

**T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

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

**DOMATES BİTKİSİNDE AZOT İÇERİĞİNİN HİPERSPEKTRAL
ALGILAMA TEKNİKLERİYLE BELİRLENEBİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Esmâ KARGI

**Danışman
Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞIT**

ISPARTA - 2019



© 2019 [Esmā KARĢI]

TEZ ONAYI

DOMATES BİTKİSİNDE AZOT İÇERİĞİNİN HİPERSPEKTRAL ALGILAMA TEKNİKLERİYLE BELİRLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

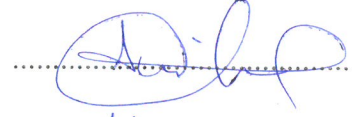
Esmâ KARĞI tarafından hazırlanan bu tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme** Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

İmza

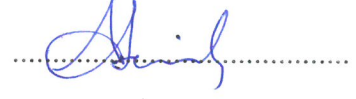
Başkan **Prof. Dr. Levent BAŞAYİĞİT**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Üye **Doç. Dr. Hüseyin ŞENOL**
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Üye **Dr. Öğr. Üyesi Ahmet DEMİRBAŞ**
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi



Yukarıdaki Jüri kararı Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/..../.... tarih ve/..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr. Yusuf UÇAR
Enstitü Müdürü

ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezime ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

16/07/2019

Esmâ KARĞI



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1. Spektrometre.....	3
2.2. Bitkilerde Spektral Yansıma.....	5
2.3. Bitkilerde Spektrometrenin Kullanımı.....	8
2.4. Bitki Besin Maddesinin Spektrometre ile Belirlenmesi.....	10
2.5. Azotun Bitki Metabolizmasındaki Yeri.....	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Çalışma alanına ait genel bilgiler.....	18
3.1.2. Çalışmada kullanılan toprak özellikleri.....	19
3.1.3. Çalışmada kullanılan bitki materyali.....	19
3.1.4. Çalışmada kullanılan gübre, ilaç ve diğer materyaller.....	20
3.2. Yöntem.....	20
3.2.1. Saksı denemesinin kurulması.....	21
3.2.2. Yaprak örneklerinin alınması ve spektral ölçümleme.....	22
3.2.3. Spektral verilerin işlenmesi.....	25
3.2.4. Laboratuvar analizleri.....	25
3.2.5. İstatistik analizler.....	25
3.2.6. Bitki örtüsü indislerinin oluşturulması.....	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
4.1. Denemede Kullanılan Bitkilerin Besin İçerikleri.....	27
4.1.1. Amonyum nitrat uygulanan domates bitkisinin besin içerikleri.....	27
4.1.2. Amonyum sülfat uygulanan domates bitkisinin besin içerikleri.....	29
4.2. Spektral Yansımalar.....	32
4.2.1. Amonyum nitrat uygulanan örneklerin spektral yansımaları.....	32
4.2.2. Amonyum sülfat uygulanan örneklerin spektral yansımaları.....	35
4.2.3. Amonyum nitrat uygulanan örneklerin türev grafikleri.....	39
4.2.4. Amonyum sülfat uygulanan örneklerin türev grafikleri.....	41
4.3. Amonyum Nitrat ve Amonyum Sülfat Uygulamalarından Oluşan Yaprak N İçeriği Tahmin Modelleri.....	44
4.3.1. Amonyum nitrat uygulamasının dört dönem için farklı dozlar ve tekrürler birlikte tahmin modelleri.....	45
4.3.2. Amonyum sülfat uygulamasının dört dönem için farklı dozlar ve tekrürler birlikte tahmin modelleri.....	49
4.3.3. Amonyum nitrat uygulamasının beş farklı doz uygulamasına ait 4 dönem birlikte ve tekrür ortalaması alınmadan tahmin modelleri.....	52
4.3.4. Amonyum sülfat uygulamasının beş farklı doz uygulamasına ait 4 dönem birlikte ve tekrür ortalaması alınmadan tahmin modelleri.....	56
4.3.5. Tüm 120 test verisi birlikte tahmin modelleri.....	61

4.3.6. Tüm dönem ve farklı dozlar birlikte gübreler ayrı tahmin modelleri (tekerrür ortalaması alınmadan).....	63
4.4. Amonyum Nitrat ve Amonyum Sülfat Uygulamalarından Oluşan Bitki Örtüsü İndeksleri	65
4.4.1. Amonyum nitrat uygulamasından oluşan bitki örtüsü indisleri	65
4.4.2. Amonyum sülfat uygulamasından oluşan bitki örtüsü indisleri.....	66
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKLAR.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	79



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOMATES BİTKİSİNDE AZOT İÇERİĞİNİN HİPERSPEKTRAL ALGILAMA TEKNİKLERİYLE BELİRLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Esmâ KARĞI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Levent BAŞAYİĞİT

Bu tez çalışmasında hiperspektral yöntemler ile domates bitkisinin azot içeriğinin kontrollü sera koşullarında belirlenebilirliği araştırılmıştır.

Çalışma sera ortamında yürütülmüş, domates bitkisine iki farklı gübre çeşidi amonyum nitrat ve amonyum sülfat formunda, 5 farklı doz uygulaması yapılmıştır. Toplamda 120 saksıdan oluşan denemede 4 farklı dönemde (15 Ağustos, 25 Ağustos, 5 Eylül ve 15 Eylül) her bir dozdan 3 tekrerrür olacak şekilde örnekleme yapılmıştır.

Spektral yansımalar ASD FieldSpec HandHeld spektrometre cihazı-bitki probu (plant probe) aparatı kullanılarak ölçülmüş, örneklenen domates bitkisi yapraklarında azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) analizleri yapılmıştır. Spektral yansıma ölçümleri ve 1. türev değerleri ile N besin elementi içerikleri stepwise çoklu regresyon analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonunda en yüksek R²'ye sahip tahmin modelleri oluşturulmuştur. Böylece çalışmaya konu olan N elementinin içerik olarak belirlenmesinde kullanılacak dalga boyları belirlenmiştir.

Amonyum nitrat ile amonyum sülfat uygulamalarından oluşan yansıma grafikleri, türev grafikleri ve tahmin model denklemleri karşılaştırılmıştır. Amonyum nitrat ve amonyum sülfat ile gübreleme yapılan domates bitkilerinin N değerleri ile bitki örtüsü indislerinin değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır. Bitki örtüsü indisleri ile N besin elementi içeriklerinin arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler elde edilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, amonyum sülfat uygulamaları ile spektrumun 445, 705, 720, 735, 750, mavi (450-500nm), ve kırmızı (610-700) dalgaboyları arasında % 1 düzeyinde önemli istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir. Amonyum nitrat uygulamaları ile spektrumun dalgaboyları arasında önemli istatistiksel farklılıklar görülmemiştir. Amonyum sülfat uygulamasında CI indisi hariç mND705, SR705, RI indisleri istatistiksel olarak önemli (P<0.001) bulunmuştur. Bitki indisleri bitki sağlığı konusunda bize bilgi sunmaktadır. Dolayısıyla amonyum sülfat uygulaması yapılan bitkiler amonyum nitrat uygulanan bitkilere göre daha sağlıklı olduğu görülmüştür.

