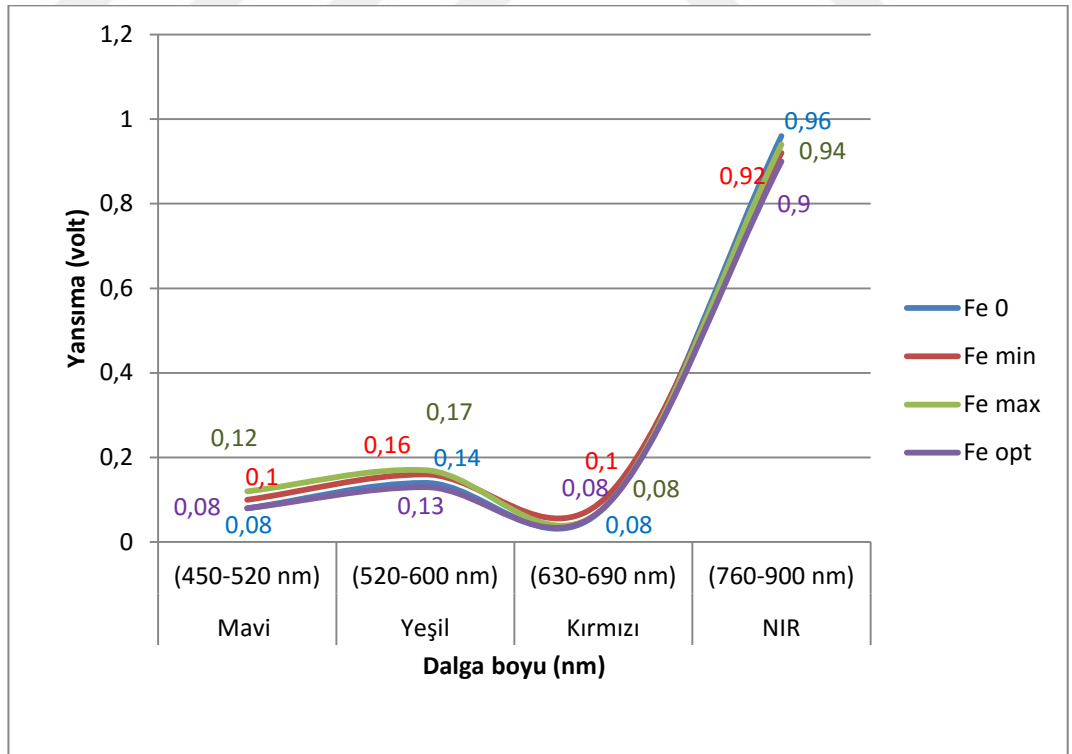
Çizelge 4.12. Güz çiçeklenme döneminde Fe uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	Fe (ppm)	
Fe 0	0.08	0.14	0.08	0.96	39.90	22.08
Fe min	0.10	0.16	0.10	0.92	42.838	22.06
Fe max	0.12	0.17	0.08	0.94	52.50	18.61
Fe opt	0.08	0.13	0.08	0.90	44.500	22.75
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					40-100 ppm	

Çiçeklenme döneminden itibaren 4 haftalık süre boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan demir beslemenin dört farklı doz uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.16 ve 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.16. Bahar-çiçeklenme süreci Fe uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.17. Güz-çiçeklenme süreci Fe uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.11’de de görüleceği gibi çiçeklenme sürecindeki domates bitkilerinde yapılan spektoradyometrik okumalar sonucunda bahar döneminde demir uygulamasında görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtma miktarları sırasıyla, 0.11-0.13 mavi, 0.17-0.19 yeşil, 0.08-0.10 kırmızı ve 0.89-0.95 NIR aralığında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi magnezyum uygulamasında (Bkz. Çizelge 4.12.) ise; 0.08-0.12 mavi, 0.13-0.17 yeşil, 0.08-0.10 kırmızı ve 0.90-0.96 NIR aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Buna göre, Fe besenmesinde bir genelleme yapıldığında; Fe miktarı arttıkça bahar döneminde güz dönemine oran ile mavi dalga boyu aralığında absorbans azalmıştır bunun aksine her iki dönemde de kırmızı dalga boyunda absorbans, yeşil ve NIR bölgedeki reflektans oranları yakın reflektans değerleri vermektedir.

Yapılan istatistiksel analizlere göre, Fe dozları arasındaki fark ile hiçbir dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında istatistiksel açıdan ilişki bulunamamıştır. Ancak, bahar ve güz dönemleri arasındaki farklılık mavi dalga boyundaki reflektans farklılaşmasını %5 önem seviyesinde ($\alpha= 0.012$) etkilerken, yine bahar ve güz dönemi arasındaki farklılık yeşil dalga boyundaki reflektans farklılaşmasını %1 önem seviyesinde ($\alpha= 0.005$) ilişkili bulunmuştur. Ayrıca, fizyolojik dönemler ile dalga boylarındaki reflektans farklılaşmaları arasında ilişki incelendiğinde NIR dalga boylarının reflektans farklılıklarının fizyolojik dönemler arası farktan istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkilenmediği ve diğer dalga boylarının reflektans farklılıklarının fizyolojik dönemler arası farktan istatistiksel açıdan %1 önem seviyesinde ilişki tespit edilmiştir. Güz döneminde ise mavi dalga boylarının reflektans farklılaşması ile fizyolojik dönemler arası fark istatistiksel açıdan %5 önem seviyesinde iken, kırmızı dalga boylarının reflektans farklılaşması ile fizyolojik dönemler arası fark istatistiksel açıdan %1 önem seviyesinde ilişkiye rastlanırken, yeşil dalga boyundaki farklılaşma ile fizyolojik dönem farklılıkları arasında ilişkiye rastlanmamıştır.

Şekil 4.16. ve 4.17’de de görüldüğü üzere bahar ve güz çiçeklenme döneminde benzer spektral yansımalar ya da benzer enerji kullanım şekilleri göstererek Fe’in farklı dozlarına ilişkin bir hususa çiçeklenme döneminde işaret etmemişlerdir. Bu durum yine her iki dönem için mavi ve kırmızı dalga boyunda yüksek absorbsiyon, yeşil ve NIR

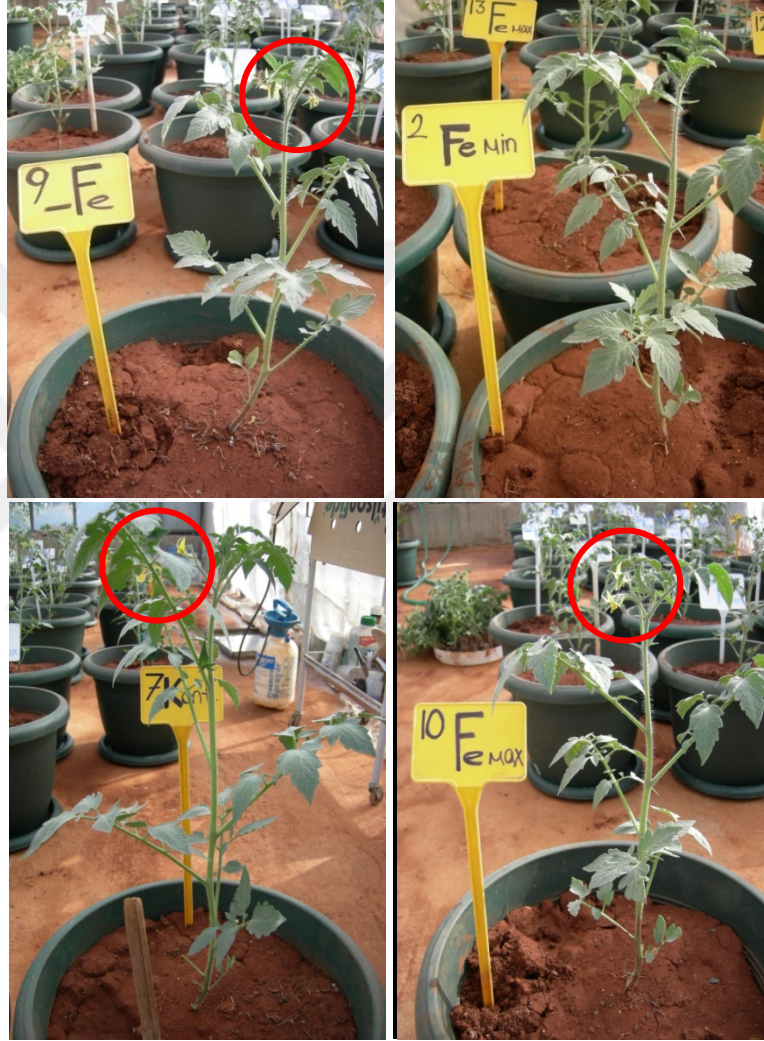
bölgesinde yüksek reflektans değerleri ile tipik bir bitki yansıması vermiş olmalarından da anlaşılmaktadır.

Yapılan analizler sonuçlarında bahar dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri Fe_0 , Fe_{min} ve Fe_{max} uygulamaları birbirine yakın çıkarken 10.42-10.60-9.18 mg/g arasında değişiklik gösterirken, en yüksek yaprak toplam klorofil içeriği 14.66 mg/g ile Fe_{opt} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Güz dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri Fe_0 ve Fe_{min} uygulamalarında birbirine yakın çıkarken 22.08-22.06 mg/g arasında değişiklik gösterirken, Fe_{max} uygulaması da 18.61 mg/g değeri vermiştir. En yüksek yaprak toplam klorofil içeriği 22.89 mg/g ile Fe_{opt} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Yine, Supanjani (2006) ve Eon Jeong vd (2006), artan EC seviyelerinin bitkide yaprak klorofil içeriğini azalttığını bilgisinden yola çıkılarak Fe_{max} dozunun Fe_{opt} dozuna oran ile neden az olduğunun sonucu açıklanabilir. Bunun haricinde, güz ve bahar dönemi klorofil analizleri sonuçlarına göre her iki dönemde de Fe_{max} dozu bitkilerinin klorofil içeriği diğer tüm uygulamaların klorofil içeriklerinden düşüktür. Güz dönemi yaprak toplam klorofil analiz sonuçların da diğer element uygulamalarının güz dönemi analizlerine benzer olarak bahar dönemi analizlerine göre yüksek miktarda klorofil birikimi tespit edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre, her iki dönemde de Fe dozları ile klorofil düzeylerindeki farklılaşma arasında istatistiksel açıdan %5 önem düzeyinde ilişkiye rastlanmıştır. Fe_{max} ile Fe_{opt} uygulamaları arasındaki fark klorofil miktarı üzerindeki farklılaşma ilişkisi %1 önem seviyesinde ($\alpha = 0.004$) bulunmuştur. Ayrıca yine fizyolojik dönemler arasındaki farkın, klorofil değerlerindeki farklılaşma üzerine %1 önem seviyesinde etkisinin olduğu yapılan analizler sonucunda anlaşılmıştır. Güz döneminde bu önem aralığı %5 seviyesindedir.

Yapılan yaprak analizleri sonuçlarında literatürde çiçeklenme dönemi için Fe beslenmesinde uygun görülen aralık 40-100 ppm arasında değişirken ve bahar dönemi Fe uygulaması yapılan tüm bitkilerde Fe (ppm) içeriği sırasıyla Fe_0 , Fe_{min} , Fe_{opt} , Fe_{max} , bitkilerinde sırasıyla 39.1-45.9-51.8-45.2 ppm değerleri elde edilmiştir. Güz dönemi Fe uygulaması yapılan tüm bitkilerde Fe (ppm) içeriği yakın çıkarken Fe_0 , Fe_{min} , Fe_{opt} , Fe_{max} , bitkilerinde sırasıyla 42.4-42.8-45.3-44.5 ppm değerleri elde edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda genel olarak, bahar ve g z yaprak analiz değerlerindeki farklılaşmanın Fe dozu uygulamaları ile arasında istatistiksel açıdan ilişki bulunamıştır. Ayrıca, her iki dönemde de yaprak analiz değerlerindeki farklılaşma üzerine fizyolojik sürecin etkisi istatistiksel açıdan %1 önem seviyesinde ilişkili bulunmuştur.



Şekil 4.18.    eklenme dönemi başlangıcında Fe uygulamalı bitkilerin    ek oluşumu

4.2. Meyve Tutum Dönemindeki Beslenme Koşulları ile Enerji Kullanımı Arasındaki İlişkiler

Deneme materyali olarak kullanılan domates bitkisinin meyve tutum dönemi ve bu dönemi kapsayan 4 haftalık süreç içerisinde olmak üzere; bahar dönemi için 14 Mayıs – 4 Haziran 2009, güz dönemi için 19 Ekim – 9 Kasım 2009 tarihleri arasında haftada bir defa (toplamda 4 okuma) ve dört tekerrürlü olmak üzere yapılan ölçümlerin aritmetik ortalamalarının alınması ile domates bitkisinin bu dönemdeki ortalama spektral yansıma değerleri elde edilmiştir.

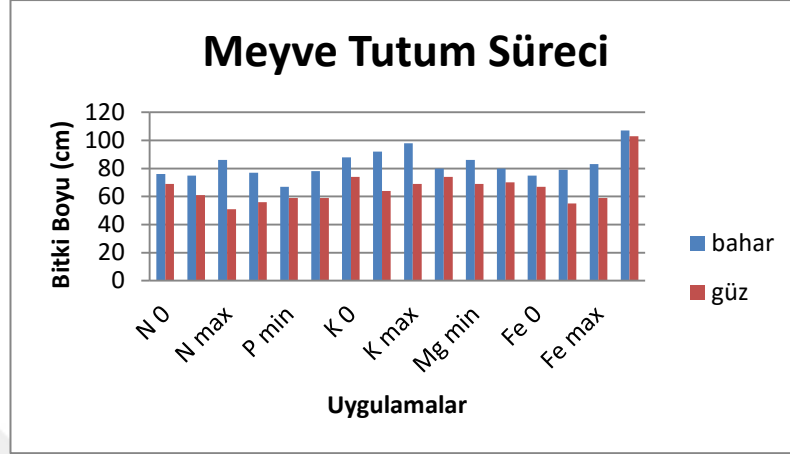


Şekil 4.19. Meyve tutum dönemi sera genel görüntüsü

Bahar dönemde uygulanan N, K ve Fe'in sıfır dozundan maximum dozuna doğru bitki boyunda artışın meydana geldiği, P ve Mg beslemesinin her üç dozunda ise böyle bir ilişkiye rastlanamamıştır. Çiçeklenme süresince bitki boylarının; güz sezonunda 25 cm'lerden 51-71 cm'e, bahar sezonunda 38 cm'lerden ortalama 67-98 cm'ye ve kontrol bitkisinin ise her iki sezonda sırasıyla 103- 107 cm'ye ulaştığı belirlenmiştir.

Bitki gövde çapları bahar ve güz döneminde benzer büyüklüklerde olmakla birlikte deneme süresince ölçülen gövde kalınlıklarının öncesi ortalama 5.06 mm iken gübreleme sonrası ortalama 7.86 mm değerine ulaştığı belirlenmiştir. Kontrol

bitkilerinin gövde çaplarının ise bu dönemde 9.87-10.29 mm değerleri arasında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.20. Bahar ve güz dönemimeyve tutum süreci ortalama bitki boyları

Farklı besin maddesi uygulamaları yapılmış olan deneme bitkilerininmeyve tutum süreci içerisindeki reflektans değerleri, güz ve bahar dönemleri olarak aşağıdaki Çizelge 4.13. ve 4.14.'de verilmiştir. Söz konusu çizelgelerde aynı zamanda deneme bitkilerine ait yaprak analiz sonuçları ve klorofil miktarları da verilmiştir.

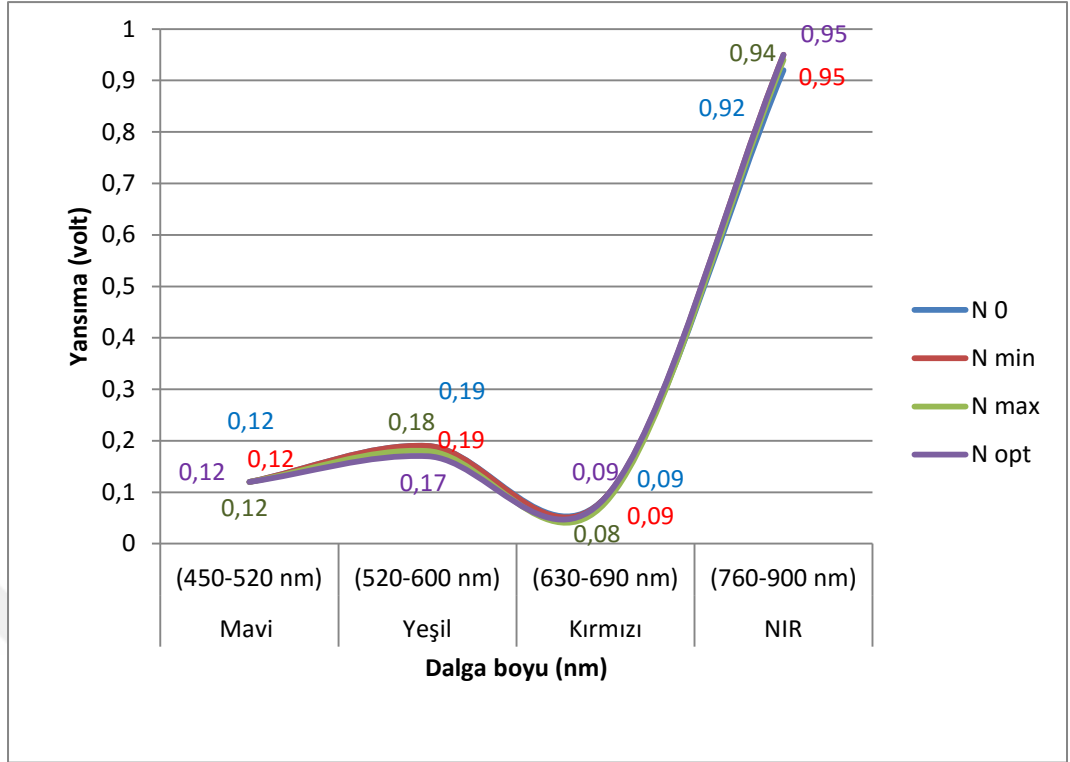
Çizelge 4.13. Bahar-meyve tutum döneminde N uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	N (%)	
N 0	0.12	0.19	0.09	0.92	2.660	17.276
N min	0.12	0.19	0.09	0.95	3.437	23.967
N max	0.12	0.18	0.08	0.94	4.542	20.947
N opt	0.12	0.17	0.09	0.95	3.091	22.330

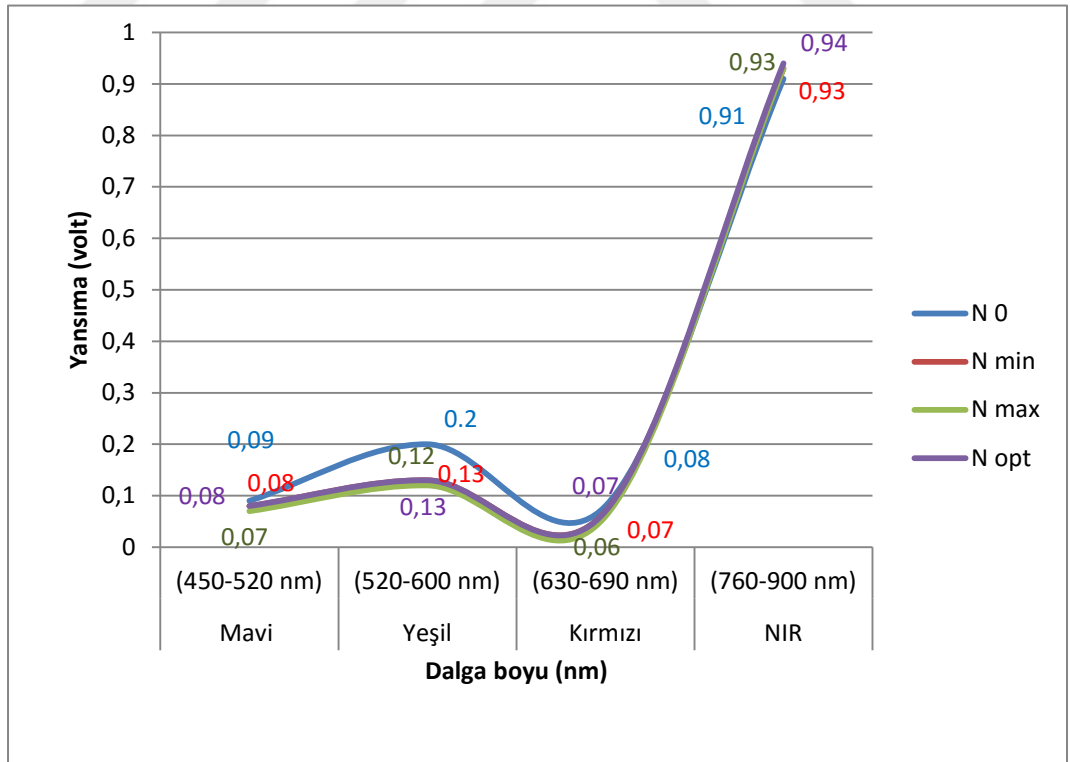
Çizelge 4.14. Güz-meyve tutum döneminde N uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	N (%)	
N 0	0.09	0.20	0.08	0.91	1.316	18.122
N min	0.08	0.13	0.07	0.93	2.471	19.180
N max	0.07	0.12	0.06	0.93	2.828	20.473
N opt	0.08	0.13	0.07	0.94	2.650	20.452
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					2-3.5%	

Meyve tutum döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan azot beslemenin dört farklı doz uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.21. ve 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.21. Bahar-meyve tutum süreci N uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.22. Güz-meyve tutum süreci N uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.13'den de görüleceği üzere bahar dönemi meyve tutum sürecinde farklı dozlarda azot uygulanmış domates bitkisinin yapraklarında yapılmış olan spektrometrik ölçümler sonucunda söz konusu bu bitkilerin elektromanyetik spektrumun görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtmaya miktarlarının sırasıyla, mavide tamamı 0.12, yeşilde 0.17-0.19, kırmızıda 0.08-0.09 ve yakın infrarede de 0.92-0.95 arasında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi N uygulamasında (Bkz. Çizelge 4.14) ise; mavide 0.07-0.09, yeşilde 0.12-0.20, kırmızıda 0.06-0.08 ve yakın infrared de 0.91-0.94 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Söz konusu bu bulgulara göre, meyve tutum sürecindeki bitkilerin enerji kullanımlarındaki bu farklılıklar, Daughtry vd (2000) tarafından da ifade edildiği üzere, beslenme koşullarındaki değişime bağlı olarak bitkilerin fizyolojik faaliyetlerinde ortaya çıkan farklılıklardan kaynaklanabilmektedir. Diğer bir ifadeyle, farklı dalga boyu aralıklarındaki bu yansıma farklılıkları, farklı miktarlarda uygulanan besin maddelerine bağlı olarak ortaya çıkması olası fizyolojik farklılıklardan ve/veya belki de yetersiz veya aşırı besin konsantrasyonlarına dayalı stres koşullarındaki değişimlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Azot uygulamaları spektrumun kırmızı ve NIR bölge reflektansını etkiler. N eksikliğinde kırmızı bölgedeki reflektans artarken, NIR bölgedeki reflektans azalır (Osborne 2002). Buna göre N besenmesinde bir genelleme yapıldığında; her iki dönemde de N_0 uygulamasında, literatürde ki bilgiyle doğru orantılı bir şekilde kırmızı bölgede reflektans artarken NIR bölgede azalmıştır. Yine güz döneminde fazla olmak üzere her iki dönemde de N_0 dozu yeşil dalga aralığında 550 nm'de yüksek reflektans verip kırmızı ve mavi dalga boylarındaki çukur değerleride düşük absorptans değerleri vermektedir. Ayrıca, her iki meyve tutum döneminin N_{opt} bitkilerinde NIR bölgede 760-900 nm aralığında yüksek reflektans elde edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, bahar ve güz meyve tutum döneminde, N dozları ile dalga boyları arasındaki ilişki incelendiğinde; her iki yetiştiricilik periyodunda da (bahar ve güz) farklı azot dozları ile mavi ve kırmızı dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında ilişki bulunamazken, farklı azot dozları ile yeşil dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında %1 önem seviyesinde ilişki ($\alpha = 0.000$) vardır. Farklılığın hangi dozlar arasında olduğu incelendiğinde, N_{opt} uygulamasının

N_{min} ve N_{max} ile arasındaki farkın yeşil dalga boyunda yarattığı reflektans farklılaşması hariç N_0 uygulaması ile diğer bütün dozlar arasında %1 önem seviyesinde ilişki ($\alpha=0.000$) bulunmuştur. Ayrıca, azotun farklı dozları ile NIR dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında %1 önem seviyesinde ($\alpha=0.006$) ilişki bulunmuştur. Farklılığın hangi dozlar arasında olduğu incelendiğinde, N_0 uygulaması ile N_{max} uygulaması ($\alpha=0.010$) ve yine N_0 uygulaması ile N_{opt} uygulaması ($\alpha=0.002$) arasındaki farklılığın NIR dalga boyunda reflektans farklılaşması ile %1 önem seviyesinde ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Buraya kadar, önemi bitkileri için artan N dozlarının, enerji kullanımı açısından pozitif ya da olumlu bazı fizyolojik faaliyetlerle neticelendiği belirlenmiş olmaktadır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, azotun bitkinin vejetatif aksamı geliştirdiğini ve net fotosentez oranı ile yapraktaki azot içeriği arasında olumlu bir ilişki bulunduğunu bildiren araştırmacıların bulguları (Güneş vd 2007) ile uyum içindedir ki nitekim çizelge 4.13. ve 4.14'de verilmiş olan deneme bitkilerinin klorofil analiz sonuçları da bu hususu desteklemektedir. Söz konusu çizelgeden görüleceği üzere deneme bitkisinin bahar dönemi toplam klorofil içerikleri N_{max} 20.94 mg/g iken, N_{min} ve N_{opt} dozları birbirine yakın ve 23.96- 22.33 mg/g arasında bulunmuş, en düşük klorofil içeriği ise, 17.27 mg/g ile N_0 uygulamalı bitkilerdir. Güz dönemi N uygulamalarının toplam klorofil içerikleri ise, N_{min} , N_{max} , N_{opt} uygulamalarının sırasıyla 19.18-20.47-20.45 mg/g bulunmuş, en düşük klorofil içeriği ise, 18.12 mg/g ile N_0 uygulamalı bitkilerdir. Bununla birlikte, maximum dozun toplam klorofil içeriğinin optimum doza oran ile az olmasının sebebi olarak, Supanjani (2006) ve Eon Jeong'a vd (2006) göre, gübreleme solüsyonunun artan EC seviyelerinin bitkide yaprak klorofil içeriğini azalttığını bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra N_{opt} ve N_{max} bitkilerinin azot beslemesi sonucu gelişmiş vejetatif aksamı, klorofil sentezini arttırarak bitkinin karbonhidrat kapsamını arttırmasına da sebep olur (Güneş vd 2007).

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; her iki yetiştiricilik periyodunun meyve tutum döneminde farklı azot dozları ile klorofil miktarları arasında ilişki bulunamamıştır. Ayrıca, her iki yetiştiricilik periyodu ile klorofil miktarındaki farklılaşma arasında istatistiki açıdan ilişki bulunmazken, güz döneminde klorofil değerlerinin bahar dönemine kıyasla fazla olmasının sebepleri arasında; güz döneminde

bitki gelişiminin bahar dönemine oran ile daha yavaş olması buna bağlı olarak yaprak ayalarının daha küçük olmasından kaynaklı birim alana düşen klorofil miktarının artışı gösterilebilir.

Yaprak analiz sonuçlarında literatürde meyve tutum dönemi için N beslenmesinde uygun görülen aralık % 2-3.5 arasında değişirken, bahar dönemi N_0 bitkilerinde toplam azot % 2.66, N_{min} , N_{max} ve N_{opt} bitkilerinin toplam azot içeriği sırasıyla % 3.43-4.54-3.09 değerleri arasındadır. Literatürde güz dönemi meyve tutum süreci için yaprakta N beslenmesinde uygun görülen aralık % 2-3.5 arasında değişirken, N_0 bitkilerinde toplam azot % 1.31, N_{min} , N_{max} ve N_{opt} bitkilerinin toplam azot içeriği sırasıyla % 2.47-2.82-2.65 olarak tesbit edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda bahar ve güz meyve tutum döneminde genel olarak, yaprak analiz değerlerindeki farklılaşmanın N dozu uygulamaları arasında % 1 önem seviyesinde ilişki bulunmuştur.

Çiçeklenme – meyve tutum başlangıcından itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen deneme bitkileri için yapılmış olan farklı fosfor uygulamalarının, bitkilerin enerji kullanımlarına olan etkilerinin sonuçlarına ilişkin spektrometrik ölçüm ve yaprak analiz değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

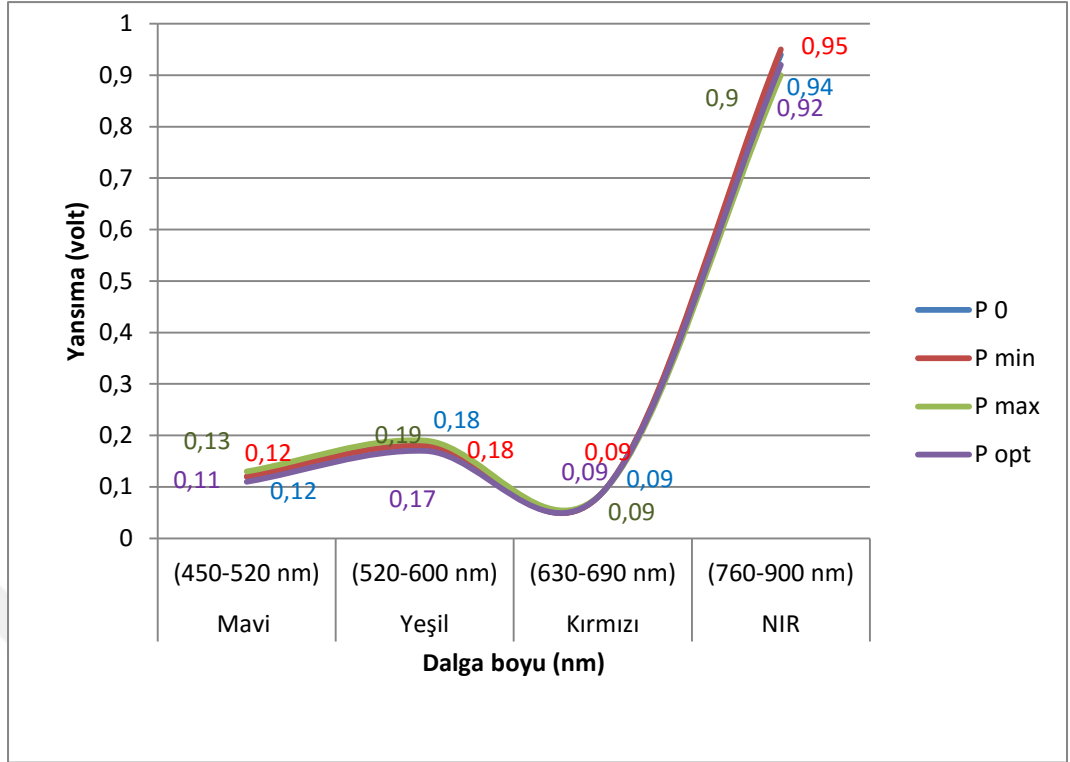
Çizelge 4.15. Bahar-meyve tutum döneminde P uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	P (%)	
P 0	0.12	0.18	0.09	0.94	0.044	21.629
P min	0.12	0.18	0.09	0.95	0.108	16.796
P max	0.13	0.19	0.09	0.90	0.296	16.700
P opt	0.11	0.17	0.09	0.92	0.274	22.330

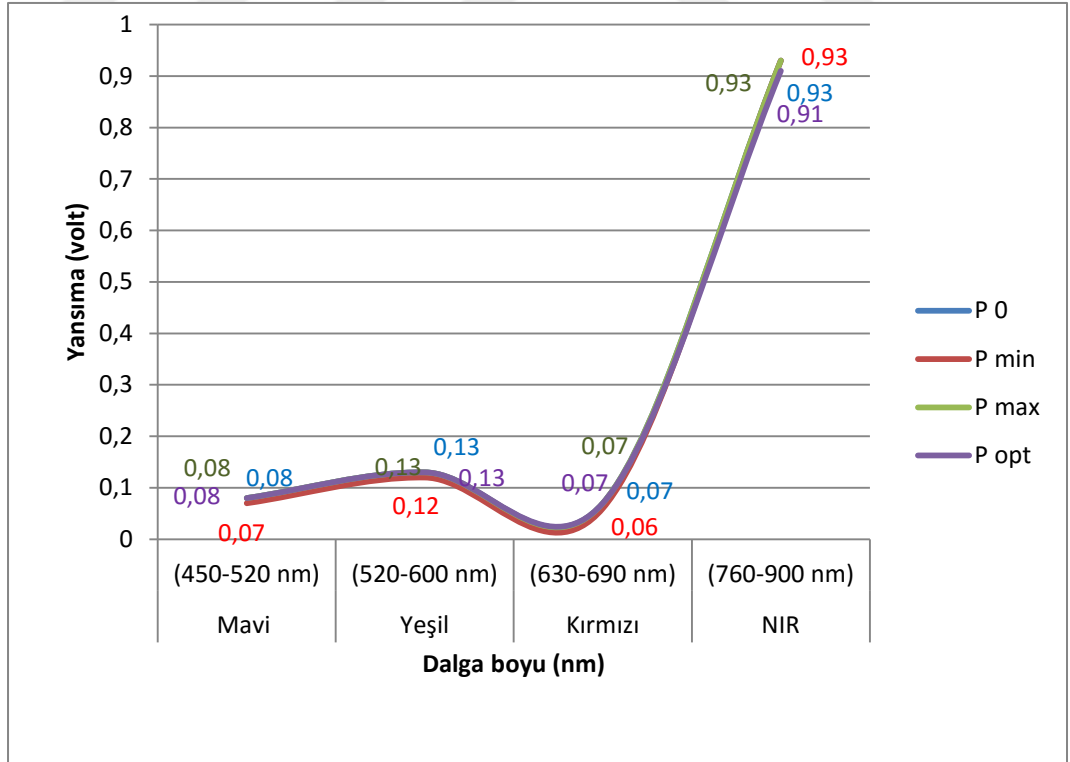
Çizelge 4.16. Güz-meyve tutum döneminde P uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	P (%)	
P 0	0.08	0.13	0.07	0.93	0.025	19.048
P min	0.07	0.12	0.06	0.93	0.180	15.241
P max	0.08	0.13	0.07	0.93	0.180	17.640
P opt	0.08	0.13	0.07	0.91	0.200	18.22
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					0.2-0.4%	

Meyve tutum döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan fosfor beslemenin dört farklı doz uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.23. ve 4.24’de verilmiştir.



Şekil 4.23. Bahar-meyve tutum süreci P uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.24. Güz-meyve tutum süreci P uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.15’de de görüleceği gibi meyve tutum sürecindeki domates bitkilerinde yapılan spektrometrik okumalar sonucunda bahar döneminde fosfor uygulamasında görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtma miktarları sırasıyla, 0.11-0.13 mavi, 0.17-0.19 yeşil, 0.09 kırmızı ve 0.90-0.95 NIR aralığında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi (Bkz. Çizelge 4.16.) fosfor uygulamasında ise; 0.07-0.08 mavi, 0.12-0.13 yeşil, 0.06-0.07 kırmızı ve 0.91-0.93 NIR aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, meyve tutum döneminde P dozları ile dalga boyları arasındaki ilişki incelendiğinde; P dozlarındaki farklılaşma ile dalga boylarındaki reflektans farklılaşması arasında ilişki bulunamazken, her iki yetiştiricilik periyodu (bahar ve güz) arasındaki fark ile NIR hariç tüm dalga boylarında ki reflektans farklılaşmaları arasında %1 önem seviyesinde ($\alpha=0.000$) yüksek ilişki bulunmuştur.

Yapılan analizler sonuçlarında bahar dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri P_{min} , P_{max} uygulamalarında birbirine yakın çıkarken 16.79-16.70 mg/g arasında değişiklik göstermiştir. P_0 21.62 mg/g’dır ve Rao ve Terry’nin 1989’da da bildirdiği üzere P noksanlığında çoğu zaman klorofil içeriği artar ve yapraklar koyu yeşil renk alırlar, çünkü hücre ve yaprak büyümesi klorofil ve kloroplast oluşumlarından daha fazla geriler (Güneş vd 2007). P_{opt} 22.33 mg/g ile en yüksek yaprak toplam klorofil içeriği kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Güz dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri, P_0 , P_{min} , P_{max} ve P_{opt} uygulamaları için sırasıyla, 19.04-15.24-17.64 ve 18.22 mg/g dır. Yine, Supanjani (2006) ve Eon Jeong vd (2006), artan EC seviyelerinin bitkide yaprak klorofil içeriğini azalttığını bilgisinden yola çıkılarak P_{max} dozunun P_{opt} dozluna oran ile neden az olduğunun sonucu açıklanabilir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, bahar ve güz çiçeklenme döneminde P dozları ile klorofil düzeylerindeki farklılaşma arasında istatistiksel açıdan önemli bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir.

Yaprak analiz sonuçlarında literatürde meyve tutum dönemi için P beslenmesinde uygun görülen aralık % 0.2-0.4 arasında değişirken, bahar dönemi P uygulaması yapılan tüm bitkilerde en yüksek % 0.296 ile P_{max} iken güz dönemi P uygulaması yapılan tüm

bitkilerde ise en yüksek % 0.200 ile P_{opt} değerine rastlanmıştır. Güz döneminde P'un farklı dozlarının uygulandığı bitkilerde yapılan analiz sonuçlarına göre yapraktaki fosfor değerlerinin yeterli sınır değerleri arasına girememiş olması toprak sıcaklığının bu dönemde giderek düşmesinden de kaynaklı olabileceği görüşü (Özkan 2007) literatür bilgileri arasındadır.

Yine yapılan istatistiksel analiz sonucunda, her iki dönemde de yaprak analiz değerlerindeki farklılaşmanın P dozu uygulamaları ile % 1 önem seviyesinde ilişki bulunurken dönemler arasındaki farkın yaprak analiz sonuçlarındaki farklılaşma ile bir ilişkisi bulunamamıştır.