Amonyum nitrat uygulamasında ise bitki indislerinin daha geniş veri setlerinde araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, domates bitkisinin hiperspektral algılama yöntemleri ile N içeriğinin belirlenmesinde amonyum nitrat uygulamasının spektral yansıma grafiğinin görünür bölgesinde dalga boylarının % 75'inin, yakın kızılötesi bölgede dalga boylarının % 25'inin, amonyum sülfat uygulamasında ise spektral yansıma grafiğinin görünür bölgesinde dalga boylarının % 54.2'sinin, yakın kızılötesi bölgede dalga boylarının % 45.8'inin belirlenebildiği görülmüştür. Özellikle 4. dönemde amonyum nitrat ve amonyum sülfat uygulamalarının her ikisinde de azalan dozlara bağlı olarak görünür bölgede yansıma yüzdelerini artırdığı, dolayısıyla bu dönemde domates bitkisinin N içeriğinin belirlenebileceği tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Amonyum nitrat, Amonyum sülfat, Azot, Bitki indisi, Domates, Spektrometre

2019, 79 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE DETERMINATION OF NITROGEN CONTENT WITH HYPERSPECTRAL DETECTION TECHNIQUES IN TOMATO PLANT

Esma KARĐI

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Soil Science and Plant Nutrition**

Supervisor: Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞIT

In this thesis, the determination of the nitrogen content of the tomato plant by hyperspectral methods in controlled greenhouse conditions was investigated.

The study was carried out in the greenhouse conditions, two different fertilizers amonyum nitrat and ammonium sulfate were applied to the experimental plants and 5 different doses were applied. A total of 120 flower pots were sampled in four different periods (15 August, 25 August, 5 September and 15 September) for 3 replications. Spectral reflections were measured by using ASD FieldSpec HandHeld spectroradiometer-plant probe apparatus and nitrogen (N), phosphours (P) and potassium (K) analyzes were performed on sampled tomato plant leaves. Spectral reflectance measurements and 1st derivative values and N nutrient levels were evaluated by stepwise multiple regression analysis method and the highest R² estimation models were formed. Wavelengths which can be used in the prediction of the N element which is the subject of research are determined.

Reflection graphs of ammonium nitrate and ammonium sulfate applications, derivative graphs and estimation model equations are compared. Correlation analysis was performed to determine the relationship between the values of N values of the tomato plants fertilized with ammonium nitrate and ammonium sulfate and the values of the vegetation indices. Graphs showing the relation between vegetation indices and N nutrient contents were obtained.

According to the findings, significant statistical differences were determined between 1 % and 445, 705, 720, 735, 750, blue (450-500 nm) and red (610-700 nm) wavelengths of spectrum ammonium sulfate applications. There were no significant statistical differences between ammonium nitrate applications and the wavelengths of the spectrum.

Ammonium sulfate application, except for the CI index, mND705, SR705, RI indices were statistically significant (P <0.001) was found. Plant indices provide information about plant health. Therefore ammonium sulfate treated plants have been found to be healthier than ammonium nitrate treated plants. In the application of ammonium nitrate, it is concluded that plant indices should be investigated in larger data sets.

As a result, it has been found that 75 % of the wavelengths in the visible region of the spectral reflection graph of the application of ammonium nitrate in the determination of N content by hyperspectral detection methods of tomato plant, 25 % of the wavelengths in the near infrared region, 54.2 % of the wavelengths in the visible region of the spectral reflection graph in the ammonium sulfate application, 45.8 % of the wavelengths in the near infrared region can be determined. It is estimated that especially in the 4th period, ammonium nitrate and ammonium sulphate applications increase the reflectance percentages in the visible region due to the decreasing does, thus the N content of tomato plant can be determined in this period.

Key Words: Ammonium nitrate, Ammonium sulfate, Nitrogen, Spectroradiometer, Tomato, Vegetation index

2019, 79 pages



TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan, çalışmalarım sırasında her türlü desteğini esirgemeyen değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞIT'e teŐekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında bilgi ve yardımlarımı esirgemeyen değerli arkadaşım Yük. Ziraat Mühendisi Rabia ERSAN'a teşekkür ederim. Ayrıca tezimin farklı aşamalarında yardımcı olan Doç. Dr. Yasin KARATEPE, Doç. Dr. Őerife Evrim ARICI ŐENKAYNAĐI, Arş. Gör. Dr. Mert DEDEOĞLU, Arş. Gör. Dr. Pelin ALABOZ, Zir. Yük. Müh. Mesut ALTINDAL, Arş. Gör. Fuat KAYA'ya teŐekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan, benden desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen eşim Cihan KARĐI, canım kızım Ecrin KARĐI ve canım oğlum Hüseyin Eymen KARĐI'ya, beni her konuda destekleyen anne ve babama sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Esmā KARĐI
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Bitkilerin elektromanyetik ışımının farklı dalga boylarındaki yansıma karakteristikleri	6
Şekil 3.1. Çalışmanın yürütüldüğü cam sera	19
Şekil 3.2. Denemede kullanılan domates fidesi.....	20
Şekil 3.3. Çalışmanın akış şeması.....	21
Şekil 3.4. Fidelerin saksılara dikimi ve deneme alanı	22
Şekil 3.5. Deneme deseni	23
Şekil 3.6. ASD fieldspec handheld spektrometre bitki probu	24
Şekil 3.7. Spektral ölçüm	24
Şekil 4.1. Dört dönemlik farklı dozlardaki NH_4NO_3 uygulamasının spektral yansımaları.....	34
Şekil 4.2. Dört dönemlik farklı dozlardaki $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulamasının spektral yansımaları.....	37
Şekil 4.3. Dört dönemlik farklı dozlardaki NH_4NO_3 uygulamasının spektral türev grafikleri	40
Şekil 4.4. Dört dönemlik farklı dozlardaki $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulamasının spektral türev grafikleri	43
Şekil 4.5. Amonyum nitrat uygulamalı bitki örtüsü indisleri ile N içerikleri arasındaki ilişki	66
Şekil 4.6. Amonyum sülfat uygulamalı bitki örtüsü indisleri ile N içerikleri arasındaki ilişki	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Çalışmada değerlendirilen spektral bitki örtüsü indisleri	26
Çizelge 4.1. Domates bitkisinde besin elementlerinin sınır değerleri	27
Çizelge 4.2. Amonyum nitrat tanımlayıcı istatistik bilgileri	28
Çizelge 4.3. Amonyum nitrat uygulanan domates bitkisinde N içeriği bakımından Tukey Testi.....	29
Çizelge 4.4. Amonyum sülfat tanımlayıcı istatistik bilgileri	30
Çizelge 4.5. Amonyum sülfat uygulanan domates bitkisinde N içeriği bakımından Tukey Testi.....	31
Çizelge 4.6. Amonyum nitrat uygulamasında dönemlik yaprak örneklerinden alınan azot elementi ortalaması alınmış tahmin modelleri	46
Çizelge 4.7. Amonyum sülfat uygulamasında dönemlik yaprak örneklerinden alınan azot elementi ortalaması alınmış tahmin modelleri	50
Çizelge 4.8. Amonyum nitrat uygulamasında beş farklı doz uygulamasına ait dört dönem birlikte değerlendirildi (tekerrür ortalaması alınmadan)	53
Çizelge 4.9. Amonyum sülfat uygulamasında beş farklı doz uygulamasına ait dört dönem birlikte değerlendirildi (tekerrür ortalaması alınmadan)	58
Çizelge 4.10. Tüm test verileri (tekerrür ortalaması alınmadan).....	62
Çizelge 4.11. Dönem ve farklı dozlar birlikte gübreler ayrı (tekerrür ortalaması alınmadan)	64
Çizelge 4.12. Amonyum nitrat uygulamasında N ile bitki indislerinin korelasyonu .	65
Çizelge 4.13. Amonyum sülfat uygulamasında N ile bitki indislerinin korelasyonu .	66