Çiçeklenme – meyve tutum başlangıcından itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen deneme bitkileri için yapılmış olan farklı potasyum uygulamalarının, bitkilerin enerji kullarımlarına olan etkilerinin sonuçlarına ilişkin spektrometrik ölçüm ve yaprak analiz değeri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

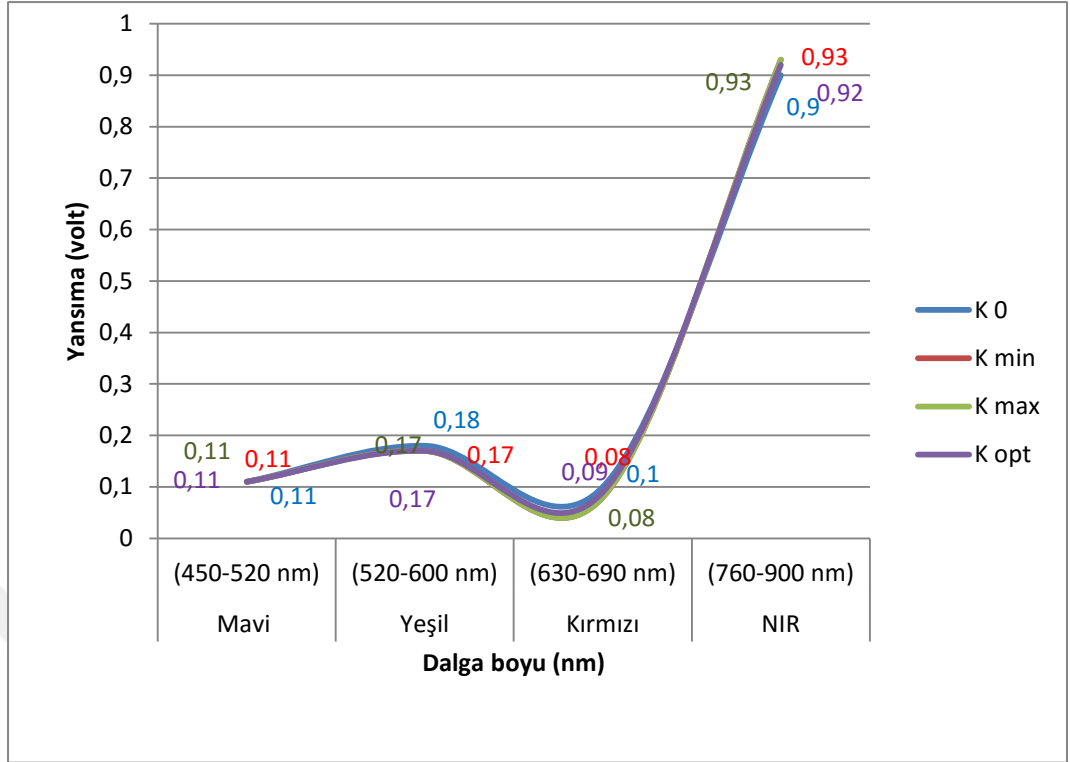
Çizelge 4.17. Bahar-meyve tutum döneminde K uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	K (%)	
K 0	0.11	0.18	0.10	0.90	1.047	18.267
K min	0.11	0.17	0.08	0.93	1.462	20.195
K max	0.11	0.17	0.08	0.93	1.943	22.330
K opt	0.11	0.17	0.09	0.92	1.350	23.897

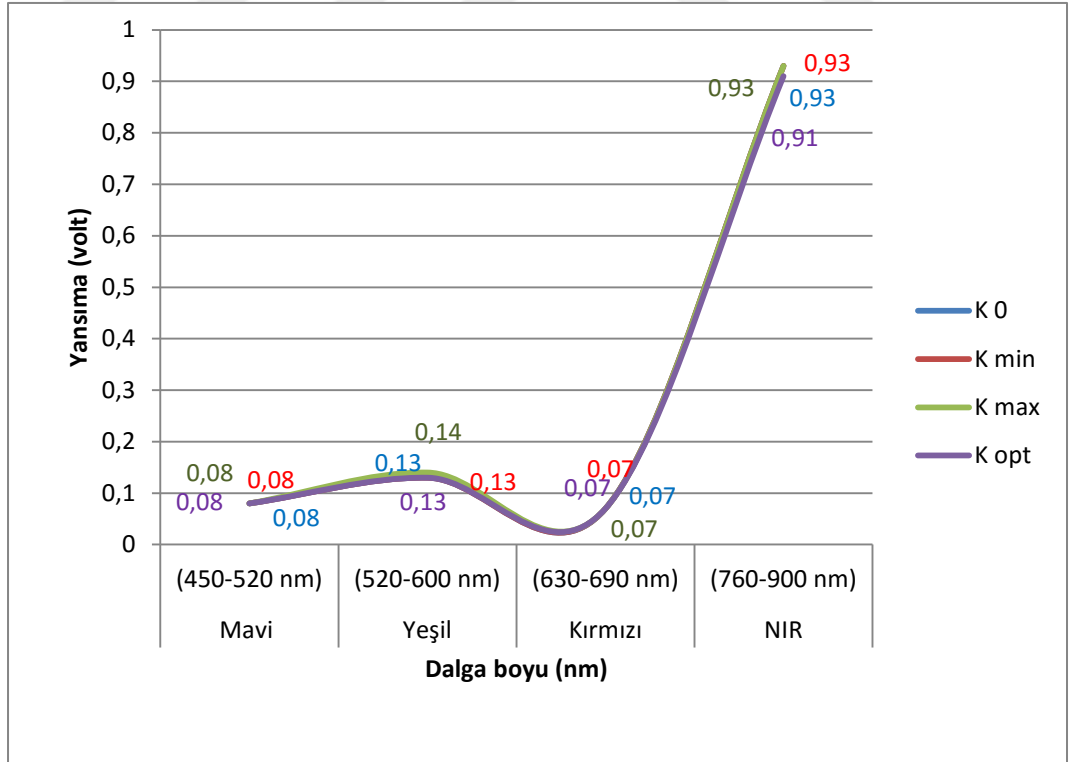
Çizelge 4.18. Güz-meyve tutum döneminde K uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	K (%)	
K 0	0.08	0.13	0.07	0.93	0.570	18.337
K min	0.08	0.13	0.07	0.93	0.690	18.122
K max	0.08	0.14	0.07	0.93	1.033	20.791
K opt	0.08	0.13	0.07	0.91	0.700	20.660
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					2-4%	

Meyve tutum döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan potasyum beslemenin dört farklı doz uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.25. ve 4.26’da verilmiştir.



Şekil 4.25. Bahar-meyve tutum süreci K uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.26. Güz-meyve tutum süreci K uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.17.'de de görüleceği gibi meyve tutum sürecindeki domates bitkilerinde yapılan spektrometrik okumalar sonucunda söz konusu bu bitkilerin K beslemesi sonucu elektromanyetik spektrumun görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtma miktarları sırasıyla, bahar döneminde 0.11 mavi, 0.17-0.18 yeşil, 0.08-0.10 kırmızı ve 0.90-0.93 NIR aralığında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi (Bkz. Çizelge 4.18.) potasyum uygulamasında ise; 0.08 mavi, 0.13-0.14 yeşil, 0.07 kırmızı ve 0.91-0.93 NIR aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Yapılan istatistiksel analize göre, her iki dönemde de K dozlarındaki fark ile hiçbir dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında istatistiksel açıdan önemli bir ilişki bulunamamıştır. Ancak, meyve tutumu sırasında bahar ve güz döneminde ki farklılık mavi ve yeşil dalga boylarında reflektans farklılaşmasına sebep olur ki bu da %1 önem seviyesinde bir ilişki ($\alpha = 0.000$) olduğu saptanmıştır.

Daha öncede bahsedildiği üzere, C3 bitkilerde kloroplast proteinlerinin büyük bir kısmı RiBP karboksilaz enzimi sayesinde gerçekleşirken bu enzimin sentezi K noksanlığında da azalmaktadır. Yapılan analizler sonuçlarında bahar dönemi K_0 , K_{min} , K_{max} domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri sırasıyla 18.26-20.19-22.33 mg/g değerleri arasında değişiklik gösterirken K_{opt} kontrol uygulamasında toplam klorofil içeriği 23.89 mg/g ile elde edilmiştir. Güz dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri K_0 ve K_{min} uygulamalarında birbirine yakın çıkarken 18.33-18.12 mg/g arasında değişiklik gösterirken, K_{max} ve K_{opt} kontrol uygulaması birbirine yakın değerler gösterip 20.79-20.66 mg/g değerlerini vermiştir. K_{opt} dozundaki klorofil miktarındaki artış ise Leigh vd'nin (1984) yaptıkları çalışmada, belirtildiği gibi potasyumun vakuollerdeki konsantrasyonu 10-200 mM iken, sitoplazma ve kloroplastlardaki konsantrasyonunun 100-200 mM arasında değiştiğinin bildirilmiş olması ile optimum koşullarda beslemesi gerçekleştirilen bitkilerde vakuol büyümesinin aksi durumdaki bitkilere kıyasla az olması ile açıklanabilir. Bahar dönemi yaprak toplam klorofil analiz sonuçların da diğer element uygulamalarının bahar dönemi analizlerinden farklı olarak güz dönemi toplam klorofil analiz sonuçlarına benzer miktarda klorofil birikimi tespit edilmiştir.

Şekil 4.25. ve 4.26'da da görüldüğü üzere bahar ve güz çiçeklenme döneminde benzer spektral yansımalar ya da benzer enerji kullanım şekilleri göstererek K'un farklı dozlarına ilişkin bir hususa meyve tutum döneminde de işaret etmemişlerdir. Bu durum yine yapılan istatistik analizleri sonucunda K dozları arasındaki farklılık ile klorofil düzeyleri arasında ki farklılaşmanın istatistiksel olarak önemli olmayışından da anlaşılmaktadır.

Yapılan yaprak analizleri sonuçlarında literatürde meyve tutum dönemi için K beslenmesinde uygun görülen aralık %2-4 arasında değişirken, bahar dönemi K uygulaması yapılan tüm bitkilerde %K içeriği yakın çıkarken K_{min} , K_{max} , K_{opt} bitkilerinde sırasıyla %1.48-1.41-1.20 değerleri elde edilmiştir. En düşük potasyum içeriğine, %1.04 değeri ile K_0 bitkisinde rastlanmıştır. Güz dönemi K uygulaması yapılan tüm bitkilerde %K içeriği K_{min} , K_{max} , K_{opt} bitkilerinde sırasıyla %0.69-1.03-0.70 değerleri elde edilmiştir. En düşük potasyum içeriğine, %0.57 değeri ile K_0 bitkisinde rastlanmıştır.

Yapılan istatistiksel analize göre, K dozlarındaki fark ile yaprak analiz sonuçları arasındaki farklılaşma arasında istatistiksel açıdan yüksek önem düzeyinden bir ilişki bulunamamıştır. Ancak, yetiştirme mevsimleri arasındaki farklılık ile yaprak %K içerikleri arasında %1 önem seviyesinde ilişkiye rastlanmıştır.

Çiçeklenme – meyve tutum başlangıcından itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen deneme bitkileri için yapılmış olan farklı magnezyum uygulamalarının, bitkilerin enerji kullanımlarına olan etkilerinin sonuçlarına ilişkin spektrometrik ölçüm ve yaprak analiz değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

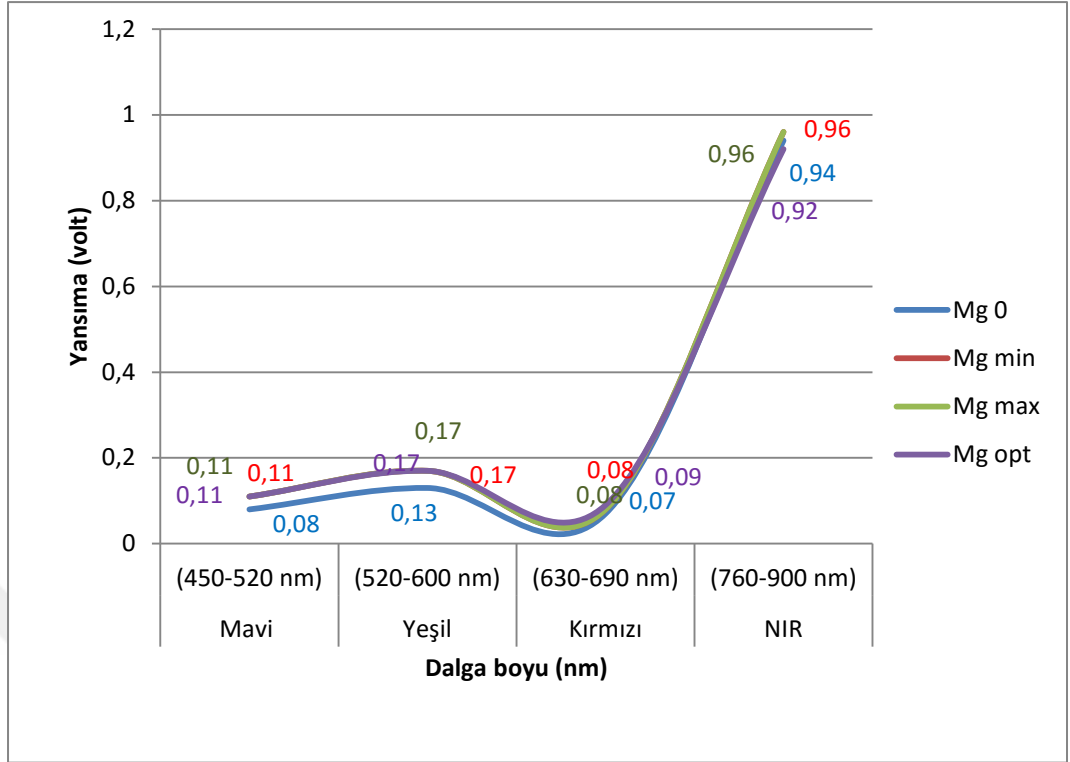
Çizelge 4.19. Bahar-meyve tutum döneminde Mg uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	Mg (%)	
Mg 0	0.08	0.13	0.07	0.94	0.187	17.226
Mg min	0.11	0.17	0.08	0.96	0.188	18.570
Mg max	0.11	0.17	0.08	0.96	0.225	20.750
Mg opt	0.11	0.17	0.09	0.92	0.241	22.330

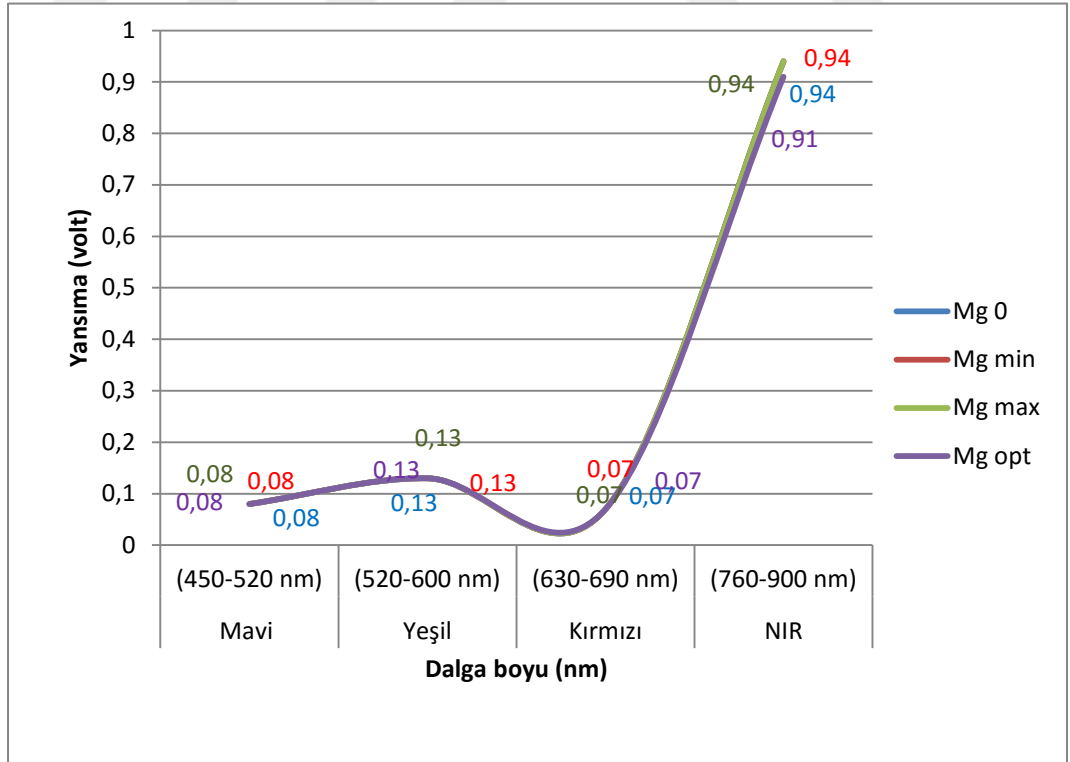
Çizelge 4.20. Bahar-meyve tutum döneminde Mg uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	Mg (%)	
Mg 0	0.08	0.13	0.07	0.94	0.206	18.122
Mg min	0.08	0.13	0.07	0.94	0.222	19.660
Mg max	0.08	0.13	0.07	0.94	0.231	22.639
Mg opt	0.08	0.13	0.07	0.91	0.250	22.770
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					0.25-0.5%	

Meyve tutum döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan magnezyum beslemenin dört farklı doz uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.27 ve 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4.27. Bahar-meyve tutum süreci Mg uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.28. Güz-meyve tutum süreci Mg uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.19.'da da görüleceği gibi meyve tutum sürecindeki domates bitkilerinde yapılan spektrometrik okumalar sonucunda bahar döneminde magnezyum uygulamasında görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtma miktarları sırasıyla, 0.08-0.11 mavi, 0.13-0.17 yeşil, 0.07-0.09 kırmızı ve 0.92-0.96 NIR aralığında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi magnezyum uygulamasında (Bkz. Çizelge 4.20.) ise; 0.08 mavi, 0.13 yeşil, 0.07 kırmızı ve 0.91-0.94 NIR aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Mg dozları arasındaki fark ile kırmızı hariç mavi, yeşil ve NIR dalga boylarındaki reflektans farklılaşmaları arasında %1 önem seviyesinde ilişki bulunmuştur. Aynı zamanda yetiştiricilik mevsimleri (bahar ve güz) arasındaki fark ile bütün dalga boylarının reflektans farklılaşmaları arasında %1 önem seviyesinde güçlü ilişkiye rastlanmıştır.

Yapılan analizler sonuçlarında bahar dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri Mg_0 , Mg_{min} ve Mg_{max} uygulamaları sırasıyla 17.22-18.57-20.75 mg/g arasında değişiklik gösterirken, en yüksek yaprak toplam klorofil içeriği 22.33 mg/g ile Mg_{opt} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Güz dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri Mg_0 , Mg_{min} ve Mg_{max} uygulamalarında sırasıyla 18.12-19.66-22.63 mg/g arasında değişiklik gösterirken, en yüksek yaprak toplam klorofil içeriği 22.77 mg/g ile Mg_{opt} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Yine, Supanjani (2006) ve Eon Jeong vd (2006), artan EC seviyelerinin bitkide yaprak klorofil içeriğini azalttığını bilgisinden yola çıkılarak Mg_{max} dozunun Mg_{opt} dozuna oran ile neden az olduğunun sonucu açıklanabilir. Güz dönemi yaprak toplam klorofil analiz sonuçları diğer element uygulamalarının güz dönemi analizlerine kıyasla bahar dönemi analizlerine benzer klorofil birikimi tespit edilmiştir. Ayrıca her iki dönemde de Mg noksanlığında klorofil miktarının düşük çıkması literatür (Marschner 1995) ile ilişkili sonuçlara işaret etmesine rağmen, istatistiksel analiz sonuçlarına göre de, Mg dozları arasındaki fark ile klorofil miktarları arasındaki farklılaşma arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunamamıştır.

Şekil 4.24. ve 4.25.'de de görüldüğü üzere bahar ve güz meyve tutum dönemi ile bahar ve güz çiçeklenme döneminin benzer spektral yansımalar ya da benzer enerji

kullanım şekilleri gösterdiği görülmektedir. Mg'un farklı dozlarına ilişkin bir hususa her iki dönemde de benzer mesafeden yaklaşım gösteren reflektans okumalarının sebebi olarak Mg'un meyve tutum döneminde bitki bünyesinde herhangi bir farklılığa işaret etmemiştir. Bu durum yine her iki dönem için mavi ve kırmızı dalga boyunda yüksek absorpsiyon, yeşil ve NIR bölgesinde yüksek reflektans değerleri ile tipik bir bitki yansıması vermiş olmalarından da anlaşılmaktadır.

Yapılan yaprak analizleri sonuçlarında literatürde meyve tutum dönemi için Mg beslenmesinde uygun görülen aralık % 0.25-0.5 arasında değişirken, bahar dönemi Mg uygulaması yapılan tüm bitkilerde % Mg içeriği sınır değerlerin altında çıkarken Mg_0 , Mg_{min} , Mg_{max} , Mg_{opt} , bitkilerinde sırasıyla % 0.18-0.18-0.22-0.24 değerleri elde edilmiştir. Güz dönemi Mg uygulaması yapılan tüm bitkilerde % Mg içeriği yakın çıkarken Mg_0 , Mg_{min} , Mg_{max} , Mg_{opt} , bitkilerinde sırasıyla % 0.20-0.22-0.23-0.25 değerleri elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, meyve tutum döneminde yaprak %Mg içeriği ile Mg dozları arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişkiye rastlanmamıştır.

Çiçeklenme – meyve tutum başlangıcından itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen deneme bitkileri için yapılmış olan farklı demir uygulamalarının, bitkilerin enerji kullanımlarına olan etkilerinin sonuçlarına ilişkin spektrometrik ölçüm ve yaprak analiz değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

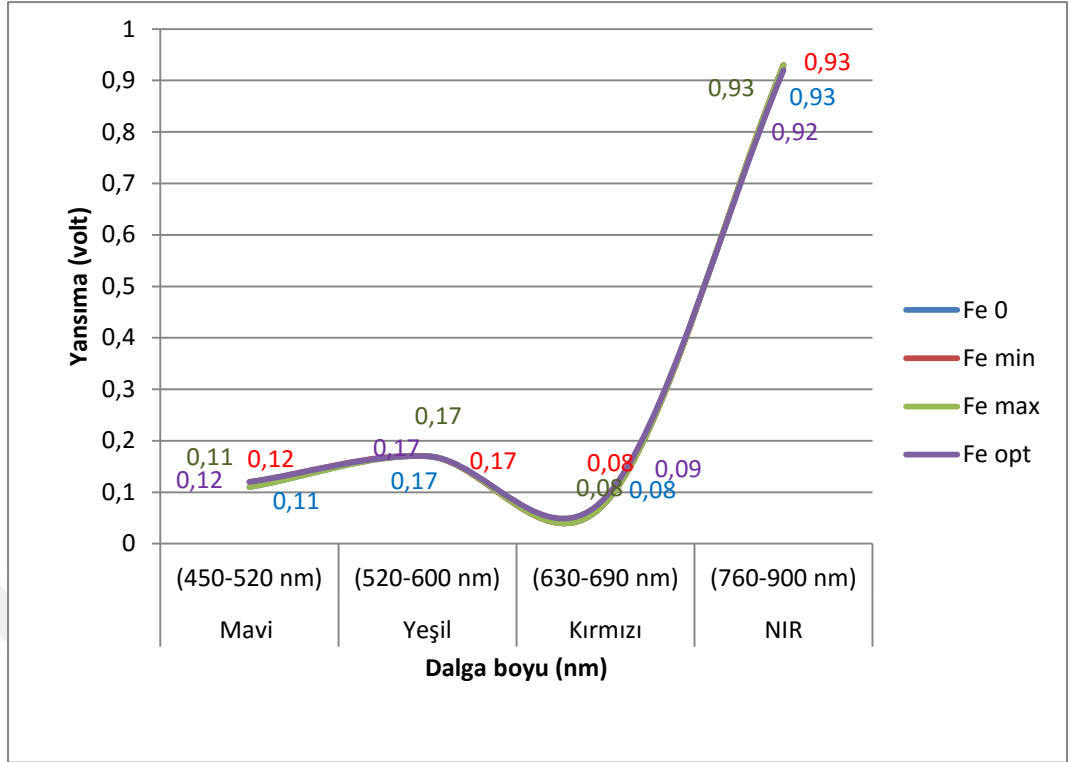
Çizelge 4.21. Bahar-meyve tutum döneminde Fe uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	Fe (ppm)	
Fe 0	0.11	0.17	0.08	0.93	45.600	14.450
Fe min	0.12	0.17	0.08	0.93	59.550	18.350
Fe max	0.11	0.17	0.08	0.93	73.175	20.490
Fe opt	0.12	0.17	0.09	0.92	72.025	22.330

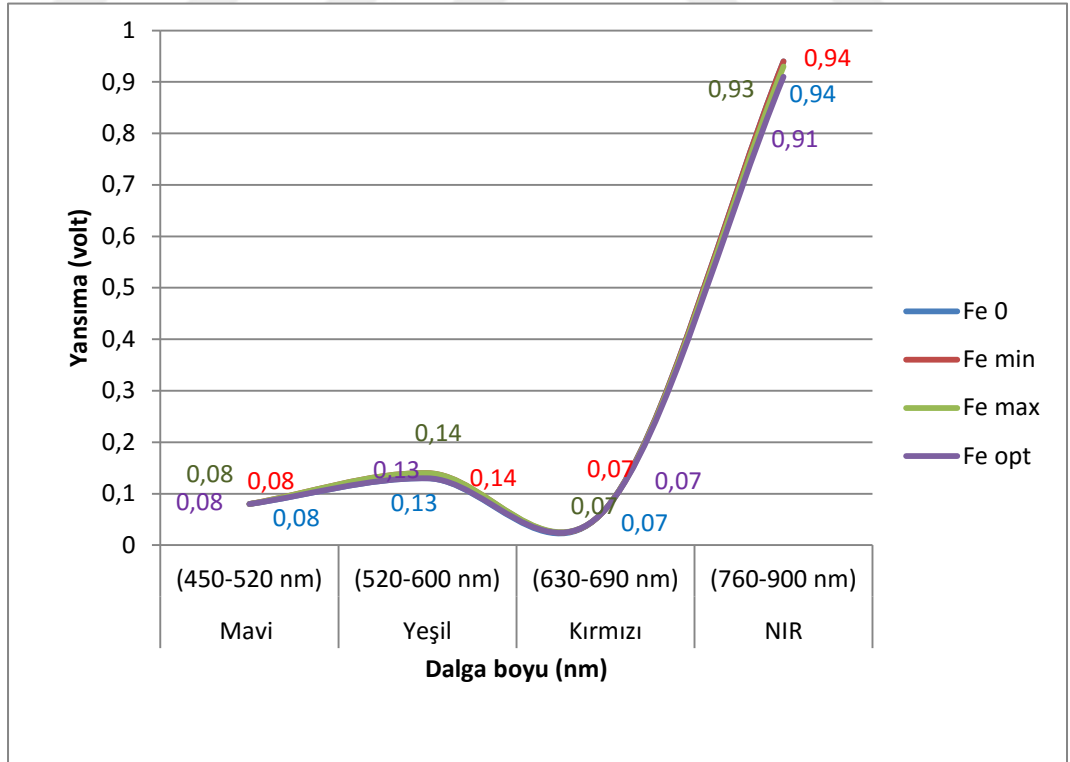
Çizelge 4.22. Güz-meyve tutum döneminde Fe uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	Fe (ppm)	
Fe 0	0.08	0.13	0.07	0.94	28.100	18.122
Fe min	0.08	0.14	0.07	0.94	30.400	20.528
Fe max	0.08	0.14	0.07	0.93	36.500	19.715
Fe opt	0.08	0.13	0.07	0.91	36.750	21.276
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					40-100 ppm	

Meyve tutum döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan demir beslemenin dört farklı doz uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.29. ve 4.30.'da verilmiştir.



Şekil 4.29. Bahar-meyve tutum süreci Fe uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.30. Güz-meyve tutum süreci Fe uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.21.'de de görüleceği gibi çiçeklenme sürecindeki domates bitkilerinde yapılan spektrometrik okumalar sonucunda bahar döneminde demir uygulamasında görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtma miktarları sırasıyla, 0.11-0.12 mavi, 0.17 yeşil, 0.08-0.09 kırmızı ve 0.92-0.93 NIR aralığında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi demir uygulamasında (Bkz. Çizelge 4.22.) ise; 0.08 mavi, 0.13-0.14 yeşil, 0.07 kırmızı ve 0.91-0.94 NIR aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. İstatistiksel analize göre NIR dalga boyu hariç diğer tüm dalga boylarındaki reflektans farklılaşması ile yetiştiricilik mevsimleri arasındaki fark arasında %1 önem seviyesinde ilişki bulunurken Fe dozları ile reflektans farklılıkları arasında önemli bir ilişkiye rastlanamamıştır.

Yapılan bitki analizleri sonucunda bahar dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri Fe_0 , Fe_{min} ve Fe_{max} uygulamaları sırasıyla 14.45-18.35 ve 20.49 mg/g arasında değişiklik gösterirken, en yüksek yaprak toplam klorofil içeriği 22.33 mg/g ile Fe_{opt} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Güz dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri Fe_0 , Fe_{min} ve Fe_{max} uygulamaları sırasıyla 19.71-20.52-21.27 mg/g arasında değişiklik gösterirken, Fe_{opt} uygulaması da 18.12 mg/g ile en düşük değeri vermiştir. İstatistiksel açıdan incelendiğinde, yetiştirme mevsimleri arasındaki farkın veya uygulanan Fe dozları arasındaki farkın klorofil miktarındaki farklılaşma üzerine önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Yapılan yaprak analizleri sonuçlarında literatürde çiçeklenme dönemi için Fe beslenmesinde uygun görülen aralık 40-100 ppm arasında değişirken ve bahar dönemi Fe uygulaması yapılan tüm bitkilerde Fe (ppm) içeriği sırasıyla Fe_0 , Fe_{min} , Fe_{opt} , Fe_{max} , bitkilerinde sırasıyla 45.6-72.0-59.5-73.1-ppm değerleri elde edilmiştir. Güz dönemi Fe uygulaması yapılan tüm bitkilerde Fe (ppm) içeriği sınır değerliğinin altında kalırken Fe_0 , Fe_{min} , Fe_{opt} , Fe_{max} , bitkilerinde sırasıyla 28.1-29.1-32.3-31.2 ppm değerleri elde edilmiştir. İstatistiksel açıdan incelendiğinde, yetiştirme mevsimleri arasındaki farkın veya uygulanan Fe dozları arasındaki farkın yaprakta %Fe miktarındaki farklılaşma üzerine %1 önem seviyesinde bir ilişkinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.29. ve 4.30.'da da görüldüğü üzere bahar ve güz çiçeklenme döneminde benzer spektral yansımalar ya da benzer enerji kullanım şekilleri göstererek Fe'in farklı dozlarına ilişkin bir hususa meyve tutum döneminde işaret etmemişlerdir. Bu durum

yine her iki dönem için mavi ve kırmızı dalga boyunda yüksek absorpsiyon, yeşil ve NIR bölgesinde yüksek reflektans değerleri ile tipik bir bitki yansıması vermiş olmalarından da anlaşılmaktadır.

4.4. Hasat Dönemindeki Beslenme Koşulları ile Enerji Kullanımı Arasındaki İlişkiler

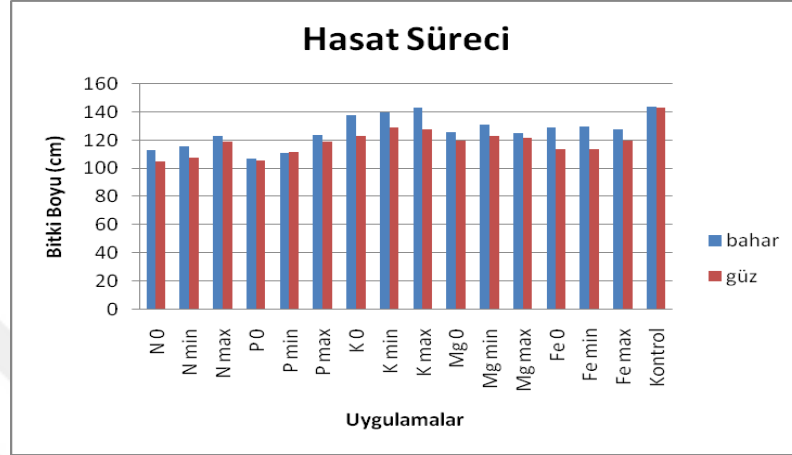
Deneme materyali olarak kullanılan domates bitkisinin hasat dönemi ve bu dönemi kapsayan 4 haftalık süreç içerisinde olmak üzere; bahar dönemi için 11 Haziran – 2 Temmuz 2009, güz dönemi için 16 Kasım – 7 Aralık 2009 tarihleri arasında haftada bir defa (toplamda 4 okuma) ve dört tekerrürlü olmak üzere yapılan ölçümlerin aritmetik ortalamalarının alınması ile domates bitkisinin bu dönemdeki ortalama spektral yansıma değerleri elde edilmiştir.



Şekil 4.31. Hasat dönemi genel sera görünüşü

Bahar dönemde uygulanan N, P ve kısmen K'nin sıfır dozundan maximum dozuna doğru bitki boyunda artışın meydana geldiği, Fe ve Mg beslemesinin her üç dozunda ise böyle bir ilişkiye rastlanamamıştır. Hasat süresince bitki boylarının; güz sezonunda 51-71 cm'lerden 107-143 cm'lere, bahar sezonunda 67-98 cm'lerden 105-129 cm'lere ve kontrol bitkisinin ise her iki sezonda sırasıyla 143 - 144 cm'ye ulaştığı belirlenmiştir.

Bitki gövde çapları bahar ve güz döneminde deneme süresince ölçülen gövde kalınlıklarının öncesi ortalama 7.86 mm iken gübreleme sonrası ortalama 9.82 mm değerine ulaştığı belirlenmiştir. Kontrol bitkilerinin gövde çaplarının ise bu dönemde 10.29-10.47 mm değerleri arasında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.32. Bahar ve güz dönemi hasat süreci ortalama bitki boyları

Farklı besin maddesi uygulamaları yapılmış olan deneme bitkilerinin hasat süreci içerisindeki reflektans değerleri, güz ve bahar dönemleri olarak aşağıdaki Çizelge 4.23. ve 4.24'de verilmiştir. Söz konusu çizelgelerde aynı zamanda deneme bitkilerine ait yaprak analiz sonuçları ve klorofil miktarları da verilmiştir.

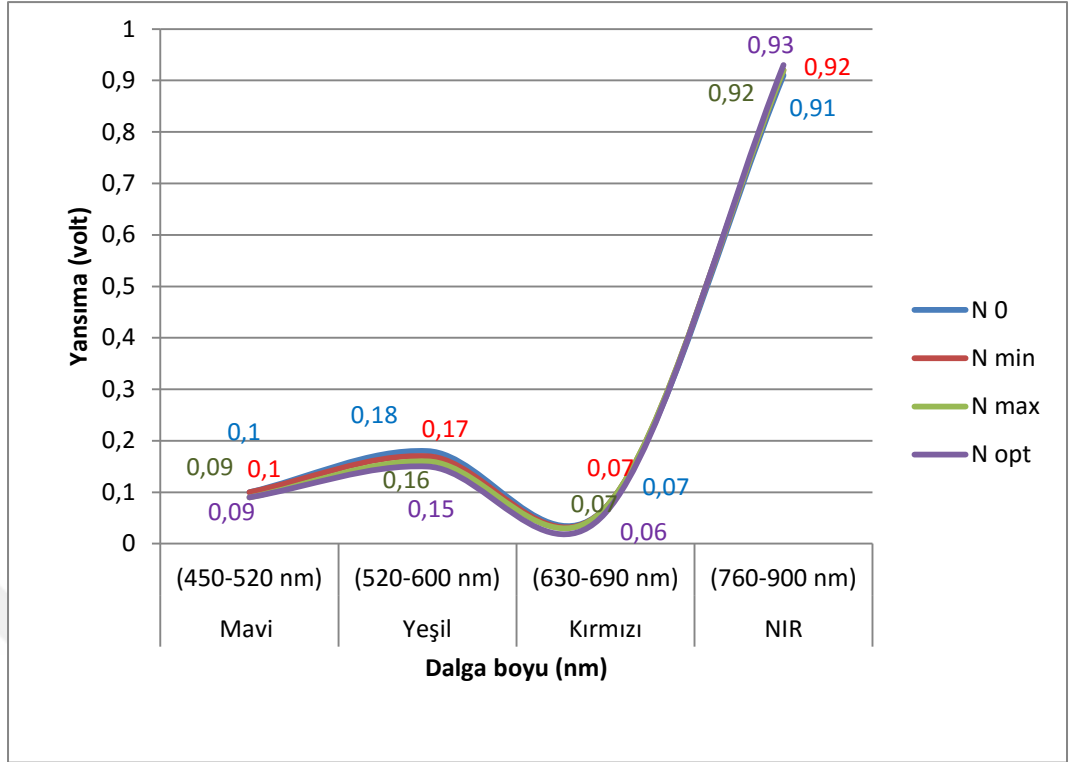
Çizelge 4.23. Bahar-hasat döneminde N uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	N (%)	
N 0	0.10	0.18	0.07	0.91	2.679	10.125
N min	0.10	0.17	0.07	0.92	3.151	17.347
N max	0.09	0.16	0.07	0.92	4.765	18.569
N opt	0.09	0.15	0.06	0.93	4.667	21.200

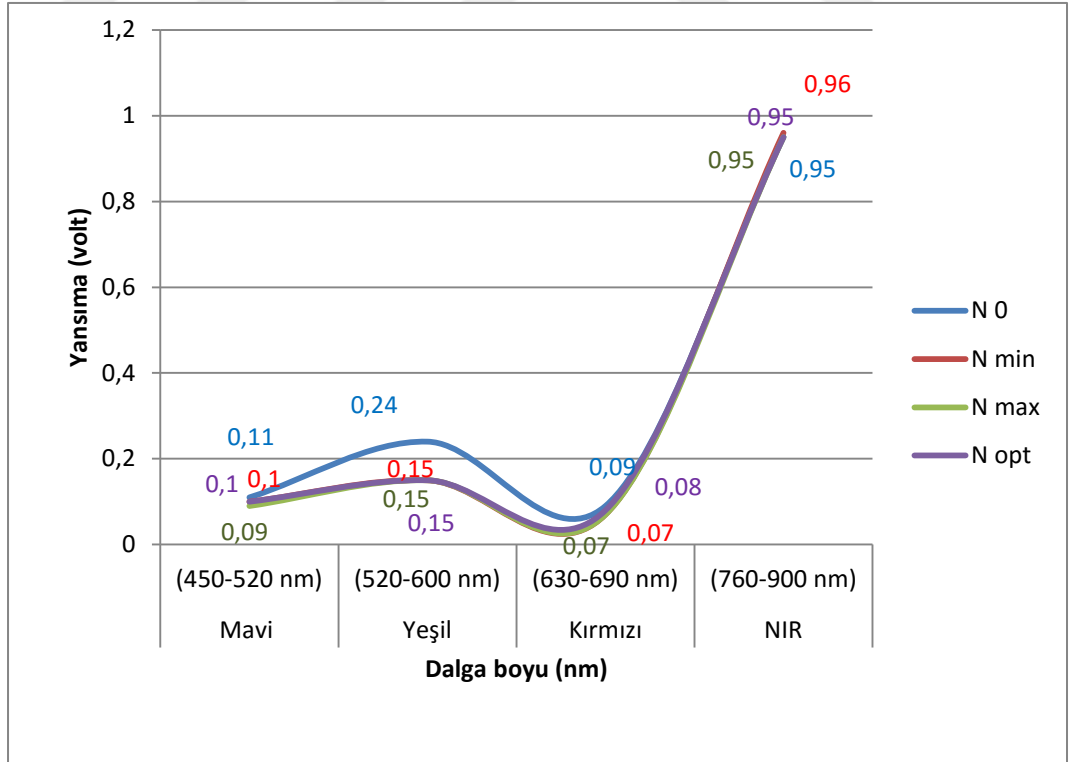
Çizelge 4.24. Güz-hasat döneminde N uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	N (%)	
N 0	0.11	0.24	0.09	0.95	2.206	10.826
N min	0.10	0.15	0.07	0.95	3.045	21.190
N max	0.09	0.15	0.07	0.95	3.458	21.624
N opt	0.10	0.15	0.08	0.96	3.056	24.725
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					2-3%	

Hasat döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan azot beslemenin dört farklı doz uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.33. ve 4.34’de verilmiştir.



Şekil 4.33. Bahar-hasat süreci N uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.34. Güz-hasat süreci N uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.23.'den de görüleceği gibi bahar dönemi hasat sürecinde farklı dozlarda azot uygulanmış domates bitkisinin yapraklarında yapılmış olan spektrometrik ölçümler sonucunda söz konusu bu bitkilerin elektromanyetik spektrumun görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtmı miktarlarının sırasıyla, mavide 0.09-0.10, yeşilde 0.15-0.18, kırmızıda 0.06-0.07 ve yakın infrarede de 0.91-0.93 arasında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi (Bkz. Çizelge 4.24.) N uygulamasında ise; mavide 0.09-0.11, yeşilde 0.15-0.24, kırmızıda 0.07-0.09 ve yakın infrared de 0.95-0.96 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. İstatistiksel açıdan incelendiğinde, uygulanan N dozları arasındaki fark ile yeşil ve kırmızı dalga boylarında ki reflektans farklılaşmaları arasında %1 önem seviyesinde ilişki varken, mavi ve NIR dalga boylarındaki reflektans farklılaşması arasında önemli bir ilişkiye rastlanamamıştır.

Yine her iki dönemde de N dozları arasında en yüksek reflektans yeşil dalga aralığında 550 nm'de karşılaşılmıştır. Her iki dönemde karşılaşılan bu bulgular azot noksanlığının hızla artışından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, her iki hasat döneminin N_{opt} bitkilerinde NIR bölgede 760-900 nm aralığında düşük reflektans elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, güz dönemi N beslenmesi reflektansları ile benzer spektral sonuçlar veren bahar döneminin dolayısıyla da benzer enerji kullanım şekillerine sahip olduğunu göstermektedir. Nitekim çizelge 4.23 ve 4.24.'de verilmiş olan deneme bitkilerinin klorofil analiz sonuçları da bu hususu desteklemektedir. Söz konusu çizelgeden görüleceği üzere deneme bitkisinin bahar dönemi toplam klorofil içerikleri N_0 , N_{min} ve N_{max} dozları sırasıyla 10.12- 17.34 ve 18.56 mg/g arasında bulunmuş, en yüksek klorofil içeriği ise, 21.20 mg/g ile N_{opt} uygulamalı bitkilerde, yine güz döneminde ise toplam klorofil içerikleri N_0 , N_{min} ve N_{max} dozları sırasıyla 10.82- 21.19 ve 21.62 mg/g iken N_{opt} 24.72 mg/g değeri ile en yüksek klorofil içeriğine sahip olduğu tesbit edilmiştir. Güz döneminde uygulamaların klorofil değerleri arasında önemli farka rastlanmayışının sebepleri arasında bitki gelişiminin bahar dönemine oran ile daha yavaş olması buna bağlı olarak yaprak ayalarının daha küçük olmasından kaynaklı birim alana düşen klorofil miktarının artış göstermeyişi gösterilebilir. Ayrıca fotosentez etkinliği için 26-28 °C sıcaklığın optimum olduğu ve 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise klorofil birikiminin azaldığı literatürdeki bilgiler arasındadır (Ünay ve Başal 2005). Bahar dönemi max. sıcaklık ortalamasının 30 °C'nin üzerinde olduğu bilgisi klorofil değerlerinin neden güz dönemine oran ile düşük olduğunun net

ifadesidir. Bununla birlikte, her iki dönemde de maximum dozun toplam klorofil içeriğinin optimum doza oran ile az olmasının sebebi olarak, Supanjani (2006) ve Eon Jeong'a vd (2006) göre, gübreleme solüsyonunun artan EC seviyelerinin bitkide yaprak klorofil içeriğini azalttığını bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra N_{opt} ve N_{max} bitkilerinin azot beslemesi sonucu gelişmiş vejetatif aksamı, klorofil sentezini arttırarak bitkinin karbonhidrat kapsamını arttırmasına sebep olduğu da bildirilmektedir (Güneş vd 2007). Klorofil miktarlarındaki değişimin uygulanan azot dozları ile ilişkisi istatistiksel olarak incelendiğinde, aralarında yetiştirme dönemi farklılığından ve uygulanan dozlar arasındaki farkın klorofil miktarı üzerine etkisinden kaynaklanan %1 önem seviyesinde bir ilişki saptanmıştır.