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrometre
ADF	Asit Deterjan Lif
ASD	Analytical Spectral Devices (Analitik Spektral Cihazlar)
BAI	Bitki Alan İndeksi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CI	Klorofil İndeksi
DMPP	İnhibitörlü Özel Granül Gübre
GNDVI	Düzeltilmiş Yeşil Bölge Vejetasyon İndeksi
IR	Kızılötesi (Infrared)
NDF	Nötr Deterjan Lif
NDVI	Normalize Edilmiş Vejetasyon Farklılık İndeksi
mND705	Normalize Edilmiş İndeks
nm	Nanometre
ppm	Milyonda Bir Kısım (Parts Per Million)
R	Kırmızı Banttaki Yansıyan Işık
RI	Yansıma İndeksi
RMSE	Hata Kareler Ortalaması Karakökü
R ²	Doğruluk Katsayısı
SR705	Basit Oran İndeksi
VNIR	Görünür Yakın Kızıl Ötesi Bölge (Visible Near Infrared Region)
µm	Mikrometre

1. GİRİŞ

Tarımsal üretimde yanlış yetiştirme teknikleri üretim girdilerinde artışa ve büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Üretim girdilerinin başında ise gübreleme gelmektedir. Fazla veya eksik gübre kullanımı verimi ve kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Gübreyi dengeli kullanmak için topraktaki potansiyelin belirlenmesi ve bu potansiyelin bitki tarafından kullanılabilirliğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Toprak ve yaprak analizleri bu amaca yönelik en yaygın kullanımı olan yöntemlerdir.

Toprak ve yaprak analizleri tam teşekküllü bir laboratuvarda yapılabilmekte ve çeşitli kimyasalların kullanımını zorunlu kılmaktadır. Ekonomik, zaman, iş gücü ve çevre hassasiyeti nedeniyle çeşitli analizlerde arazi spektrometrelerinin kullanımı cazip hale gelmektedir.

Günümüzde halen gelişme aşamasındaki bu sistemlerde, ölçüm yöntemleri arazide ve laboratuvar şartlarında da kısa sürede yapılabilmektedir. Bu sistemlerin standart yöntem olarak kullanılabilir duruma gelmesi halinde bitki besin elementlerinin eksikliğinin çok kısa sürede, arazide ve pratik bir şekilde uygulanabilen bir tekniğin geliştirilmesi için önemli katkı sağlanacaktır. Özellikle bitki beslenmesinde en kritik element olarak tanımlanan azotun bu yöntemler ile belirlenmesi konuyu daha da önemli kılmaktadır.

Azot, bitki gelişmesinde dolayısı ile gıda güvenliği açısından çok önemli bir yere sahip makro besin elementidir. Çünkü azot bitkide protein, amino asit, amid, nükleik asit, klorofil gibi önemli fonksiyonları bulunan organik bileşiklerin yapısında bulunmaktadır. Bu durum bitki bünyesindeki önemli fizyolojik fonksiyonları, ürün miktarını ve ürün kalitesini etkilemektedir.

Azot noksanlığı bitkinin yaşam faaliyetlerini olumsuz etkilerken fazlalığı ise verim ve kalite yönüyle beklenen faydaya ulaşmada bir engel olmaktadır. Noksanlığında kloroz, fazlalığında ise nekrozlar ortaya çıkar. Kloroz ve nekrozların gözle görülür hale gelmesi bitki için sorunun ileri aşamaya ulaşması anlamına gelmektedir. Bu nedenle azot noksanlığı ya da fazlalığının çıplak gözle izlenebilir etkileri belirmeden

nce tespitinin, erken dönemde tedbirler alınması neticesinde tarımdan beklenen faydayı artırmak açısından hayati önemi bulunmaktadır.

Çalışmada farklı azotlu gübreleme uygulanan domates (*Solanum lycopersicum*) bitkisinde N içeriğinin görünür yakın kızılötesi spektroyometrik yöntem kullanılarak belirlenebilirliği araştırılmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hiperspektral yansıma teknikleri, toprak, bitki, su ve mineral gibi birçok doğal objenin fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik özelliklerini belirlemeye yönelik geliştirilmekte olan genç sistemler olarak tanımlanmaktadır (Başayığıt vd., 2008).

Hiperspektral görüntüleme yüzey materyallerinden yansıyan enerjinin dar ve bitişik çok sayıda dalga boyu bandında ölçümüdür. Hiperspektral; 'hiper' yani çok fazla, aşırı anlamındadır, 'hiperspektral' çok sayıda spektral banttandır oluşan anlamına gelmektedir. Hiperspektral alıcıların en belirgin özelliği çok bantlı (multispektral) görüntülerden farklı olarak çok daha fazla bantta sahip olmalarıdır. Ancak, alıcıları hiperspektral yapan özellik bant sayısından çok, bantların ne kadar dar ve birbirine ne kadar bitişik olduğudur.

Hiperspektral yansıma tekniklerinin en yaygın kullanım şekli ise spektrometrelerdir (Başayığıt ve Dedeoğlu, 2012). 1970'li yılların başından itibaren bitkilerin kimyasal içeriklerini belirlemek amacıyla spektrometrik ölçümlerin kullanıldığı bilinmekte ve günümüzde de araştırmalar devam etmektedir. Yurtdışında spektrometre kullanımı ile yapılan çalışma sayısı çok fazla olmasına rağmen, ülkemizde bu tip çalışmalar oldukça sınırlıdır.