Buraya kadar, önemi bitkileri için artan N dozlarının, enerji kullanımı açısından pozitif ya da olumlu bazı fizyolojik faaliyetlerle neticelendiği belirlenmiş olmaktadır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, azotun bitkinin vejetatif aksamı geliştirdiğini ve net fotosentez oranı ile yapraktaki azot içeriği arasında olumlu bir ilişki bulunduğunu bildiren araştırmacıların bulguları (Güneş vd 2007) ile uyum içindedir ki yaprak analiz sonuçlarında literatürde hasat dönemi için N beslenmesinde uygun görülen aralık % 2-3 arasında değişirken, bahar dönemi N_0 bitkilerinde toplam azot %2.67, N_{min} , N_{max} ve N_{opt} bitkilerinin toplam azot içeriği sırasıyla %3.15-4.76-4.66 değerleri arasındadır. Yine güz döneminde ise, hasat süreci için yaprakta N beslenmesinde uygun görülen aralık % 2-3 arasında değişirken, N_0 bitkilerinde toplam azot %2.20, N_{min} , N_{max} ve N_{opt} bitkilerinin toplam azot içeriği sırasıyla %3.04-3.45-3.05 olarak tesbit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, yetiştirme dönemi farklılığından ve uygulanan dozlar arasındaki farkın yaprağın %N miktarı üzerine etkisinin %1 önem seviyesinde olduğu saptanmıştır.

Meyve tutum sonu – meyve olum başlangıcından itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen hasat dönemi deneme bitkileri için yapılmış olan farklı fosfor uygulamalarının, bitkilerin enerji kullanımlarına olan etkilerinin sonuçlarına ilişkin spektrometrik ölçüm ve yaprak analiz değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

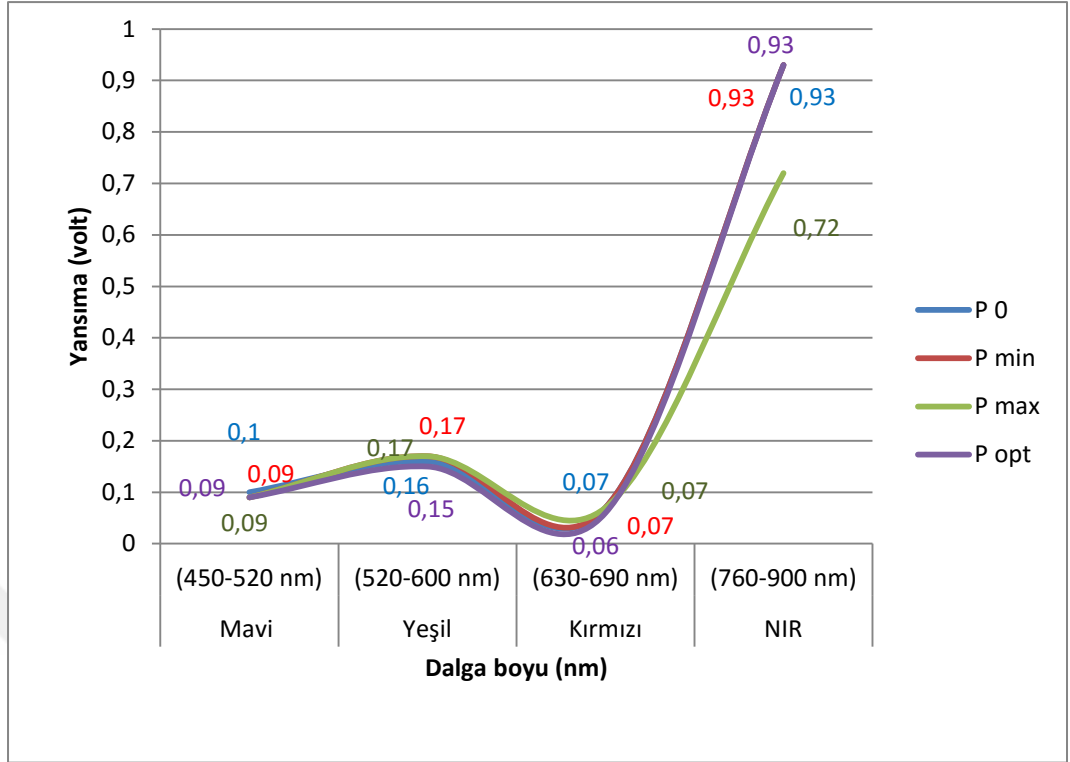
Çizelge 4.25. Bahar-hasat döneminde P uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	P (%)	
P 0	0.10	0.16	0.07	0.90	0.147	20.098
P min	0.09	0.17	0.07	0.93	0.186	21.810
P max	0.09	0.17	0.07	0.72	0.251	25.901
P opt	0.09	0.15	0.06	0.93	0.204	24.200

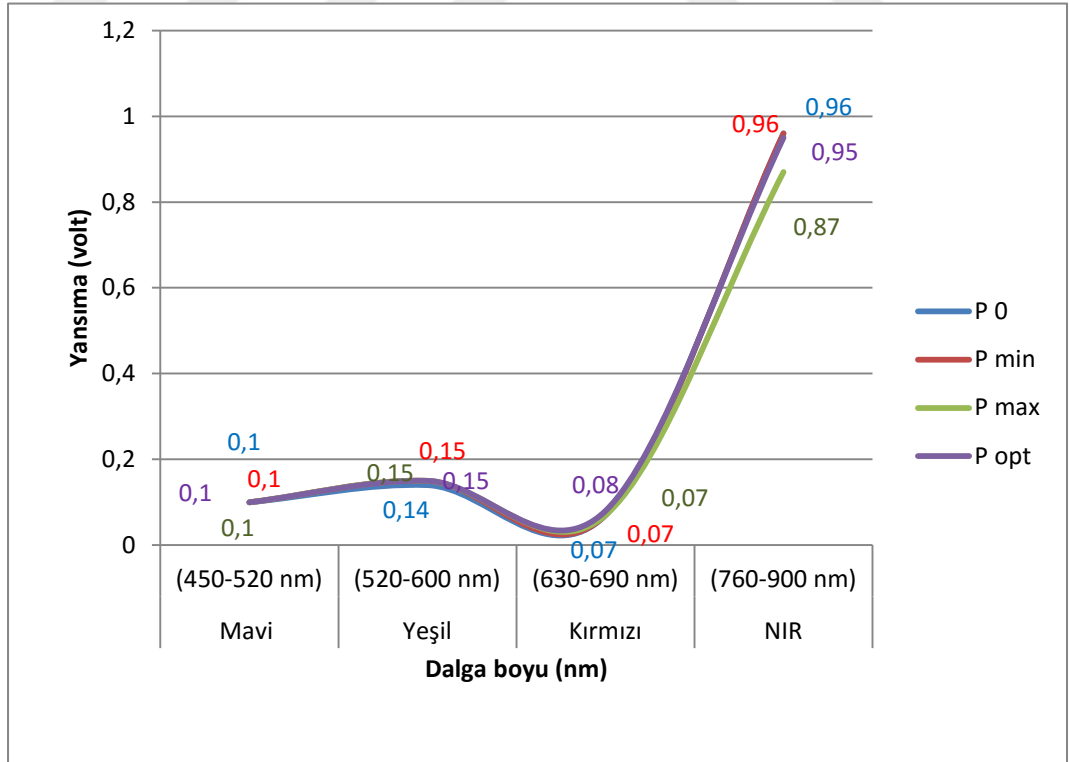
Çizelge 4.26. Güz-hasat döneminde P uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	P (%)	
P 0	0.10	0.14	0.07	0.95	0.130	19.135
P min	0.10	0.15	0.07	0.96	0.160	21.927
P max	0.10	0.15	0.07	0.87	0.270	31.118
P opt	0.10	0.15	0.08	0.96	0.220	24.725
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					0.2-0.4%	

Hasat döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan dört farklı P dozu uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.35. ve 4.36'da verilmiştir.



Şekil 4.35. Bahar-hasat süreci P uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.36. Güz-hasat süreci P uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.25.'de de görüleceği gibi çiçeklenme sürecindeki domates bitkilerinde yapılan spektrometrik okumalar sonucunda bahar döneminde fosfor uygulamasında görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtma miktarları sırasıyla, 0.09-0.10 mavi, 0.15-0.17 yeşil, 0.06-0.07 kırmızı ve 0.72-0.93 NIR aralığında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi (Bkz. Çizelge.4.26.) fosfor uygulamasında ise; 0.10 mavi, 0.14-0.15 yeşil, 0.07-0.08 kırmızı ve 0.87-0.96 NIR aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Her iki dönemde de NIR dalga boyu aralığında P_{max} uygulaması, aynı dalga boyu aralığında ölçümü yapılan diğer uygulamaların hepsinden daha fazla absorbans göstermiştir. Her iki dönemde karşılaşılan bu bulgu çiçeklenme dönemi bitiminden itibaren P_{max} bitkilerinde artan fosfor gübrelemesinin bitkide inorganik ortofosfatların aşırı birikimi olup bu koşullarda bitkinin su dengesi bozulmaktadır (Güneş vd 2007). Bu noktadan hareketle, bitkide biyokimyasal yapının bozunumuyla birlikte su stresi azalmasının ortaya çıktığını ve bu durumun da NIR bölgedeki absorpsiyonun artması ile saptanabileceği gibi bir ön sonuç ortaya çıkmış bulunmaktadır. Bu husus, araştırılmalıdır.

İstatistiksel olarak incelendiğinde, P dozları arasındaki fark ile hiçbir dalga boyundaki reflektans farklılaşması arasında ilişkiye rastlanmazken, yetiştiricilik mevsimleri arasındaki farklılık mavi dalga boyundaki reflektans farklılaşmasıyla %5 önem seviyesinde ilişkiliyken, yeşil ve kırmızı dalga boylarındaki reflektans farklılığı ile %1 önem seviyesinde ilişkili bulunmuştur.

Yapılan bitki analizleri sonuçlarında bahar dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri P_0 , P_{min} ve P_{max} uygulamalarında sırasıyla 20.09-21.81 ve 25.90 mg/g arasındayken P_{opt} uygulamasında 24.20 mg/g elde edilmiştir. Güz dönemi klorofil analiz sonuçları ise, P_0 , P_{min} ve P_{max} uygulamaları sırasıyla 19.13-21.92 ve 31.11 mg/g arasındayken P_{opt} uygulamasında 24.72 mg/g elde edilmiştir. Buradan da görüleceği üzere domates bitkisindeki artan P beslenmesi, klorofil oluşumunda da belli bir artışa neden olmaktadır. İstatistiksel açıdan incelendiğinde de yetiştirme dönemleri arasındaki farkın yaprak klorofil içeriği ile ilişkisinin bulunmadığı ancak, P dozları arasındaki fark ile yaprak klorofil içerikleri arasında %5 önem seviyesinde yüksek ilişkinin bulunduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık bitkilerin enerji kullanımlarında, artan P beslenmesi ile doğru orantılı olacak bir şekilde önemli bir artışın meydana gelmediği aksine, P_{max} .

uygulamasında domates bitkilerinin daha fazla klorofil oluşturmuş olmasına rağmen görülebilir enerjiyi (diğer uygulamalardan) daha fazla kullanamadığı yani fazladan fotosentez yapmadığı ortaya çıkmış bulunmaktadır. Bitki besleme bilimi için son derece önemli olan bu bulgular, daha ileri araştırmalarla kesinleştirilmeli ve beslenmede klorofil-fotosentez-enerji kullanımı ilişkilerine dayanan yeni yaklaşımlar geliştirilmelidir. Kaldı ki artan P beslenmesi, muhtemelen bitki fizyolojisinde de istenmeyen bazı değişiklikleri meydana getirdiği ve bu nedenle aslında sağlıklı bir bitkinin daha fazla yansıtması gereken NIR enerji boyutunun P_{max} uygulamasında gerçekleşmediği de Çizelge 4.25 ve 4.26'dan ve ayrıca Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'da açıkça görülmektedir.

Yaprak analiz sonuçlarında literatürde çiçeklenme dönemi için P beslenmesinde uygun görülen aralık % 0.2-0.4 arasında değişirken, bahar dönemi P uygulaması yapılan tüm bitkilerde en yüksek % 0.251 ile P_{max} iken güz dönemi P uygulaması yapılan tüm bitkilerde yine en yüksek % 0.270-0.222 ile P_{max} ve P_{opt} uygulamalarında rastlanmıştır. Yine hasat döneminde P'un farklı dozlarının uygulandığı bitkilerde yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre, yapraktaki fosfor değerlerindeki farklılaşma ile uygulanan P dozları arasında %1 önem seviyesinde ilişki bulunmaktadır. Bunun yanı sıra fenolojik gözlemler sonucu, P_{max} uygulaması yapılan saksılarda meyve büyüklüğü diğer fosfor uygulaması yapılan saksılara kıyasla daha küçüktür.

Meyve tutum sonu – meyve olum başlangıcından itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen hasat dönemi deneme bitkileri için yapılmış olan farklı potasyum uygulamalarının, bitkilerin enerji kullanımlarına olan etkilerinin sonuçlarına ilişkin spektrometrik ölçüm ve yaprak analiz değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

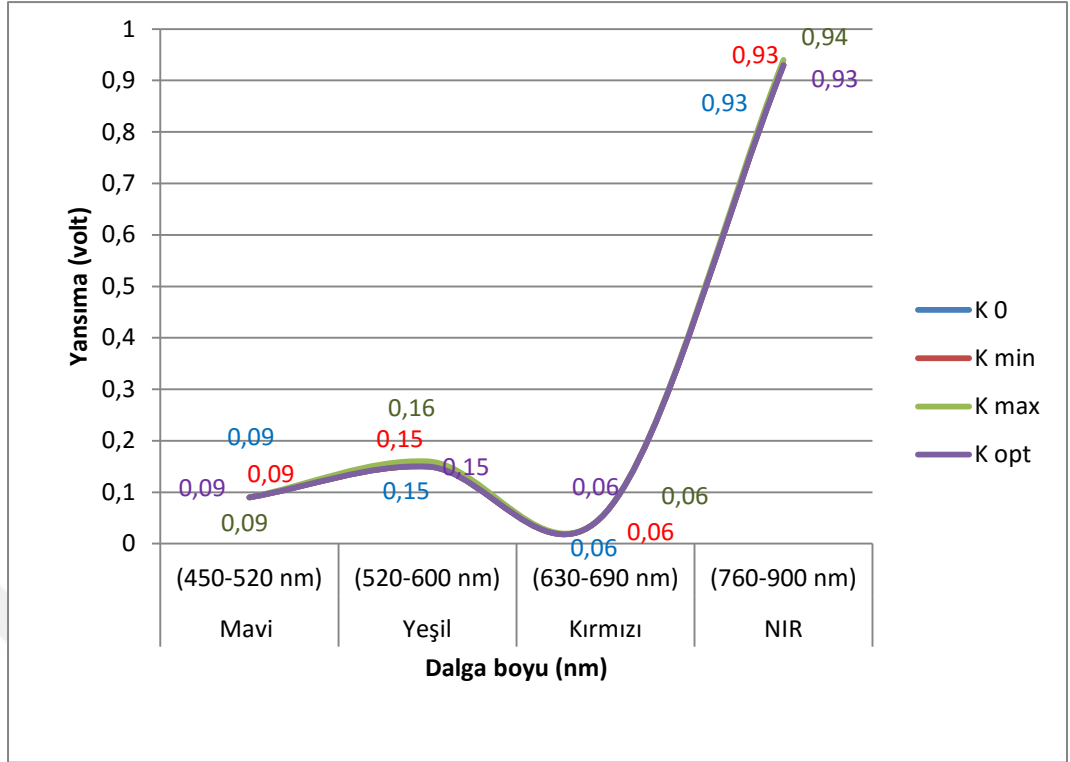
Çizelge 4.27. Bahar-hasat döneminde K uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	K (%)	
K 0	0.09	0.15	0.06	0.93	0.995	20.124
K min	0.09	0.15	0.06	0.93	1.501	20.054
K max	0.09	0.16	0.06	0.94	1.723	22.907
K opt	0.09	0.15	0.06	0.93	1.485	21.200

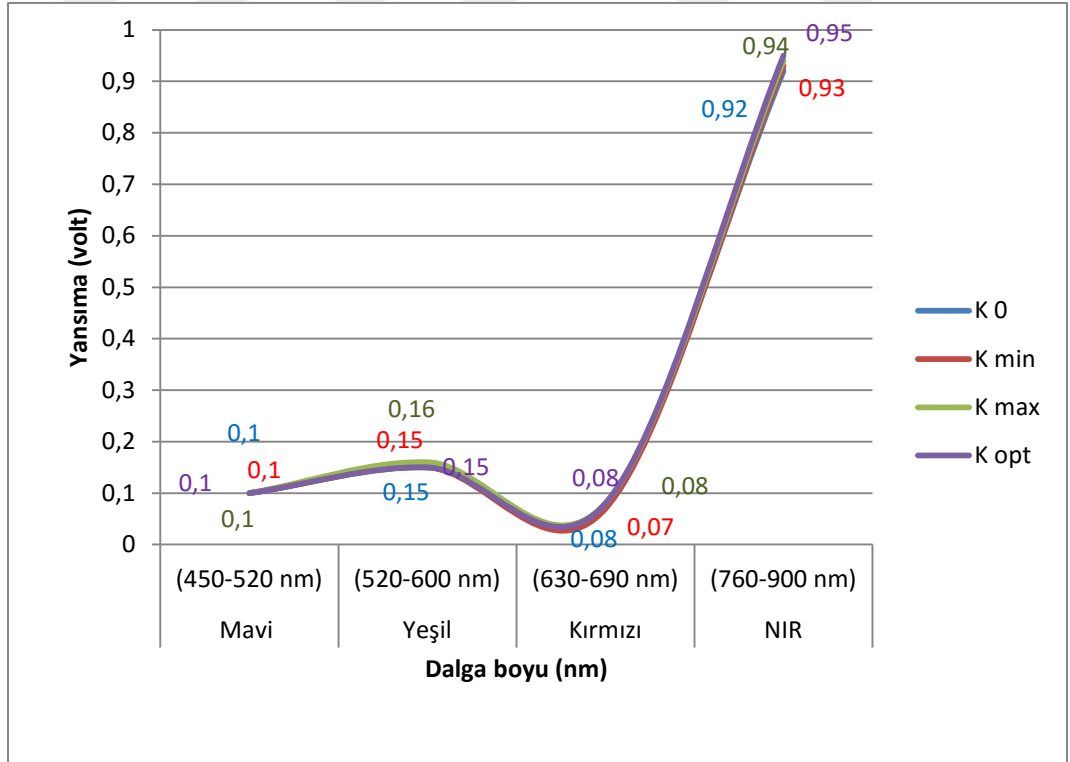
Çizelge 4.28. Güz-hasat döneminde K uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	K (%)	
K 0	0.10	0.15	0.08	0.92	0.800	18.503
K min	0.10	0.15	0.07	0.93	1.533	20.503
K max	0.10	0.16	0.08	0.94	2.575	19.079
K opt	0.10	0.15	0.08	0.95	1.623	24.725
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					1.5-2.5%	

Hasat döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan potasyum beslemenin dört farklı doz uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.37. ve 4.38.'de verilmiştir.



Şekil 4.37. Bahar-hasat süreci K uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.38. Güz-hasat süreci K uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.27’de de görüleceği gibi hasat sürecindeki domates bitkilerinde yapılan spektrometrik okumalar sonucunda söz konusu bu bitkilerin K beslemesi sonucu elektromanyetik spektrumun görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtma miktarları sırasıyla, bahar döneminde 0.09 mavi, 0.15-0.16 yeşil, 0.06 kırmızı ve 0.93-0.94 NIR aralığında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi (Bkz Çizelge 4.28.) potasyum uygulamasında ise; 0.10 mavi, 0.15-0.16 yeşil, 0.07-0.08 kırmızı ve 0.92-0.95 NIR aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. İstatistiksel analize göre, K dozları arasındaki fark ile sadece yeşil dalga boyu arasındaki reflektans farklılaşması arasında %1 önem seviyesinde ilişki vardır, diğer dalga boyları ile arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunmamaktadır.

C3 bitkilerinde kloroplast proteinlerinin büyük bir kısmı RiBP karboksilaz enzimi sayesinde gerçekleşirken bu enzimin sentezi K noksanlığında da azalmaktadır. Yapılan analizler sonuçlarında bahar dönemi K_0 , K_{min} ve K_{max} domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri sırasıyla 20.05-20.12 ve 22.90 mg/g değerleri arasında değişiklik gösterirken K_{opt} kontrol uygulamasında toplam klorofil içeriği 21.20 mg/g elde edilmiştir. Güz dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri K_0 , K_{min} ve K_{max} uygulamalarında sırasıyla 18.50-19.07 ve 20.50 mg/g arasında değişiklik gösterirken, K_{opt} kontrol uygulaması 24.72 mg/g değerlerini vermiştir. İstatistiksel açıdan incelendiğinde, yetiştiricilik mevsimleri arasındaki farkın ve uygulamalar arasındaki K dozları farkının klorofil miktarı üzerine bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Yapılan yaprak analizleri sonuçlarında literatürde hasat dönemi için K beslenmesinde uygun görülen aralık % 1.5-2.5 arasında değişirken, bahar dönemi K uygulaması yapılan tüm bitkilerde % K içeriği K_{min} , K_{max} , K_{opt} bitkilerinde sırasıyla % 1.50-1.72 ve 1.36 değerleri elde edilmiştir. En düşük potasyum içeriğine, % 0.99 değeri ile K_0 bitkisinde rastlanmıştır. Güz dönemi K uygulaması yapılan tüm bitkilerde % K içeriği K_{min} , K_{max} , K_{opt} bitkilerinde sırasıyla % 1.53-1.57 ve 1.62 değerleri elde edilmiştir. En düşük potasyum içeriğine, % 0.54 değeri ile K_0 bitkisinde rastlanmıştır. İstatistiksel açıdan incelendiğinde, yetiştiricilik mevsimleri arasındaki farkın ve uygulamalar arasındaki K dozları farkının yaprak %K miktarı üzerine %1 önem seviyesinde ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Meyve tutum sonu – meyve olum başlangıcından itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen hasat dönemi deneme bitkileri için yapılmış olan farklı magnezyum uygulamalarının, bitkilerin enerji kullanımlarına olan etkilerinin sonuçlarına ilişkin spektrometrik ölçüm ve yaprak analiz değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.



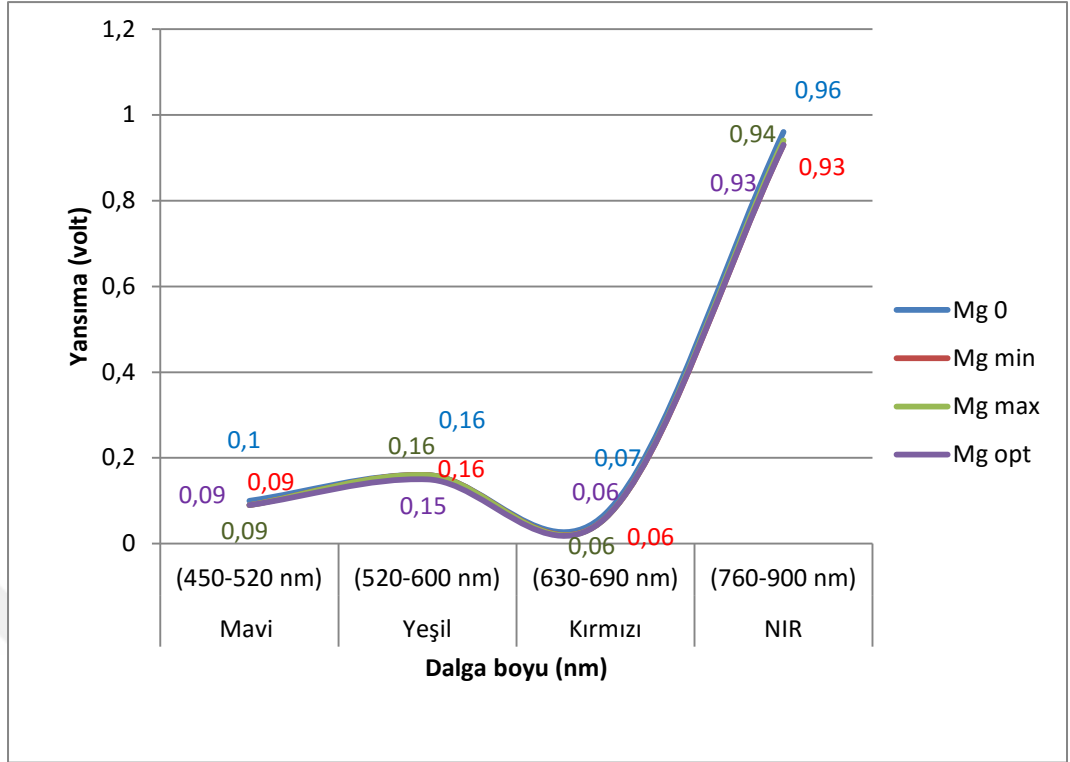
Çizelge 4.29. Bahar-hasat döneminde Mg uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	Mg (%)	
Mg 0	0.10	0.16	0.07	0.96	0.088	15.453
Mg min	0.09	0.16	0.06	0.93	0.167	18.920
Mg max	0.09	0.16	0.06	0.94	0.410	21.910
Mg opt	0.09	0.15	0.06	0.93	0.305	21.200

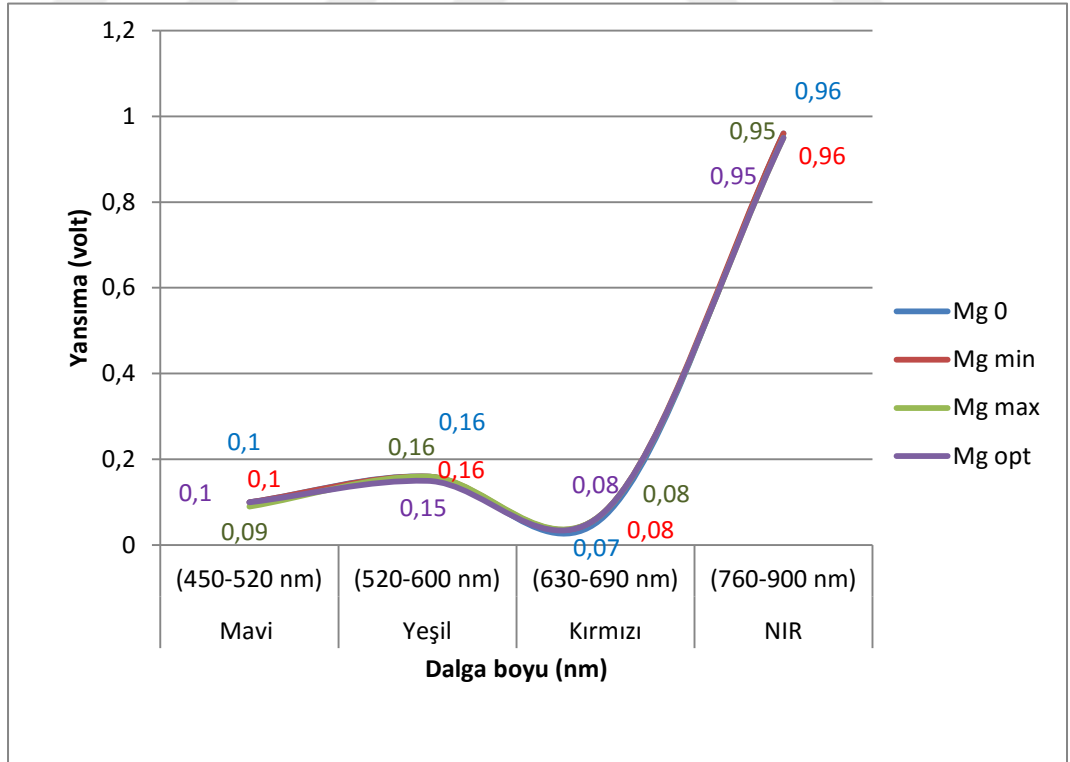
Çizelge 4.30. Güz-hasat döneminde Mg uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	Mg (%)	
Mg 0	0.10	0.16	0.07	0.96	0.119	10.747
Mg min	0.10	0.16	0.08	0.96	0.139	12.301
Mg max	0.09	0.16	0.08	0.95	0.346	23.533
Mg opt	0.10	0.15	0.08	0.95	0.340	24.725
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					0.25-0.5%	

Hasat döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan magnezyum beslemenin dört farklı doz uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.39 ve 4.40’da verilmiştir.



Şekil 4.39. Bahar-hasat süreci Mg uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.40. Güz-hasat süreci Mg uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.29'da da görüleceği gibi meyve tutum sürecindeki domates bitkilerinde yapılan spektrometrik okumalar sonucunda bahar döneminde magnezyum uygulamasında görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtma miktarları sırasıyla, 0.09-0.10 mavi, 0.15-0.16 yeşil, 0.06-0.07 kırmızı ve 0.93-0.96 NIR aralığında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi magnezyum uygulamasında (Bkz. Çizelge 4.30.) ise; 0.09-0.10 mavi, 0.15-0.16 yeşil, 0.07-0.08 kırmızı ve 0.95-0.96 NIR aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Yeşil dalga boyundaki reflektans farklılaşması hariç diğer mavi ve kırmızı ile %1 önem seviyesindeyken NIR dalga boyundaki reflektans farkı ile Mg dozları arasındaki fark %5 önem seviyesinde ilişkili bulunmuştur.

Yapılan bitki analizleri sonuçlarında bahar dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri Mg_0 , Mg_{min} uygulamaları sırasıyla 15.45-18.92 mg/g arasında değişiklik gösterirken, en yüksek yaprak toplam klorofil içeriği 21.20-21.91 mg/g ile Mg_{opt} ve Mg_{max} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Güz dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri Mg_0 , Mg_{min} ve Mg_{max} uygulamalarında sırasıyla 10.74-12.30-23.53 mg/g arasında değişiklik gösterirken, en yüksek yaprak toplam klorofil içeriği 24.72 mg/g ile Mg_{opt} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Yine, Supanjani (2006) ve Eon Jeong vd (2006), artan EC seviyelerinin bitkide yaprak klorofil içeriğini azalttığını bilgisinden yola çıkılarak Mg_{max} dozunun Mg_{opt} dozuna oran ile neden az olduğunun sonucu açıklanabilir. Ayrıca her iki dönemde de Mg noksanlığında klorofil miktarının düşük çıkması literatür (Marschner 1995) ile ilişkili sonuçlara işaret etmektedir. Üstelik istatistiki açıdan da incelendiğinde Mg dozları arasındaki fark ile klorofil miktarı farklılaşması arasında %1 önem seviyesinde yüksek ilişkiye rastlanmıştır.

Yapılan yaprak analizleri sonuçlarında literatürde hasat dönemi için Mg beslenmesinde uygun görülen aralık % 0.25-0.5 arasında değişirken, bahar dönemi Mg uygulaması yapılan Mg_0 , Mg_{min} , Mg_{max} , Mg_{opt} , bitkilerinde sırasıyla % 0.08-0.16-0.41-0.30 değerleri elde edilmiştir. Güz dönemi Mg uygulaması yapılan tüm bitkilerde % Mg içeriği ise Mg_0 , Mg_{min} , Mg_{max} , Mg_{opt} , bitkilerinde sırasıyla % 0.11-0.13-0.34-0.34 değerleri elde edilmiştir. Analiz sonuçları istatistiki açıdan da incelendiğinde, Mg dozları arasındaki fark ile yaprakta ki %Mg miktarı farklılaşması arasında %1 önem seviyesinde yüksek ilişkiye rastlanmıştır.

Şekil 4.39. ve 4.40.'da da görüldüğü üzere bahar ve güz hasat döneminin kısmen kırmızı ve NIR dalga boyu hariç, mavi ve yeşil dalga boyunda benzer spektral yansımalar ya da benzer enerji kullanım şekilleri gösterdiği görülmektedir. Bu husus, deneme topraklarının analiz sonuçlarından da görüleceği üzere muhtemelen topraktaki Mg'un yeterli oluşuna bağlı olarak ilave yapılan Mg gübrelemesinin bitki fizyolojisinde ciddi bir fonksiyonel değişim meydana getirmediği diğer bir deyişle bitkinin Mg kullanımında da seçici davrandığı ve kullanacağı miktar için belirleyicinin kendisi olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşılık özellikle bahar dönemi bitkilerinin yine doza bağlı kalmaksızın kırmızı dalga boyundaki enerjiyi daha fazla kullanmasının ve bitki sağlığının bir ifadesi olarak NIR enerjiyi ise daha fazla yansıtmasının nedeni ise muhtemelen bitkilerin bahar dönemindeki çevresel koşullardan (ısı, nem, ışıklandırma vb) olumlu yönde etkilenmiş olmalarıdır. Bu konu da ileri araştırmaların yapılmasını gerektirmektedir.

Meyve tutum sonu – meyve olum başlangıcından itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen hasat dönemi deneme bitkileri için yapılmış olan farklı demir uygulamalarının, bitkilerin enerji kullanımlarına olan etkilerinin sonuçlarına ilişkin spektrometrik ölçüm ve yaprak analiz değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

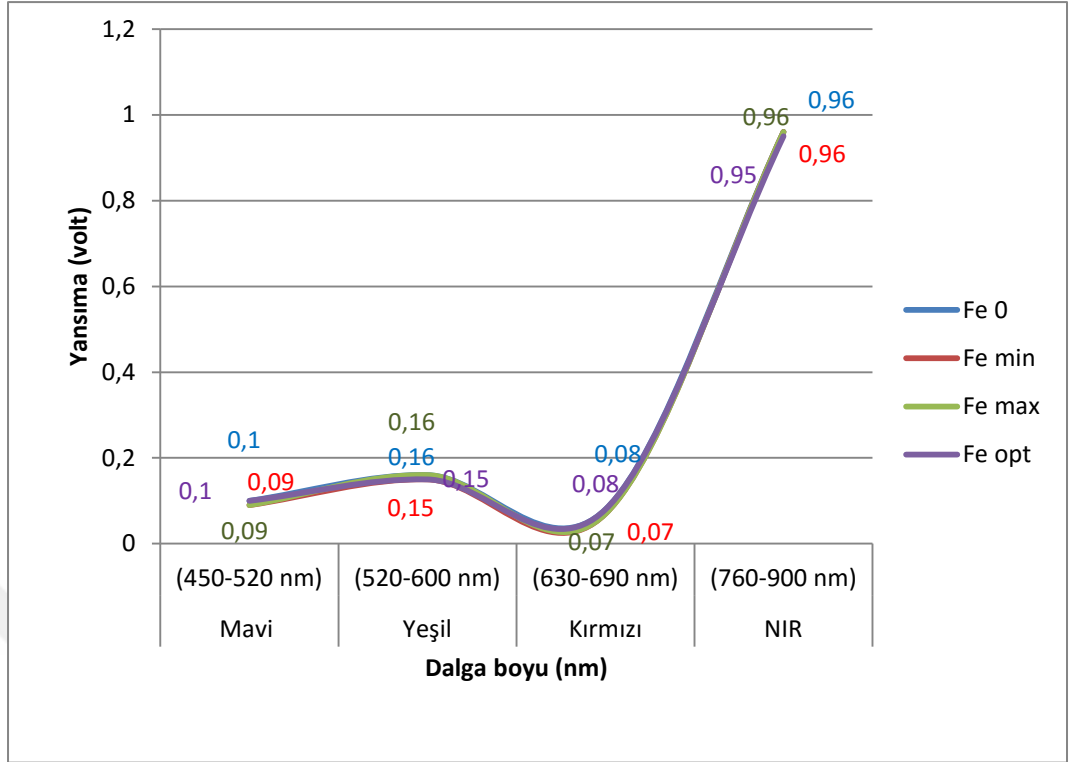
Çizelge 4.31. Bahar-hasat döneminde Fe uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	Fe (ppm)	
Fe 0	0.09	0.17	0.08	0.94	39.675	17.860
Fe min	0.09	0.16	0.07	0.94	36.150	17.920
Fe max	0.09	0.16	0.07	0.95	55.850	21.200
Fe opt	0.09	0.15	0.08	0.93	51.725	19.310

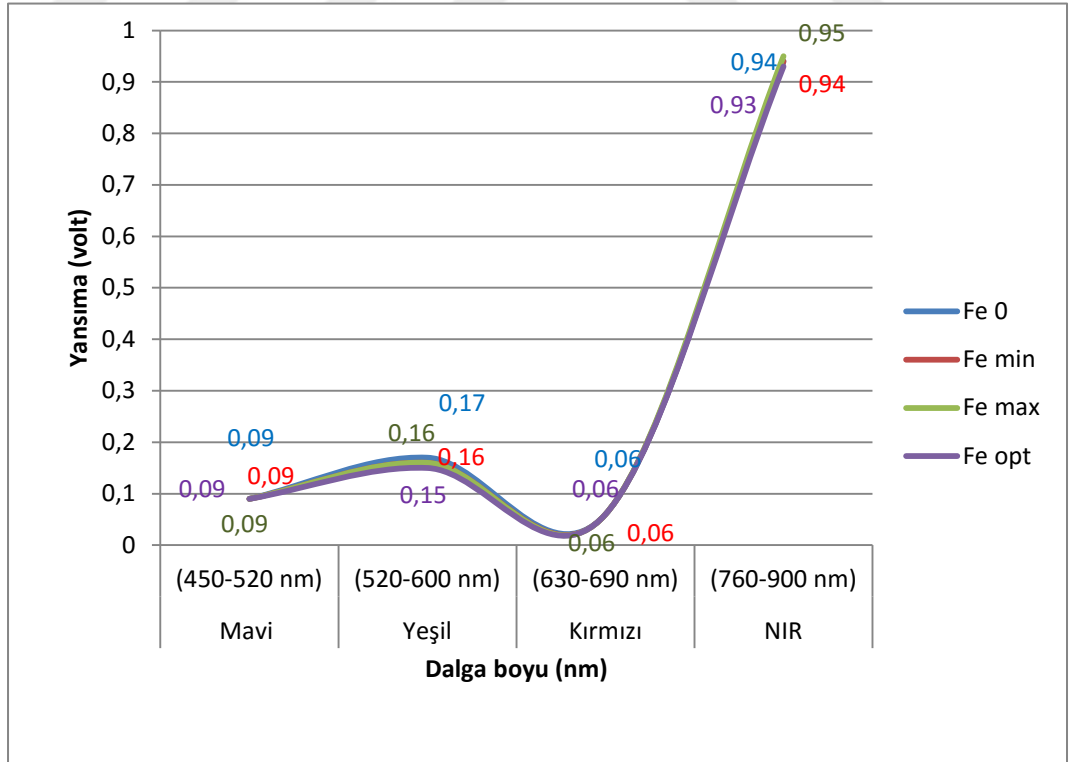
Çizelge 4.32. Güz-hasat döneminde Fe uygulamalı bitkilerin tabi tutuldukları analiz sonuçları

Uygulamalar	Spektral Yansıtım Değerleri				Yaprak Analiz Sonuçları	Klorofil Analizi Sonuçları (mg/g)
	Mavi (490-500 nm)	Yeşil (550 nm)	Kırmızı (665-670 nm)	NIR (890-900 nm)	Fe (ppm)	
Fe 0	0.10	0.16	0.06	0.96	46.275	21.715
Fe min	0.09	0.15	0.06	0.96	48.400	21.480
Fe max	0.09	0.16	0.06	0.96	50.400	24.725
Fe opt	0.10	0.15	0.06	0.95	49.275	22.830
Literatürde verilen sınır değerler (Jones 2007)					40-100 ppm	

Hasat döneminden itibaren 4 haftalık süreç boyunca izlenen ve yansıma ölçümleri yapılan deneme bitkileri için yapılmış olan demir beslemenin dört farklı doz uygulamasının enerji kullanımı açısından sonuçlarını ifade eden spektral yansıtım eğrileri Şekil 4.41. ve 4.42’de verilmiştir.



Şekil 4.41. Bahar-hasat süreci Fe uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri



Şekil 4.42. Güz-hasat süreci Fe uygulamalarına ait spektral yansıtım eğrileri

Çizelge 4.31’de ve spektral yansıtım eğrisinin yer aldığı Şekil 4.41’de görüleceği gibi hasat sürecindeki domates bitkilerinde yapılan spektrometrik okumalar sonucunda bahar döneminde demir uygulamasında görünür bölge dalga boyundaki enerjiyi yansıtma miktarları sırasıyla, 0.09-0.10 mavi, 0.15-0.16 yeşil, 0.07-0.08 kırmızı ve 0.95-0.96 NIR aralığında olduğu saptanmıştır. Güz dönemi demir uygulamasında (Bkz. Çizelge 4.32 ve Şekil 4.42) ise; 0.09 mavi, 0.15-0.17 yeşil, 0.06 kırmızı ve 0.93-0.95 NIR aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. İstatistiksel açıdan incelendiğinde ise, Fe dozları arasındaki fark ile sadece NIR dalga boyu reflektans farklılaşması arasında %5 önem seviyesinde ilişki bulunmuştur. Diğer dalga boyları reflektans farklılaşması ile Fe dozları arasında ilişki bulunamamıştır.