2.1. Spektrometre

Spektrometre, hedef nesneden yansıyan ışınımı uygun bir şekilde optik ve elektronik olarak işledikten sonra kaydeden çok spektrumlu elektro optik uzaktan algılama sistemleridir. Spektrometre yersel uygulanan hiperspektral ölçme tekniğidir. Hedef nesnenin aydınlatılmasında; arazide yapılan ölçümlerde doğal ışınım kaynağı olan güneş, laboratuvarında kontrollü koşullarda yapılan ölçümlerde ise yapay ışınım kaynağı olarak belirli özelliklere sahip lambalar kullanılır. Spektrometre, temel olarak, fiber optik kablo, spektrometre ve bilgisayardan oluşur.

Spektrometreler bir fotokotlandırıcı veya IR algılayıcı kullanılan sistemlerdir. Işık kaynağından gelen radyasyon dağıtım sisteminde dalga boylarına ayrılan

fotoklandırıcı veya IR kaydedici tarafından 1-10 nm arasında yüksek çözünürlükte kaydedilmektedir. Spektrometreler 375-2500 nm dalga boylarında yansıma ölçümü yapan cihazlardır. Spektrometre 512 kanalda topladığı 16 bitlik analog veriyi sayısal hale dönüştürmektedir. 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 (Karadağ ve Taşaltın, 2016).

Spektrometrik cihazlar spektrometrik ölçümlerin radyometrik kalibrasyonlarının sağlandığı aygıtlardır. Spektrometreler uydu ve diğer uzaktan algılama sensörlerinde olduğu gibi radyans (radiance), irradyans (irradiance), reflektans (reflectance) ya da transmisyonun kantitatif ölçümlerine dayanırlar. Spektrometrik yöntemlerde temel dayanak ise objelerin elektromanyetik bölgelerde kendine özgü bir yansıma (reflectance/radiance) değerlerinin bulunmasıdır. Bu yansıma değeri objeye renk, doku, parlaklık ve görünüş gibi özellikleri veren kimyasal yapısından kaynaklanmaktadır (Başayığıt vd., 2008).

Spektrometreler ile tek bir ölçümde elektromagnetik spektrumun dar bant aralıklarında çok sayısal yansıma verisi elde edilebilmektedir. Bu yöntem cisimlerin yansıma eğrileri olarak tanımlanan nanometre seviyesinde ölçümlere izin vermekte, stres altında olan bitkileri sağlıklı bitkilerden ayırarak stres faktörlerinin tahminine olanak sağlamaktadır.

Spektrometreler, geleneksel analiz metotlarına göre çok hızlıdır. Birkaç saniyede yüzlerce değer elde edilir ve bu değerler ile birden fazla parametre veya bileşen için tahmin yapılabilmektedir. Bu değerler kullanılarak uygun modelleme ve istatistiksel sonuca ulaşmak mümkün olabilmektedir. Bu sistemlerde örneklerin analize hazırlanması için özel bir çalışmaya gereksinim duyulmamaktadır. Analitik metotlarda olduğu gibi çözelti hazırlama ve kimyasal madde kullanılmadığından özel bir kimya bilgisi ve masraf gerektirmeyen çevre dostu bir metod olacaktır (Başayığıt vd., 2008).

Geleneksel olarak kullanılan laboratuvar yöntemlerine alternatif olarak gösterilen bu tekniklerin temeli, bitkilerin yeşil aksamlarından olan yansıma değerleri ile kimyasal kompozisyonu arasındaki ilişkinin çeşitli istatistiksel yöntemlerle tahminine dayanmaktadır (Başayığı vd., 2008).

2.2. Bitkilerde Spektral Yansıma

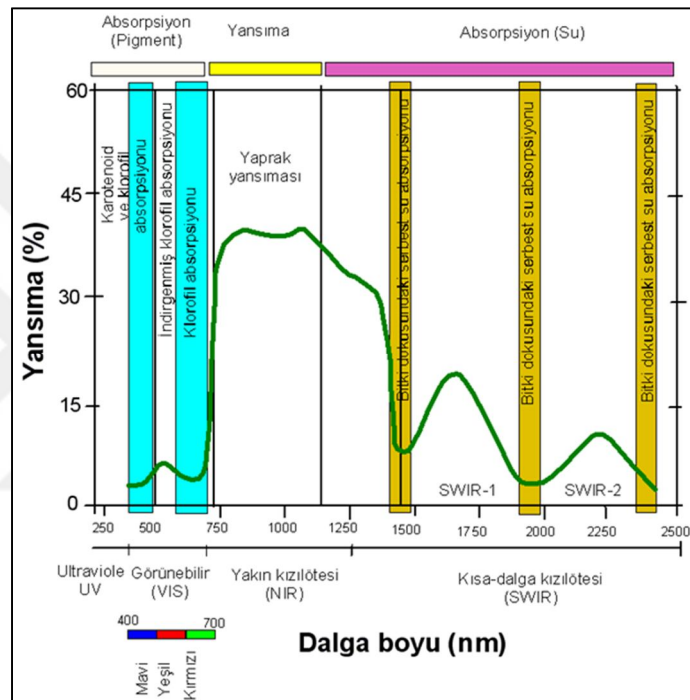
Bitkiler yeryüzündeki objeler içinde uzaktan algılama yöntemiyle daha kolay tanımlanırlar. Bunun en önemli nedeni bitki örtüsü ile algılayıcı arasında görüntü kalitesini etkileyebilecek herhangi bir nesnenin yer almamasıdır. Her bitki kendine özgü bir yansıma gösterir. Bu da çeşitli bitki türlerinin uzaktan algılama yöntemleri ile kolaylıkla tanınıp haritalanmasına olanak vermektedir. Bitkiler hücre yapılarına, yaprak ve yüzey genişliklerine, yapılarında buldukları su miktarına ve doğal ortamlarındaki konumlarına göre çeşitli dalga boylarındaki ışınları kendilerine özgü bir şekilde absorbe eder yada yansıtırlar. Her bir bitki türü kendine özgü hücre yapısı ve doğadaki duruş şekline sahiptir. Böylece bitki türlerinin birbirinden ayırt edilebilmeleri mümkün olmaktadır. Genel olarak bitkiler, görünür ışık bölgesi denilen 0.4–0.7 µm dalga boyundaki ışınları absorbe ederler. Kızılötesi ışınlar ise çok düşük oranda absorbe ederlerken çok büyük bir bölümünü yansıtırlar (Anonim, 2003a; Teillet vd., 1997; Duran, 2007).

Bitkilerde diğer yeryüzündeki cisimlerde olduğu gibi herhangi bir kaynaktan gelen farklı dalga boylarındaki enerjiyi soğurur, yayar, yansıtır veya dağıtır. Bu işlemler genellikle bitki yapraklarında gerçekleşir ve hücre duvarından epidermise, hücreler arası boşluktan stomalara her bir yaprak parçası elektromanyetik ışımaya farklı tepkiler gösterirler. 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 geçişini etkilemektedir (Chandrasekharan, 2005; Başayığı vd., 2008).