Bu sonuçlara göre gerek bahar ve gerekse güz dönemi domates yetiştiricilerinde farklı dozlarda Fe kullanımının bitkinin enerji kullanımı üzerine çok ciddi bir etkisinin olmadığı ortaya çıkmaktadır. Diğer bir deyişle bitkiler mavi, yeşil, kısmen de kırmızı ve NIR’de benzer spektral yansımalar ya da benzer enerji kullanım şekilleri gösterdiği görülmektedir. Bu husus, deneme topraklarının yeterli düzeyde olan Mg içeriklerinde olduğu gibi bu defa da muhtemelen toprakta fazla miktarda bulunan Fe’e karşılık, ilave olarak yapılmış olan Fe gübrelemesinin aynen Mg’da olduğu gibi bitki fizyolojisinde ciddi bir fonksiyonel değişim meydana getirmediği diğer bir deyişle bitkinin Fe kullanımında da Mg’da olduğu gibi seçici davrandığı ve kullanacağı miktar için belirleyicinin yine kendisi olduğunu göstermiş bulunmaktadır. Bununla birlikte özellikle kırmızı dalga boyu aralığındaki enerji kullanımlarında doza bağlı anlamlı bir farklılık bulunmamasına rağmen güz dönemi bitkilerinin Fe beslenmesine bağlı fotosentez aktivitelerinde bahar dönemi bitkilerine kıyasla kırmızı dalga boyuna ait enerjiyi bir miktar daha fazla kullandıkları anlaşılmaktadır. Bu husus, güz dönemi bitkilerinin daha fazla klorofil oluşturmuş olması ve yapraklarında da daha fazla Fe ihtiva etmiş olmaları ile de desteklenmektedir. Nitekim yapılan analizler sonuçlarında bahar dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri Fe_0 , Fe_{min} ve Fe_{opt} uygulamalarında sırasıyla 17.86-17.92 ve 19.31 mg/g arasında değişiklik gösterirken, en yüksek yaprak toplam klorofil içeriği 21.20 mg/g ile Fe_{max} kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Güz dönemi domates bitkisinin toplam klorofil içerikleri Fe_0 , Fe_{min} uygulamalarında sırasıyla 21.71-21.48 mg/g arasında değişiklik gösterirken, Fe_{opt} ve Fe_{max} uygulaması da 24.83 ve 24.72 mg/g ile en yüksek değeri vermiştir. Analiz istatistiksel olarak incelendiğinde,

yetiştirme dönemleri ile klorofil miktarları arasında %1 önem seviyesinde ilişki bulunmasına rağmen uygulanan Fe dozları arasındaki fark ile klorofil miktarları arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunamamıştır.

Yine yaprak analizleri sonuçları da yukarıdaki açıklamaları doğrular sonuçlar vermiş bulunmaktadır. Bahar dönemi yaprak analizi sonuçları Fe_0 , Fe_{min} , Fe_{opt} ve Fe_{max} uygulamaları sırasıyla, 39.67-36.15-51.72 ve 55.85 ppm bulunurken, g z dönemi yaprak analizi sonuçları Fe_0 , Fe_{min} , Fe_{opt} ve Fe_{max} uygulamaları sırasıyla 46.27-48.40-49.27 ve 50.40 ppm düzeyinde bulunmuştur. Fe dozları arasındaki fark ile yaprak Fe içeriği arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunamamıştır.

Tüm bu açıklamalar ışığında bahar dönemi bitkilerinin doza bağlı kalmaksızın kırmızı dalga boyundaki enerjiyi daha fazla kullanmasının ve bitki sağlığının bir ifadesi olarak da NIR enerjiyi daha fazla yansıtmasının nedeni ise muhtemelen yine bitkilerin bahar dönemindeki çevresel koşullardan (ısı, nem, ışıklanma vb) olumlu yönde etkilenmiş olmalarıdır. Bu konuda da ileri araştırmaların yapılması yararlı olacaktır.

Yukarıdaki açıklamalardan ve tartışmalardan da anlaşılacağı üzere domates bitkisinin farklı beslenme koşulları ile bu bitkilerin oluşturdukları klorofil miktarları ve enerji kullanımları arasında kimileri oldukça yüksek istatistiki önem de arz eden ilişkiler bulunmuştur. Ancak, söz konusu bu ilişkiler, daha henüz güvenle kullanılabilir nitelik ve niceliğe ulaşabilmiş gözükmemektedir. Bu husus da son derece normaldir. Zira göz ve bahar olmak üzere iki farklı dönem, beş farklı besin ve dört farklı besin dozu uygulanarak yürütülmüş olan bu çalışma, alanında bir ilktir ve ancak ilave olarak yapılacak çalışmalarla olgunlaşabilecektir. Bu kapsamda, bu çalışmadan çıkarılmış olan sonuçlar ve bundan sonraki çalışmalar için yapılmasının uygun olduğu düşünülen öneriler aşağıda verilmiştir.

5. SONUÇ

Domates yetiştiriciliği; yaş sebze üretimi, pazarlaması, ihracatı ve tüketimi yönünden öncelikli ve önemli bir tarımsal faaliyettir. Doğal toprak ortamında yapılan yetiştiricilikte yaklaşık 8-10 döl alınmakta olan domates üretiminde günümüzde diğer yetiştiricilik teknik ve teknolojileri ile 20-25 döl kadar ürün alınabildiği bilinmektedir. Bitkilerin beslenmesi ile verim arasında da sıkı bir ilişki bulunduğu göre, örtüaltı üretimde ilk sırayı almakta olan domatesin verim ve kalitesi ile ilgili modern, çağdaş ve LPIS ve IACS gibi uluslar arası hukuk öngörülerinin de dikkate alındığı araştırmaların yapılması da vazgeçilemez bir zorunluluktur. İşte bu tez çalışması da domates bitkisinin beslenme koşullarının uzaktan algılama teknik ve teknolojileri ile belirlenmesi ve diğer üretim süreçlerinin de izlenmesi için geekli metotların ve/veya yaklaşımların belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Tezin ilgili bölümlerinde, deneme deseni kapsamında yapılmış olan spektral ölçüm değerleri ve yine metot kapsamında yapılmış olan laboratuvar analiz sonuçları tablolar, çizelgeler, şekiller ve grafikler şeklinde verilmiştir. Söz konusu bu ölçüm ve analiz sonuçlarına ait analitik değerler toprak bilimi ve bitki besleme, gübreler ve gübreleme ve bitki fizyolojisinin esasları çerçevesinde ulusal ve uluslar arası literatür bilgileri de dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Söz konusu bu değerlendirmelerden elde edilmiş olan sonuçlara göre;

Domates bitkisinin her şeyden önce dönemsel (güz-bahar) yetiştiriciliği kapsamındaki besin maddesi ihtiyaçlarının ya da gübre tüketimlerinin farklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dönemsel farklılıkların baharda daha fazla olduğu ve bu dönemde bitkinin fizyolojik faaliyetlerinin, klorofil düzeylerinin, yaprak besin konsantrasyonlarının ve özellikle kırmızı dalga boyu olmak üzere mavi ve yeşil dalga boyundaki enerji kullanımlarının daha yüksek olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle, bu ve benzeri amaçlarla planlanıp yürütülecek araştırmalarda, toprakta fazla düzeyde bulunduğu belirlenen besin maddeleri dışındakilerde bir doz daha yüksek uygulamaların yapılıp sonuçlarının verim ve kalite ile olan ilişkileri ortaya çıkarılmalıdır.

Dört farklı fizyolojik döneme dayalı olarak yürütölüp tamamlanmış olan bu tez çalışmasının sonuçları, bir fizyolojik dönem (örneğin meyve olum ya da hasat) süreci

içerisindeki farklı beslenme koşulları ile enerji kullanımları arasında belli düzeylerde ilişkiler var olmakla birlikte, çarpıcı düzeyde ayrık ilişkiler bulunmadığını göstermiştir. Diğer bir deyişle domates bitkisi, herhangi bir fizyolojik dönem boyunca farklı gübre dozlarından yeterince etkilenmemiştir. Bununla birlikte bitkilerin enerji kullanımlarındaki farklılıklar, bilimsel mantık ve istatistiki yaklaşımlarla ifade edilebilir şekilde de bir sonuç vermiş bulunmaktadır. Bu iki farklı durumun, *örneğin bir besin maddesindeki sıfır doz ile maksimum doz uygulamasına karşılık reflektanslar arasında gerek rakamsal ve gerekse grafiksel çizgisellikler açısından gözü doyurup beyni ikna edecek netlikte sonuçlar çıkmamasına karşılık, bazı reflektans değerlerinin anlamlı farklılıklarının bulunması ve bunların da istatistiki açıdan önemli çıkmış olması durumunun*, bu çalışma kapsamında kesin olarak açıklanması mümkün olamamıştır. Bununla birlikte, bundan sonraki çalışmalarda fizyolojik dönem ayrımı yapmadan ve zamana bağlı spektral ölçüm aralıkları kısaltılarak ve multispektral yerine hiperspektral okuma yapabilebn daha gelişmiş cihazlar kullanılması halinde, kabul edilebilir ayrık ilişkilerin ortaya çıkarılabileceği düşünülmektedir.

Domates bitkisinin besin maddesi kullanımının özellikle meyve olum döneminden itibaren yani bitki ilk dölü verip kırmızı olum dönemine doğru gider iken anlamlı bir şekilde arttığı çeşitli literatür bilgilerinde ifade edilmektedir. Bu denemeden elde edilen sonuçlar da özellikle meyve olum ve hasat dönemine girildikten sonra bitkilerin besin elementi tüketiminin ve dolayısıyla enerji kullanımlarının farklılaştığını ve arttığını göstermiştir. Buna karşılık bitkiler, genç fide ile meyve tutum süreçleri içerisinde ise besin elementi tüketimi ya da besin ihtiyacı yönünden ve enerji kullanımları açısından çok anlamlı farklılaşmalar da göstermemişlerdir. Söz konusu bu sonuç, bu denemeden elde edilmiş olan en önemli bilimsel sonuçlardan bir tanesidir. Bu tez çalışması ise özellikle vejetatif dönem ağırlıklı olmak üzere yürütülmüş ve ilk dölü vermesinin akabinde domatesler kırmızı olum dönemine geldiğinde tepe kırma işlemi ile deneme bitkilerinin yaşamlarına son verilmiştir. Bu durum, belki de bu çalışmanın sonuçlarının hedeflenen sonuçlara ulaşamamış olmasının en önemli nedeni olmuştur. Söz konusu bu bilimsel tesbit kapsamında bundan sonraki zamanlarda yapılacak olan araştırmalarda domates bitkisinin çeşidine özgü vejetatif ve generatif süreçlerinin gerçek anlamda tamamlanması ve denemeye ait ölçüm ve analizlerin bu süreçlerin tamamı için planlanmasında yarar görülmektedir.

Diğer taraftan, uzaktan algılama teknik ve teknolojisinin gerek açık alanlarda ve gerekse örtüaltı üretiminde bitkilerin beslenme durumlarının tespiti ve üretim süreçlerinin izlenmesinde etkin olarak kullanılabilmesi için spektral ölçümlerin, bu tez çalışmasında yapıldığından farklı olarak leaf clips aparatı ile ölçüm yapmak yerine “canopy” ya da “spesifik alan” ölçümleri şeklinde yapılması gerekmektedir. Dolayısıyla, bundan sonra planlanacak olan çalışmalarda leaf clips kullanımından artık vazgeçilmelidir. Ayrıca, son derece kapsamlı ve karmaşık süreçlerin yönetimini gerektiren bu türlü çalışmaların doğrudan tez çalışması olarak planlanması yerine, bir araştırma projesi olarak planlanması ve içerisinde mutlaka bir bitki fizyoloğunun da yer alacağı multidisipliner bir çalışma olarak gerçekleştirilmesinde yarar bulunmaktadır. Böylesi bir çalışmadan zaten bir veya birkaç lisansüstü tez çalışması da çıkacaktır.

Sonuç olarak; tüm dünyada oldukça yeni bir yaklaşım olan uzaktan algılama teknik ve teknolojisi, uygun metodoloji geliştirilebildiği ve daha hassas ölçüm cihazları kullanılabildiği takdirde, bitki beslemede klasik fenolojik gözlemler ve yaprak-toprak analizleri yapılmadan ve en önemlisi bitkideki klasik arazlar daha ortaya çıkmadan önceki bir dönemde bitkilerin beslenme durumlarının tespitinin yapılması ve sağlıklarının ve üretim süreçlerinin de bu yöntemle izlenmesi mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- ABU-SARRA, A. F., EL NAEİM, A. A., HASHİM, A.A., IDRIS, M. A. M. 1990. 'Response of tomato to some fertilization recipes under Gezira conditions' Gezira Research Station, Agricultural Research Corporation, Wad Madeani Advances in Space Research 35 (2005): 305–317 September
- ADAMS, P., DAVİES, J.N., WİNSOR, G.W., 1978. 'Effects of Nitrogen, Potassium and Magnesium on the Quality and Chemical Composition of Tomatoes Grown in Peat'. J. Hort. Sci. 53;115-122
- AL-ABBAS, A.H., BARR, R., HALL, J.D., CRANE, F.L., BAUMGARDNER, M.F. 1974. 'Spectra of normal and nutrient- deficient maize leaves'. Agron J. 66;16-20
- ALAN, M.N., KOVANCI, İ., YOLTAŞ, Y., ÇOLAKOĞLU, H.,1992. ' Domatesin Kaldırmış Olduğu Besin Elementleri, Bunların Taşınması ve Potasyumun Verime Olan Etkileri Üzerine Çalışmalar'. Türkiye 1. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Cilt:2;169-171. İzmir.
- ALBAYRAK, S., BAŞAYİĞİT, L., TÜRK, M., 2007. 'Azotlu Gübrelenen Tüylü Meyveli Fiğın N, P, K İçeriğinin Yakın Kızıl ötesi Spektrometrik Yöntemle Tahmin Edilebilirliğinin Araştırılması'. VII. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-27 Haziran Erzurum.
- ALPASLAN, M., GÜNEŞ, A., İNAL, A. 2004. Gübreleme çalışmalarında bitki analizlerinin yeri ve farklı bitkiler için bitki besin maddesi kritik düzeyleri. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, Kongre Kitabı, 2: 1215- 1276.
- ALTINOK, A., KARACA, İ. 2001. 'Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Entomoloji Alanında Kullanım Olanakları.' Tarımda Bilişim Teknolojileri 4. Sempozyumu.
- ANDRİOLO, J. L., GRAVE, R. A. ve BARTZ, R. H. 2001. 'Effect of fertilizer levels on tissue nitrogen concentration of greenhouse tomato plants grown in substrate culture'. Acta Horticulturae, Proceedings of the Fifth International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Current Trends for Sustainable Technologies, 559 (2); 607-610, Cartagena-Almeria, Spain.
- ANONİM a <http://en.wikipedia.org/wiki/Tomato>
- ANONİM b <http://www-plb.ucdavis.edu/labs/rost/tomato/leaves/leafanat.html>
- ANONİM c <http://www.bch.msu.edu/faculty/howe/fulltextHowe.html>
- ANONİM d http://www.electro-optical.com/bb_rad/bb_rad.html

ANONİM e <http://www.hydroponic-growing-systems.com/led-grow-light.html>

ANONİM f <http://pmdd.mrp-cz.com/zarivky-pro-pestovani-rostlin-clanek-11>

ANONİM g <http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster>

ANONİM h www.ağaçlar.net

ANONİM ı www.philips.com

ANONİM i www.nik.com.tr

ANONİM 2011 <http://tumas.meteoroloji.gov.tr>

ANONİM 1982 Methods of soil analysis. Number 9, Part 2, Madison, Wisconsin, USA, 1159 pp.

ANTONİA, L., TOMPETRİNİ, S., SVETLANA, P. 2002. 'Quantification of pigments in tomato leaves using reflectance spectroscopy ' Physics Department, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow 119899 Russia

AYBAK, H. Ç., KAYGISIZ, H. 2007. 'Domates Yetiştiriciliği'. HASAD Yayınları.

AYDEMİR, O., İNCE, F., 1988. 'Bitki Besleme'. Dicle Üni. Eğitim. Fak. Yayınları No:2, 458p, Diyarbakır.

AYDIN, S., 1996. 'Sanayi Domatesinde Potasyumlu Gübrelemenin Kimi Kalite Özelliklerine Etkileri'. Anadolu 6(1);75-83 Cab. Abst. (ISSN: 970302121)

BAŞAYIĞIT, L., ALBAYRAK, S., ŞENOL, H., AKGÜL, H., 2008. 'Spectroradyometre verileri ile bitki besin elementi içeriğinin tahmin edilebilirliği'. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübreleme Kongresi 8-10 Ekim Konya.

BERARDO, N., 1997. 'Prediction of the chemical composition of white clover by NIR reflectance spectroscopy'. Grass and Forage Science. 52,27-32.

BERNSTEIN, R. 1977. "Digital Image Processing for Remote Sensing", IEEE Press NewYork, pp.719-737.

BEŞİROĞLU, A. 2007. 'Magnezyumun Sera Koşullarında Farklı Büyüme Ortamlarında Yetiştirilen Domatesin Gelişmesi, Magnezyumun Alımı ve Dağılımına Etkisi'. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara.

BLACK, C. A. 1957. Soil-plant relationships. John Wiley and Sons, Inc., Newyork

BLACK, C. A. 1965. Methods of Soil Analysis., *Amer. Society of Agronomy Inc.* Part 2.

- BLACKBURN, G. A. 1998. 'REMOTE SENS. ENVIRON'. Elsevier Science Inc., 66; 273–285 New York.
- BLACKMER, T.M., SCHEPERS, J.S., VARVEL, G.E., WALTER-SHEA, E.A. 1996. 'Nitrogen deficiency detection using shortwave Pigradiation from irrigated corn canopies'. *Agronomy. J.* 88; 1–5.
- BORKOWSKI, J., SZWONEK, E. 1986. 'Effect of Potassium and Magnesium on the Quality of Tomato Fruits'. *Acta Hort. (ISHS)* 191:133-140
- BOUYOUCOS, G.J. 1955. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. *Agronomy Journal*, 4 (9): 434.
- BROHI, A. R., KARAMAN, M. R., GÜNES, A., INAL, A., ALPASLAN, M. 1998. 'Yöresel Değişik Azotlu Gübre Uygulamalarının Tokat Bölgesinde Yetiştirilen Bazı Kışlık Sebzelerin Nitrat Akümülyasyonuna Etkisi'. *Turk J Agric For* 24 (2000) 1–9 TÜBITAK
- CALDWELL, 1983. http://sciwikibook.bacs.uq.edu.au/drupal//?q=figure_view/616 Canberra.
- CARTER, G. A. 1991. Primary and secondary effects of water content on the spectral reflectance of leaves. *American J. Botany*, 78; 916-924.
- CARTER, G. A. 1993. Responses of leaf reflectance to plant stress. *American J. Botany*, 80; 239-243.
- CARTER, G.A., KNAPP, A.K., 2001. 'LEAF OPTICAL PROPERTIES IN HIGHER PLANTS: LINKING SPECTRAL CHARACTERISTICS TO STRESS AND CHLOROPHYLL CONCENTRATION'. *American Journal of Botany* 88(4): 677–684
- CEYLAN, Ş., MORDOĞAN, N., YOLDAŞ, F., YAĞMUR, B. 2001. 'Azotlu Gübrelemenin Domates Bitkisinde Verim, Azot Birikimi Ve Besin Element İçeriği Üzerine Etkisi'. *Ege Üniv. Ziraat Fak., Derg.*, 38(2-3):103-110 ISSN 1018-8851
- CHALAPPA, S. 1995. "Digital Image Processing & Analysis", IEEE Comp. Soc. Pr.
- CHANDRASEKHARAN, R. 2005. 'Optical Properties of Leaves' *PHY 598 OS, Final Report*.
- CHAPMAN, N.D., PRATT, P.F., PARKER, F. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. Univ. of Calif. Div. Agr. Sci., Riverside.