Bitkiler farklı dalga boylarında farklı absorpsiyon ve yansıtma özellikleri gösterirler. Görünür bölgedeki dalgaboyları mavi, yeşil ve kırmızı renklerden oluşmakta ve bunlardan mavi dalga boyları klorofil ve karotenoid 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. Normal yeşil bir yaprakta fotosentez olayı bitki hücresinin dış kısmında yoğunlaşan kloroplastlarda gerçekleşmektedir (Merzlyak vd., 2003; Başayığit vd., 2008).

Bitkilerde soğurma ve yansımaya olayı elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarında değişik karakteristikler taşımakta olup bunlar; görülebilir ışık bölgesi (0.4–0.7 μm), yakın kızıl ötesi bölgesi (0.7–1.3 μm), kızıl ötesi bölgesidir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Bitkilerin elektromanyetik ışımının farklı dalga boylarındaki yansımaya karakteristikleri (Başayığit vd., 2008)

Görünür spektrumun mavi ve kırmızı bölgelerinde yansıtma çok düşüktür. Çünkü yapraktaki klorofil, yaklaşık olarak 0.45 ile 0.65 μm arasında merkezlenmiş bu dalga boyu bantlarından gelen enerjinin çoğunu yutmaktadır. Bu bölgede bitki yapraklarındaki pigmentlerin ışığı fazla soğurmaları nedeniyle düşük yansımaya 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, bitkiler yeşil görülmektedir. 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 (Matkav ve Sunar, 1991).

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 antosiyanin üretir ve bunun sonucunda da yaprakları açık kırmızı görünüm alır (Matkav ve Sunar, 1991).

Yakın kızılötesi bölgesinde soğurulma çok az olduğundan yansıma çok yüksek olup, bitki türüne bağlı olarak %30–70 arasında değişmektedir. Geri kalan enerjinin büyük bir kısmı yaprak içinde iletilmektedir. Soğurulma ise spektrumun bu bölgesinde minimum olmaktadır. Bunun sebebi pigmentler tarafından absorpsiyonun çok düşük bulunmasıdır. 0.7–1.3 µm dalga boyları arasında bitkiden yansıma daha çok bitki yapraklarının iç yapısından etkilenmektedir. Bitki türlerinin bu iç yapı yönünden önemli farklılıklar göstermesi nedeniyle, bu bölgedeki yansıma ölçümleri, görülebilir dalga boylarında aynı görülen bitki türlerini dahi ayırt etmeye olanak vermektedir (Şenol, 1988). Ayrıca hücre yapısındaki herhangi bir bozulma veya değişiklik yansıma özelliğini de değiştirdiğinden bitki hastalıklarını da saptamak kolaylaşmaktadır. Kızılötesi 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, 2003a; Duran, 2007).

Bitkilerde yansımayı etkileyen iç ve dış faktörler bulunmaktadır. Yaprığın morfolojik yapısı, yakın kızılötesi bölgesinde bitki örtüsünden yansımayı etkileyen esas faktördür. Bu bölgede çok az soğurulma meydana gelir. Bunun nedeni bu dalga

boyunda soğurulacak enerji, yaprak sıcaklığının proteinlerin zarar görebileceği düzeye kadar yükselmesine neden olmasıdır. Nitekim bitki enerjiye ihtiyacı olduğu yerde soğurulma yapmakta, buna karşılık aşırı ısınmayı önlemek için yakın kızılötesi ışınlarını yansıtılmaktadır. Aynı bitki üzerinde farklı derecede yansıma gösteren yaprakların morfolojik yapısı da farklıdır (Anonim, 2003b; Duran, 2007).

Bitkinin yaşlı alt yaprakları, genç yapraklara göre daha az yansıma yapmaktadır. Yaprak yaşının yanında yaprağın taze veya kuru olması da yansımayı etkilemektedir. Kuru yapraklar taze yapraklara göre daha fazla yansımaya neden olmaktadır (Başayığı vd., 2008). Yaprak yüzeyinin parlak, mat veya tüylü olması da yansımayı etkilemektedir. Vejetasyon türlerinin farklı morfoloji, su içeriği, yaprak yüzeyi ve pigmentleri olduğundan birbirinden bağımsız olarak farklı tipte spektral yansıma tipleri vardır (Duran, 2007). Bitkilerin büyüme dönemleri, bitkilerin yaprak yapısı (geniş yapraklı yada iğne yapraklı olması) gibi etkenlerde yansımayı etkilemektedirler (Dinç vd., 2001).

Bitkinin yaşadığı ortam koşulları, çeşitli bitki türlerini değişen düzeylerde olmak üzere, bitki yaprağının morfolojisini, su içeriğini, yüzey özelliklerini etkilemektedir. Bu da yapraklardan olan yansımanın optimum koşullarda meydana gelen yansımadan daha farklı olmasına neden olmaktadır.

Bitkilerin topraktan ihtiyacı olan suyu karşılayamadığı durumlarda noksanlık söz konusudur. Bu da yansımayı etkilemektedir. Yaprakların oluştuğu devredeki nem durumu da, bu yapraklardan olan yansımada etkili olmaktadır. Yüksek nem koşullarında oluşmuş bir yaprak bütün dalga boylarında daha az yansıma gösterirken düşük nem koşullarında gelişmiş olan yapraklar daha fazla yansıma gösterir. Yüksek tuzluluk, besin elementi eksiklikleri veya hastalık ve zararlılar sebebiyle yapraklarda ortaya çıkan kloroz veya oluşan diğer belirtiler de yansıma özelliklerinde farklılaşmaya neden olmaktadır.

2.3. Bitkilerde Spektrometrenin Kullanımı

Spektrometrik ölçümler özellikle elektromanyetik spektrumun görülebilir, yakın ve orta kızılötesi bölgesindeki dalga boyu aralığında gerçekleştirilmektedir. Bu

aralıklarda bitkiler, içerdikleri bitki besin maddelerine, klorofil içeriklerine, stres durumlarına ve hastalık gibi birçok faktöre bağlı olarak farklı yansıma karakteristikleri göstermelerinden yola çıkılarak, bitki besin maddesi noksanlıkları, bitki stres koşulları, bitki hastalıkları gibi birçok etmen, bu semptomlar ortaya çıkmadan çok daha önce tespit edilebilmekte ve söz konusu stres koşullarının azaltılması veya önlenmesine yönelik önlemler erkenden alınabilmektedir. Yine bu ölçümler sayesinde hastalıklar, zararlanmalar, nematodlar, yabancı otlar, drenaj ve sulama sorunları oldukça ucuz ve hızlı bir şekilde ortaya çıkarılabilmektedir (Hart, 1980).

Çamoğlu vd. (2018), el spektrometresi ile yaprak düzeyinde yapılan yansıma ölçümlerinden yararlanarak su stresine bağlı olarak değişen mısır (*Zea mays saccharata* Sturt.) veriminin tahmin edilmesini amaçlamışlardır. Bu amaçla, Çanakkale’de, 2007 ve 2008 yıllarında altı sulama konusundan (%100, %80, %60, %40, %20 ve susuz) oluşan bir tarla denemesi yürütülmüştür. Çalışmada her sulamadan önce yansıma değerleri ölçülmüş ve bu ölçümlerden on iki spektral indis hesaplanmıştır. Mısırın her bir büyüme dönemi için spektral indisler ile hasatta elde edilen koçan verimleri arasında tek değişkenli ve çok değişkenli regresyon analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda, verim ile spektral indisler arasında istatistiksel olarak önemli modeller elde edilmiştir. Tek değişkenli regresyon analizi sonuçlarına göre, söz konusu ilişkiler vejetatif dönemden sonra daha da güçlenmiştir. Çok değişkenli doğrusal regresyon analizine göre; en yüksek belirtme katsayıları (R^2) vejetatif, çiçeklenme ve tane dolumu-hasat dönemlerine göre sırasıyla 2007 yılında 0.945, 0.905, 0.938 ve 2008 yılında 0.703, 0.946, 0.914 olarak bulunmuştur. Uzaktan algılama ile yaprak düzeyinde belirlenen spektral indislerden yararlanarak tatlı mısırın koçan veriminin yüksek doğrulukla belirlenebileceği söylenebilir. Hassas tarım teknolojilerinin hızla yaygınlaştığı günümüzde, ülkemiz koşullarında da bu uygulamaların yapılması üreticilerin tarımda modernleşme sürecine katılımını sağlayacaktır.

Spektral yansılardan, biber bitkisinin su stresi tespit edilmeye çalışılan bir çalışmada, su stresine maruz bırakılmış biber yapraklarından alınan spektral yansımalar kaydedilmiş ve bu yansıma verilerinin sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Su stresi tespiti iki aşamadan oluşturulup ve elde edilen

sonuçların her iki sınıflandırma yöntemi için yüksek olması, seçilen öznelik parametrelerinin doğru parametreler olduğunu göstermiştir. Bu şekilde bitkideki su stresi erken belirlenerek bitkiye etkisini azaltacak önlemler alınabilecektir (Karadağ vd., 2018).

Pirinçte ağır metal stresini belirlemek için, hiperspektral yansımalar yardımıyla yapılmış bir çalışmada Çin'in Changchun şehrinin 3 farklı bölgesinde yetişen pirinçlerden alınan örneklerin spektral ölçümleri ile laboratuvar analizleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, Cu'nun R^2 değeri 0.74, Cd'un ise 0.77 bulunmuş olup ağır metal stresinin en iyi 450-850 nm ve 350-1300 nm arasında belirlenebildiği görülmüştür. Bu da hassas tarımda gıda güvenliği için önemlidir (Liu vd., 2011).

Domates bitkisinde farklı tuzluluk konsantrasyonlarına sahip sulama suyu uygulamalarından kaynaklanan stres koşullarının, elektromanyetik spektrumun farklı dalga boyu bölgelerinde yapılan spektrometrik ölçümlerle belirlenebilirliği ortaya konulmaya çalışılmış, üretim periyodu boyunca, elektromanyetik spektrumun 330-1075 nanometre dalga boyları aralığında spektrometrik ölçümler yapılmış ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Spektrometre kullanılarak yapılan yansıma ölçümlerinin, domates bitkisinde sulama suyu tuzluluğundan kaynaklanan stres durumunun tespitinde başarılı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Çalışma, tuzluluktan kaynaklanan bitki stres durumunun, bitki henüz strese girmeden önce tespit edilebileceğini göstermesi açısından önem taşımaktadır (Sönmez vd., 2014).

2.4. Bitki Besin Maddesinin Spektrometre ile Belirlenmesi

Yapılan ilk çalışmalar bitki gelişimi dolayısıyla besin elementi alımının en önemli belirtisi olan klorofil gelişimi üzerine olmuştur. Bütün besin elementi eksiklikleri de klorofil azalması ya da deformasyonu olarak ortaya çıkmakta, klorofil gelişimi ise görünür bölgede (400-700 nm) ve kızılötesi (700-1100 nm) bölgesindeki yansımalarda artışla belirlenmektedir. Azot ve magnezyum, klorofilin yapısında en fazla bulunan besin elementidir. Bu nedenle azot ve magnezyum eksikliği olduğu koşullarda yansıma değerlerinde yüksek artışlar görülmektedir. Çeşitli araştırmalarda bu artışın % 90'lara kadar çıktığı belirtilmiştir (Silva ve Beyl, 2005).

Spektroradyometreler kullanılarak ölçülen farklı dalga boylarındaki yansımaya değerleri ve bu değerlerden türetilen (logaritma, türev, integral) yeni veriler istatistiksel modeller ile laboratuvar analizleri sonucu belirlenen besin elementi içerikleri karşılaştırılmış ve en iyi yaklaşım belirlenmeye çalışılmıştır (Başayığıt vd., 2008).

Makro ve mikro besin elementleri bitki gelişimi için önemlidir. Bitki kalitesini tespit etmek için geleneksel yöntemler detaylı örnekleme ve pahalı laboratuvar analizleri gerektirir. Uzaktan algılama teknikleri ile yoğun numune alma ve laboratuvar analizleri süreci daha kısa sürede de tamamlanmış olur. Örneğin elma ağaçlarında fosfor, potasyum, magnezyum, kalsiyum, demir, bakır, manganez, çinko, azot ve yapraklarının klorofil içeriği ile yansımaya değerleri arasında istatistik ilişkinin yüksek olduğu ve VNIR bölgeden yapılan ölçümlerle tahmin edilebilmiştir (Başayığıt vd., 2009).

Dedeoğlu ve Başayığıt (2012), kiraz ağaçlarında oluşan Zn noksanlığının görünür yakın kızılötesi (VNIR) spektroskopik yöntem ile elde edilen yansımaya verilerinin türev grafiklerinden seçilen dalga boyları ile belirlenebilirliğini çalışmıştır. ASD FieldSpec HandHeld spektroradyometre cihazı-bitki probu (plantprobe) aparatı kullanılarak yaprakların spektral yansımaları ölçülmüş, türev eğrileri oluşturulmuş ve yapraklarda Zn besin elementi içerikleri laboratuvar analizleri ile belirlenmiştir. Spektral türev eğrileri ile Zn elementi seviyeleri stepwise çoklu linear regresyon analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda spektral verilerin türev grafiklerinde belirlenen kırılmalardan Zn seviyesini belirlemede 465, 520, 570, 600, 620, 650, 720, 730, 800 ve 850 nm dalga boylarının kullanılabildiği sonucuna varılmıştır.