- CHOHURA, P., KOMOSA, A. 2003. 'NUTRITION STATUS OF GREENHOUSE TOMATO GROWN IN INERT MEDIA. Part I. MACROELEMENTS'. ACTA Hortorum Cultus 2(2); 3-13
- COWELL, M. 1991. Erdas Field Guide Second Eddition. Ver. 7.5, Erdas Inc. 2801
- CRACKNELL, A., HAYES, L., 1991. "Introduction to Remote Sensing", London
- CURRAN, P.J. 1989. Remote sensing of foliar chemistry. Remote Sens. Environ. 30:271-78.
- ÇAĞLAR, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, Sayı:10.
- ÇOLAKOĞLU, H. 2005. 'Sera Yetiştiriciliğinde Gübreleme' TOROS TARIM SANAYİ ve TİC. A.Ş. Yayınları
- ÇULLU, M.A., DİNÇ, U., KARAKAS, S., SAHİN, Y., 2003. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniklerini Kullanarak Pamuk Alanı tahmin Kursu Ders Notları, H.Ü.Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Laboratuvarı, Şanlıurfa.
- DAUGHTRY, C. S. T., WALTHALL, C. L., KİM, M. S., BROWN, E., MC MURTREY, J. E., 2000. 'Estimating Corn Leaf Chlorophyll Concentration from Leaf and Canopy Reflectance' Elsevier Science Inc. 74; 229-239, New York.
- DE GROOT, C.C., MARCELİS, L.F.M., VAN DEN BOOGAARD, R., LAMBERS, H. 2001. 'Growth and dry-mass partitioning in tomato as affected by phosphorus nutrition and light'. Plant Cell Environ. 24; 1309-1317.
- DEMİRCİ, F., ERDOĞAN, C., TATLIDİL, F. 2005. 'Ankara İli Ayaş ve Nallıhan İlçelerinde Domates Üretim Alanlarında Zirai Mücadele Uygulamaları'. Tarım Bilimleri Dergisi, 11 (4); 422-427, Ankara.
- DURAN. C., 2007. 'Plant Cover Analysis Using Remote Sensing Methods'. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Doa Dergisi (Journal of DOA) Sayı: 13 Sayfa: 45-67
- DİNÇ, U., YEĞİNGİL, İ., PEŞTEMALCI, V., 2001. Uzaktan Algılamanın Temel esasları ve bazı uygulamalar. Lisans üstü yaz okulu ders notları.
- DURY, S. J., B. J, TURNER. 2001. "Nutrient estimation of eucalypt foliage derived from hyperspectral data" Department of Forestry School of Resource
- ELTEZ, R. Z., TÜZEL, Y., GÜL, A., TÜZEL, İ.H., DUYAR, H. 2002. 'Effects of different EC Levels of Nutrient Solution on Greenhouse Tomato Growing'. Acta Hort. (ISHS)573;443-448

- EPSTEİN, E., BLOOM, A. J., 2005. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. Sinauer Associates.
- ERCAN, N., 2002. Domates meyvesinin büyüme ve olgunlaşması sırasında bileşiminde meydana gelen değişimler. Derim Dergisi Cilt 19 Sayı 4
- ERKOÇ, İ. 2009. 'Sera Domates Yetiştiriciliğinde Kükürt ve Leonardit Uygulamalarının Fosfor Yararışlılığına Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- ERYÜCE, N., AYDIN, S., FRAGOSA, M.A.C., BEUSİCHEM, M., VAN, L., 1993. 'The Effects of Different Nitrogen, Phosphorus, Potassium Fertilizer Application on Tomato Seed Properties. Optimization of Plant Nutrition: Refereed papers From the Eighth International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition'. Cab. Abst. 435-438, (ISSN: 950312890)
- EVCİ, Y., 2002. Isıtmasız Ortamda Farklı Potasyum Dozlarının Domateste Verim ve Kaliteye Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Isparta.
- EVERITT, J.H. 1985.'Leaf reflectance nitrogen chlorophyll relations in buffergrass'. Eng. Remote Sens. 51:463-466
- EVLİYA, H. 1964. Kültür bitkilerinin beslenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Sayı: 10.
- FAIRBROTHER, T.E., BRINK, G.E., 1990. 'Determination of cell wall carbohydrates in forages by NIR reflectance spectroscopy' Animal Feed Science and Tec. 28:293-302
- GENÇ, L., SMITH, S., 2005. 'Principal components analysis for moderate and high resolution remote sensing data'. Trakya J. of Science 6(2);29-48
- GEORGİEVA, V.G. 1989. 'Possibilities of error in diagnosing the status of magnesium availability for tomatoes'. Journal of Hort. Science, 59(5);234-242.
- GUO, X., WILMSHURST, J.F., Lİ, Z. 2010. 'Comparison of Laboratory and Field Remote Sensing Methods to Measure Forage Quality'. Int. J. Environ. Res. Public Health 7; 3513-3530 (ISSN: 1660-4601)
- GÜLER, M., KARA, T., 2005. 'Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojisine Genel Bir Bakış'. Ondokuz Mayıs Üni. Zir. Fak. Der. 20(3);110-117
- GÜNDÜZ, E., DEMİRİSOY, A., TÜRKAN, İ., 2006. GENEL BİYOLOJİ. Palme Yayıncılık ISBN: 0-8053-6624-5
- GÜNAL, H., ERŞAHİN, S., AKBAŞ, F., BUDAK, M., 2007. 'Toprak Biliminde Kızıl Ötesi Spektrometrenin Potansiyel Kullanımı'. Omü. Zir. Fak. Dergisi 22(2);219-226

- GÜNEŞ, A., ALPASLAN, M., İNAL, A., 2007. Bitki Besleme ve Gübreleme Ders Kitabı. Ankara Üniversitesi Basım Evi. (ISSN: 975-482-516-5)
- IMAS, P. 1999. Quality aspects of K nutrition in horticultural crops. Workshop on Recent Trends in Nutrition Management in Horticultural Crops. Dapoli, Maharashtra, India. ISSN: 9758377248
- ISMAIL, A.S., ORABI, A.A., MOSTAFA, M.A. 1985. 'Iron-phosphorus relationship in the nutrition of tomato seedlings grown on alluvial and calcareous soils'. Plant and Soil 83, 323-326 Netherlands.
- JACKSON, M. L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- JENSEN J. R. 1996. "Introductory Digital Image Processing: A remote sensing introduction", Chicester : Wiley.
- JENSEN, J. R. 1998. 'Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective'. Prentice-Hall, New Jersey
- JONES, J.B., 2007. 'Tomato Plant Culture: In the Field, Greenhouse and Home Garden'.CRC Press (ISSN: 0849373956)
- JUSOFF, K., MANAF, M. 1995. Satellite Remote-Sensing of Deforestation in the Sungai Buloh-Forest-Reserve, Peninsular Malaysia. International Journal of Remote Sensing, 16, 11 c. 01981-01997
- KACAR, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Arastırma ve Gelistirme Vakfı Yayınları, No: 3.
- KACAR, B., İNAL, A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayınları, No:1241.
- KACAR, B., KATKAT, V. 2006. Bitki Besleme. Nobel Yayınları, No: 849
- KELLOG, C.E. 1952. Our Garden Soils. The Macmillan Company, Newyork.
- KESKİN, G., GÜL, U. 2004. 'Domates, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü (T.E.A.E.) Sayı:5 Nüsha:13 Ankara
- KILINÇ, R., YOKAŞ, İ., 1989. 'Toprağa Uygulanan Fosfor, Demir, Çinko ve Organik Maddenin Bitkideki % P Kapsamına Etkileri'. Toprak İlmi Derneği 10. Bilimsel Toplantı Tebliği.
- KOCAÇALIŞKAN, İ. 2008. Bitki Fizyolojisi 7. Baskı. Nobel Yayın Dağıtım No:1338, ISSN: 978-605-395-135-3 Ankara.

- KOLOTA, E., BİESİADA, A. 1990. 'Effect of magnesium fertilization on yield, fruits and mineral state of greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.)'. *Folia Horticulturae*, 2(1); 41-52.
- KONYA, H. 2007. 'Hiperspektral Jeolojik Uzaktan Algılama' Sivas Cumhuriyet Üni. Fen Bilimleri Enst. Jeoloji Müh. Böl. Yüksek lisans Tezi
- KOSKE, T.J., HALL, M., HINSON, R., POLLET, D., 1914. 'Commercial Growing of Greenhouse Tomatoes' Louisiana State University Agr. Center . issued in furtherance of Cooperative Extension work, Acts of Congress of May 8 –June 30, 1914.
- KOSOBROUKHOV, A. A., BAGNAVETS, E. A., SEMENOVA, N. A., CHERMNYKH L. N. 1988. 'PHOTOSYNTHESIS AND ABSORPTION OF MINERAL NUTRIENT IN TOMATO PLANTS UNDER VARIOUS ROOT ZONE TEMPERATURE AND LIGHT CONDITIONS'. *Institute of Soil Science and Photosynthesis, USSR Academy of Sciences, Pushchino*, BIOTRONICS 17;21-28. Moscow
- KOUKOULAKIS, P. H. 1987. 'The potassium fertilization of cucumber and tomato in greenhouse'. Heraklon, Greece 1984. *Soil Science Institute*, 55 (11); 11-12, Greece
- KÖKSAL, E.S. 2007. 'Sulama Suyu Yönetiminde Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanımı'. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 22(3); 306-315
- LAUDIEN, R., BARETH, G., DOLUSCHITZ, R., 2003. 'Analysis hyper spectral field data for detection of sugar beet diseases'. EFITA Conference, Debrecen, Hungary.
- LENK, S., CHAERLE, L., PFÜNDEL, E.E., LANGSDORF, G., HAGENBEEK, D., 2006. 'Multispectral fluorescence and reflectance imaging at the leaf level and its possible applications'. *J. Of Experimental Botany*, 58(4); 807-814
- LILLESAND, T. M. 1990. Remote Sensing and Geographic Information Systems, Forest Science, Chapter 13
- LINDSAY, W.L., W. A. NORVELL. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of American Proceeding*, 42: 421-428.
- LIEW, O. W., CHONG, P. C. J., LI, B., ASUNDI, A. K. 2008. 'Signature Optical Cues: Emerging Technologies for Monitoring Plant Health' *Sensors* 8; 3205-3239; DOI: 10.3390/s8053205 ISSN 1424-8220 www.mdpi.org/sensors
- LOUE, A. 1968. Diagnostic Petiolaire de Prospection. Etudes Sur la Nutrition et la Fertilisation Potassiques de la Vigbe Societe Commerciale des Potasses d'Alsace Services Agroomiques. 31- 41.

- MAKTAV, D., SUNAR, F., 1992. Uzaktan Algılama Kantitatif Yaklaşım (çeviri)
Editörler: Philip H. Swain ve Shirley M Dawis. İTÜ İns. Fak. Jeodezi ve
Fotogrametri Müh. Böl. Ayazağa-İstanbul.
- MARSCHENER, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Book, Academic Press,
New York.
- MARSCHENER, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, New
York.
- MARTINIELLO, P., PAOLETTI, R., BERARDO, N., 1997. 'Effect of phonological
stages on dry matter and quality components in Lucerne'. European Journal of
Agronomy.
- MATHER, P. M. 1987. 'Computer processing of remotely-sensed images : an
introduction'. Chicester : Wiley.
- MAYNARD, D. N., HOCHMUTH, G. J. 1997. 'Tomato Nutrient Sufficiency Ranges
Plant Part: Most recently matured leaf Adapted from Knott's Handbook for
Vegetable Growers'. 4th Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.
<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/pub363/9-fert-tomatoes.htm>
- MENGEL, K., KIRBY, E.A., 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash
Institute. Bern.
- MERZLYAK, M.N., GITELSON, A.A., CHIVKUNOVA, O.B., RAKITIN, V.Y. 1999.
'Non-Destructive Optical Detection of Leaf Senescence and Fruit Ripening'.
Physiol Plant (106);135-141.
- MULLER, J. 1988. "Digital image processing in remote sensing", London : Taylor
Francis.
- MUTANGA, O., SKIDMORE, A.K., PRINS, H.H.T., 2004. 'Predicting in situ pasture
quality in the Kruger National Park, South Africa, using continuum-removed
absorbtion features'. Remote Sensing of Environment 89:393-408
- MÜNDEL, H.H., SCHAALJE, G.B., 1988. 'Use of NIR reflectance spectroscopy to
screen soybean lines for plant nitrogen'. Crop Science, 28:157-162.
- NORRIS, K.H., BARNES, R.F., MOORE, J.E., SHENK, J.S., 1976. 'Predicting forage
quality by infrared reflectance spectroscopy'. J. of Animal Sci. 43(4):889-897
- OLSEN, S.R., SOMMERS, L.E. 1982. Phosphorus. *American Society of Agronomy*,
pp.539-579, Madison, Wisconsin.
- ORMAN, Ş., KAPLAN, M., 2004. 'Kumluca Ve Finike Yörelerinde Serada Yetiştirilen
Domates Bitkisinin Beslenme Durumunun Belirlenmesi'. Akdeniz Üni. Zir. Fak.
Der. 17(1);19-29

- OSBORNE, S. L., SCHEPERS, J. S., FRANCİS, D. D., SCHLEMMER, M. R. 2002. 'Detection of Phosphorus and Nitrogen Deficiencies in Corn Using Spectral Radiance Measurements'. REMOTE SENSING Agronomy Journal Volume 94 November–December 2002 Number 6
- ÖNDER, M., 1993. Kavramlar Temel Esaslar Uydu Sistemleri Uygulama Alanları. H.Ü. Müh. Fak. Uzaktan Algılama Ders Notları 23., Beytepe-Ankara.
- ÖZKAN, C. F. 2007. ' Örtü altı Sebze Yetiştiriciliğinde Gübreleme'. BATEM, Antalya.
- ÖZKAN, C. F., ARI, N., ARPACIOĞLU, A. E., DEMİRTAŞ, E. I., KAYA, H. 2005. 'Antalya Bölgesi Örtüaltı Sebze Yetiştiriciliğinde Potasyumun Önemi' .Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştay, 3-Çalıştay, 3-4 Ekim 2005, Eskişehir
- ÖZTÜRK, İ., TORT, N., 2004. 'Fungisit Uygulamasının Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Bitkisi Yapraklarında Bazı Fotosentetik Pigment Maddeleri, Bitkisel Hormonlar ve Protein Miktarları Üzerine Etkisi'. C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi Cilt 25 Sayı 1
- PASSAM, H. C., KARAPANOS, I. C., BEBELİ, P. J., SAVVAS, D. 2007.' A Review of Recent Research on Tomato Nutrition, Breeding and Post-Harvest Technology with Reference to Fruit Quality'. The European Journal of Plant Science and Biotechnology Global Science Books
- PENUELAS, J., FİLELLA, I., 1998. 'Visible and NIR reflectance techniques for diagnosing plant physiological status'. Trends Plant Sci. 3:151-156
- PIZER, N.H. 1967. Some advisory aspect. Soil potasssium and magnesium. Tech. Bull.,14: 184.
- PRATT, W. K., 1978. "Digital Image Processing", Wiley Precision Agriculture (CD), July 16-19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- READ, J.J., TARPLEY, L., MC KİNİON, J.M., REDDY, K.R., 2002. 'Narrow-waveband reflectance ratios for remote estimation of nitrogen status in cotton'. J.of Environmental Quality 31:1442-1452
- RİCHARDSON, A.J., EVERİTT, J.H., GAUSMAN, H.W.,1983. ' Radiometric estimation of biomass and nitrogen content of Alicia grass'. Remote Sens. Environ. 13:179-184.
- RİEDEL, W.E., HESLER, L.S., OSBORNE, S.T., BLACKMER, T.M., 2000. 'Remote Sensing of Insect damage in Wheat'. The 5th international Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management, University of Minnesota, July 16-19, 2000, USA. <http://www.precision.agi.umn.edu/Abstracts00/154.html>

- SLATON, M.R., HUNT, E.R., SMITH, W.K., 2001. 'Estimating Near-Infrared Leaf Reflectance From Leaf Structural Characteristics'. *American J. of Botany* 88(2);278-284
- SALISBURY, F.B., ROSS, C.W. 1978. 'Plant physiology'. 2nd ed. Wadsworth Publ. Co., Belmont, CA
- SCHEPERS, A., ve BEEMSTER, A.B.R., 1976. 'Effect of fertilizers on the susceptibility to virus infection of the potato, with special deference to mature-plant resistance. In: Fertilizer Use and Plant Health'. 101-110, Intern. Kali-Institut, Bern.
- SEMBİRİNG, H., RAUN, W.R., JOHNSON, G.V., STONE, M.L., SOLİE, J.B., PHİLLİPS, S.B: 1998. 'detection of nitrogen and phosphorus nutrient status in bermudagrass using spectral radiance'. *J. Plant Nutr.* 21,1189-1206
- SESÖREN, A. 1999. "Uzaktan algılamada temel kavramlar" Mart matbaacılık sanatları Ltd. Şti. İstanbul.
- SHENK, J.S., WESTERHAUS, M.O., HOOVER, M.R., 1979. 'Analysis of forage by NIR reflectance'. *J. of Dairy Sci.* 62:807-812
- SHENK, J.S., WESTERHAUS, M.O., 1994. 'The application of NIR reflectance spectroscopy to forage analysis'. ASA-CSSA-SSSA, p:404-449 Madison, WI.
- SİLVA, T.A., BEYL, C.A. 2005. 'Changes spectral reflectance of wheat leaves in response to specific macronutrients deficiency'. *COSPAR Publication.* 35:305-317
- SOIL SURVEY STAFF, 1951. *Soil Survey Manuel.* Agricultural Research Administration, U.S. Dept. Agriculture, Handbook No: 18.
- SÖNMEZ, N.K., SARI, M., SÖNMEZ, S., 2008. Relationship between mineral contents and canopy reflectance in Washington Navel Orange Trees (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Assian Journal of Chemistry*, 20(6), 4760-4772.
- STARKS, P.J., ZHAO, D., PHİLLİPS, W.A., COLEMAN, S.W., 2006a. 'Herbage mass, nutritive value and canopy spectral reflectance of Bermuda grass pastures'. *Grass and Forage Sci.* 61:101-111
- STARKS, P.J., ZHAO, D., PHİLLİPS, W.A., COLEMAN, S.W., 2006b. 'Development of canopy reflectance algorithms for real-time prediction of bermuda grass pasture biomass and nutritive values'. *Crop Sci.* 46:927-934
- STONE, M.L., SOLİE, J.B., RAUN, W.R., WHİTNEY, R.W., TAYLOR, S.L., RİNGER, J.D. 1996. 'Use of spectral radiance for correcting in-season fertilizer nitrogen deficiencies in winter wheat'. *Trans. ASAE* 39;1623-1631

- SUPANJANI, LEE, K.D. 2006. Hot pepper response to interactive effects of salinity and boron. *Plant, Soil and Environment*, 52 (5): 227-233.
- TALBOTT, L.D., HAMMAD, J.W., HARN, V.H., PATEL, N.J., ZEİGER, E., 2006. 'Reversal by green light of blue light- stimulated stomatal opening in intact, attached leaves'
- TEKŞEN, F., 2006. Tıbbi Biyoloji ve Genetik Ders Kitabı. Ankara Üni. Sağ. Eği. Fak. Yayınları No:4 Baskı:2 Ankara. (ISBN: 975-482-478-9)
- THUN, R., HERMANN, R., KNICKMAN, E. 1955. Die Untersuchung Von Boden. Neuman Verlag, Radelbeul und Berlin, s: 48-48.
- TOPÇUOĞLU, B. ve YALÇIN, S. 1999. 'Potasyumlu ve magnezyumlu gübrelemenin örtü altında yetiştirilen domates bitkisinde ürün ve klorofil ile yetiştirme dönemi süresince bazı bitki besinlerinin örnekleme dokularındaki içerikleri üzerine etkileri'. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1);47-60.
- TUCKER, C.J. 1980. Remote sensing of leaf water content in the near infrared. *Remote Sens. Environ.* 10; 23-32.
- ÜNAY, A., BASAL, H. 2005. 'İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ ve PAMUK' ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 2(1); 11 – 16
- VATANDAŞ, M., GÜNER, M., TÜRKER, U., 2005. 'Hassas tarım Teknolojileri.' TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası 6. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak, 347-365, Ankara.
- WILLIAMS, S. 1984. Official methods of analysis of the association of official analytical chemist. The Association of Official Analytical Chemist. Inc., 140 pp: 59-60, Wirginia 22209, USA.
- XU, H., YU, P., FU, X., YING, Y., 2009. 'On-site variety discrimination of tomato plant using visible- near infrared reflectance spectroscopy'. *J. of Zhejiang Uni. Science B.* 10(2);126-132 (ISSN: 1862-1783)
- YANG, Z., RAO, M.N., KİNDLER, D., ELLİOTT, N.C. 2004. 'Remote sensing to detect plant stress, with particular reference to stress caused by the greenbug: A Review.' *Southwestern Entomologist.* 29(3); 227-236.
- YILDIZ, M., TERZİ, H. 2007. 'Bitkilerin Yüksek Sıcaklık Stresine Toleransının Hücre Canlılığı ve Fotosentetik Pigmentasyon Testleri İle Belirlenmesi' *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 23 (1-2) 47 – 60 (ISSN 1012-2354)
- YÜREKLİ, A.K., GÜVEN, A. 1989. *J. Plant Growth Regul.*15; 69-73.