Bir baklagil yem bitkisi olan yem bezelyesindeki (*Pisum sativum* L.) fosfor düzeylerinin spektral yansımaya değerlerini kullanarak belirlenmesi için yapılan çalışma hem arazi koşullarında hem de sera koşullarında yürütülmüştür. Arazi ve sera koşullarında yetiştirilen bitkilerde hem genel (kanopi) hem de yapraktan yansımaya ölçümleri yapılmış ve ölçümler için 325-1075 nm dalga boyları arasında yansımaya ölçümü yapabilen taşınabilir bir spektroradyometre kullanılmıştır. Yansımaya ölçümlerinden sonra biçilen bitkiler 65°C'de 48 saat kurutularak laboratuvarda fosfor

analizleri yapılmıştır. Laboratuvarında belirlenen fosfor düzeyleri ile spektral yansıma değerlerine değişken ekleme ve eleme (stepwise) regresyon analizi uygulanmış ve fosfor düzeyleri ile ilişkili dalga boyları belirlenerek regresyon eşitlikleri oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre örneklerin fosfor düzeyleri ile dalga boyu yansıma değerleri arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir. Özellikle yaprak yapılı kontrollü ölçümlerde daha sağlıklı sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar yem bezelyesindeki fosfor düzeylerinin tahmin edilmesinde spektral yansıma değerlerinin kullanılabilceğini göstermiştir (Özyiğit ve Bilgen, 2012).

Elma ağaçlarında yaprak klorofil, makro ve mikro element içeriklerinin kimyasal analiz yöntemleriyle belirlenmesi ve bunların spektrometre aracılığıyla ölçülen yansıma değerleriyle ilişkilendirilmesi yoluyla gerçekleştirilen bir çalışmada; N, P, K, Mg, Ca için R^2 değerlerinin sırasıyla 0.98, 0.99, 0.99, 0.99, 0.49 Fe, Cu, Mn, Zn için 0.99, 0.55, 0.87, 0.92 ve klorofil için ise 0.89 olduğu bildirilmiştir (Başayığit vd., 2009).

Mısır bitkisine çeşitli konsantrasyonlarda N, P, Mg ve Fe uygulanmış ve bu elementlerin eksikliğinin sırasıyla 380-390 nm, 430-780 nm, 516-780 nm, ve 540-600 nm dalga boylarından elde edilen spektral yansıma değerleri ile başarılı bir şekilde tahmin edilebilmiştir (Graeff vd., 2001).

Elma ağaçlarında çinko noksanlığının spektroskopik yöntemle belirlenebilirliğinin araştırılması amacıyla yürütülen çalışmada, 3 farklı bölgeden alınan bitki örnekleri yansıma değerleri ve bitki Zn içerikleri arasında yapılan regresyon analizleri sonucunda 400-900 nm arasındaki dalga boylarında yakın ilişkiler bulunmuş ve söz konusu bölgeler için 6 bant kullanılarak elde edilen R^2 değerlerinin 0.92, 0.95, 0.94 olduğu bildirilmiştir (Başayığit ve Dedeoğlu, 2012).

Korunga bitkisinin (*Onobrychis sativa* Lam.) spektral yansıması değerleri ve 1. derece türevleri ile N, P, K, ADF (Asit deterjan lif) ve NDF (Nötr deterjan lif) içerikleri arasındaki ilişkilerin araştırıldığı çalışmada; yakın kızılötesi bölgesinden seçilen R780, R650 dalga boylarının oranları ve yine 1. dereceden türevi alınan R760, R630 dalga boylarının oranları kullanılarak N, P, K, ADF ve NDF içeriklerinin sırasıyla $0.61 \leq R^2 \leq 0.80$ ve $0.70 \leq R^2 \leq 0.84$ arasında değişen R^2 ile

tahmin edilebildiği belirtilmiştir. Spektral yansıma verileri kullanılarak yapılan regresyon analizleri sonucunda 460, 550, 650 ve 780 nm dalga boyları için sırasıyla 0.85, 0.85, 0.78, 0.81 ve 0.74 olan R^2 değerleri ve yansıma verilerinin 1. dereceden türevi alınarak yapılan analiz sonucunda ise 440, 530, 630 ve 760 nm dalga boyları için sırasıyla 0.87, 0.91, 0.83, 0.93 ve 0.86 olan R^2 değerleri elde edilmiştir (Albayrak, 2008).

Yem bezelyesi bitkisinde spektral yansıma değerleri kullanılarak azot düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tarla ve sera koşullarında yürütülen çalışmada spektral yansıma ölçümleri için elektromanyetik spektrumun 325-1075 nm dalga boyları arasında yansıma ölçümleri yapabilen taşınabilir bir spektrometre kullanılmıştır. Çalışmada parsellere ve saksılara 0, 10 ve 20 kg/da dozlarında azot uygulanmış ve gübre olarak amonyum nitrat (% 33'lük) kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, azot seviyelerindeki değişimlerin spektrumun görünür bölgesindeki (400-700 nm) yansımaları etkilediğini göstermiş ve sera koşullarında yetiştirilen bitkilerde yapılan ölçümlerden daha iyi neticeler elde edilmiştir. Bu durum yem bezelyesinde azot düzeylerinin tahmini için spektral yansıma değerlerinin (özellikle görünür bölge) kullanılabilirliğini göstermiştir (Özyiğit ve Bilgen, 2011).

Koyun yumağı bitkisinde spektral yansıma değerleri kullanılarak fosfor ve potasyum seviyelerinin belirlenebilirliğini araştırmak amacıyla yapılan çalışma tarla ve sera koşullarında yürütülmüştür. Spektral yansıma ölçümleri için elektromanyetik spektrumun 325-1075 nm dalga boyları arasında yansıma ölçümleri yapabilen taşınabilir bir spektrometre kullanılmıştır. Çalışmada parsellere ve saksılara 0, 20 ve 40 kg da⁻¹ dozlarında fosfor ve potasyum uygulanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre fosfor ve potasyum düzeylerindeki değişimler spektrumun mavi (400-500 nm) ve yakın kızıl ötesi (700-900 nm) bölgelerindeki yansımaları etkilemektedir. Koyun yumağında fosfor ve potasyum düzeylerinin uzaktan algılama çalışmaları ile tahmin edilebileceğini ve çalışmalarda özellikle mavi ve yakın kızılötesi bölgelerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir (Özyiğit ve Bilgen, 2014).

Biber bitkisinde, çinko sülfat hepta hidrat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) ve çinko etilendiamintetraasetik asit (ZnEDTA) ile farklı dozlarda uygulama yapılmıştır. Bitkide çinko (Zn) besin içeriğinin hiperspektral yöntemler ile belirlenebilirliği araştırılmıştır. Çinko sülfat hepta hidrat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) ve çinko etilendiamintetraasetik asit (ZnEDTA) uygulamalarının her ikisinde 640 nm dalga boyundaki yansıma değerleri önemli bulunmuştur. Çinko sülfat hepta hidrat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) uygulamasında çinko (Zn) tahmin modelleri için 400-500 nm arasındaki dalga boyları, çinko etilendiamintetraasetik asit (ZnEDTA) için 900-1000 nm arasındaki dalga boyları yüksek doğruluk katsayısı vermiştir. Biber bitkisinde Zn içeriğinin hiperspektral yansıma yöntemlerine göre belirlenebilirliğinde yansıma eğrileri ve türev dönüşümleri için farklı dalga boylarının kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır (Özkuş, 2013).

Patates bitkisine 0, 50, 100, 150, 200, 250 ve 300 kg/ha'lık dozlarda azot uygulaması yapılmıştır. Uygulama bu bitkide yakın kızılötesi bölgede yapraklardan olan spektral yansımalarını etkilediği ve buna dayanarak N içeriğinin spektrometrik yöntem ile tahmin edilebildiğini göstermiştir. Farklı azot muamelelerinin yakın kızılötesi bölgede oluşturduğu yansıma değişimlerini belirlemek için VNIR bölgede oluşturulan bant grupları (500-590 nm, 600-690 nm, 700-790 nm) kullanılarak stepwise diskriminant istatistik analizi yapılmıştır. Analiz sonucu 570, 580, 600, 650, 700, 730 ve 760 nm dalga boylarında ortaya çıkan spektral değişimlerin farklı azot uygulamalarından kaynaklandığı belirtilmiştir. Patates bitkisinin gösterdiği yansımaların toplam N analizi sonuçları ile ilişkilendirildiğinde stepwise regresyon istatistik analiz metodu kullanarak N besin elementinin 560, 650, 730 ve 760 nm dalga boylarında tahmin edilebildiği görülmüştür (Jain ve Ray, 2007).

Albayrak vd. (2007), "Azotla Gübrelenen Tüylü Meyveli Fiğın N, P ve K İçeriğinin Yakın Kızılötesi Spektrometrik Yöntemle Tahmin Edilebilirliğinin Araştırılması" çalışmasında tüylü meyveli fiğın spektral yansıma değerleri ile azot, fosfor ve potasyum içeriği arasında yüksek ilişki bulunmuştur. Regresyon analizi sonucunda ölçülen ve tahmin edilen azot, fosfor ve potasyum içeriklerinin r^2 değerleri sırasıyla 0.935, 0.797 ve 0.884 olarak tespit edilmiştir. Araştırmanın sonucunda; yakın-kızılötesi spektrometre kullanılarak, tüylü meyveli fiğın azot,

fosfor ve potasyum içeriklerinin bitkiye zarar vermeden tarla koşullarında doğrudan tahmin edilebileceği belirtmiştir.

2.5. Azotun Bitki Metabolizmasındaki Yeri

Toprağa uygulanacak besin elementlerinin doğada en fazla bulunanı azottur. Delwiche (1970)'e göre atmosferde yaklaşık 3.8×10^{15} ton moleküler azot içermektedir. Buna karşılık, toprak azotu evrendeki toplam azotun yalnız küçük bir bölümünü oluşturmakta ve bununda ancak az bir bölümü bitkilere yararlı olmaktadır (Foth ve Ellis, 1988; Karaman, 2012).

Azot bitkilerin temel yapı taşlarından olup, bitkilerin azot içerikleri oldukça değişkendir. Bitki çeşidi, yaşı, organı, çevre koşulları gibi pek çok faktör bitkilerin azot içeriklerini etkiler. Azot bitkilerde, enzimler, klorofil, ATP (Adenozin trifosfat), ADP (Adenozin difosfat) organik bileşiklerin vazgeçilmez bileşenlerinden biridir. Bitkiler azotu topraktan temelde nitrat (NO_3^-) ve amonyum formunda alırlar. Ayrıca azotu kök nodülleri yardımıyla N_2 fiksasyonu ve sınırlı oranda da yaprak stomaları yardımıyla NH_3 formunda alabilmektedir.

Nitrat, bitki gelişimi için çoğunlukla tercih edilen bir N kaynağıdır. Ancak bu durum, genellikle bitki türü ve diğer çevre koşullarına bağlıdır. Toprakta amonyum mikrobiyal oksidasyonu nedeniyle, toprağa NH_4^+ lü gübrelere uygulansa dahi bitkiler azotu genellikle (NO_3^-) formunda alırlar. Bitkiler tarafından çoğunlukla (NO_3^-) formunun tercih edilme nedenleri; nitrat azotunun hareketli olması ve toprak suyu ile birlikte kolayca bitki köklerine geçerek absorbe olmasıdır. Bitkilerce alınan (NO_3^-) iyonlarının bitkilerde temel olarak buldukları organlar ise; bitki sapı, yaprak sapı, yapraklar, ve depo organları (yumru, havuç, vb.)'dir.

Azotun doğadaki kaynağı atmosferdir. Toprağın anakayasında ve anakayadan gelen anorganik ana materyalde azot bileşikleri yoktur. Toprağı oluşturan materyalde azot bulamadığı için, ayrıca atmosferden toprağa geçmiş olan azot da toprak da iyi bir şekilde depolanma kabiliyetinde olmadığı için, toprakların azot içerikleri genellikle düşüktür. Bunun haricinde hidrosfer ve canlılarda da önemli miktarda azot bulunmaktadır. Toprakta bulunan azotun ana deposu organik maddedir. Organik

maddeye bağlı bulunan azot ise bitkilerin hemen alabileceği formda değildir. Bununla beraber organik maddenin zamanla parçalanması neticesinde içinde bulunan azottan bitkiler faydalanabilir.

Azot bitkide gerçekteşen birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayda çok önemli rol oynar. Proteinlerin ve klorofilin sentezinde azotun etkisi çok büyüktür. Bitki hücre duvarının temel yapı taşıdır. Köklerin solunumunda, çiçeklenmenin zamanında gerçekteşmesinde, meyvenin (tohumun) oluşma ve olgunlaşmasında azotun rolü büyüktür. Azotça iyi beslenen ağaçların zararlılara karşı direnci de artmaktadır (Kantarıcı, 2000; Fageria, 2009; Bolat ve Kara, 2017).

Azot, organik maddenin yapıtaşı olduğundan bitki gelişimi ve kuru madde üretimi açısından birincil besindir. Dolayısıyla, vejetatif gelişme ve ürün artışı açısından azotun önemi büyüktür. Klorofilin yapı taşı olduğundan fotosentez için önemlidir. Azot noksanlığında klorofil molekülleri dağılır. Bitkilerde azot diğer besin elementlerinin etkinliği açısından da son derece önemlidir. Azot ile yeterli beslenen bitkilerin diğer besin elementlerini alım ve kullanım etkinlikleri de artmaktadır (Karaman, 2012).

Azot yetersizliğinde bitkiler genellikle soluk, açık yeşil bir görünüm kazanır, ileri noksanlık durumunda ise yaşlı yapraklardan başlayarak homojen sararmalar başlar. Azot eksikliği özellikle bitkinin vejetatif gelişimini olumsuz etkiler. Benzer olarak kök gelişmesi ve özellikle köklerde dallanma zayıflar. Yaprak ve gövde sistemi zayıf olur, vejetatif gelişme periyodu kısalmır. Bitkiler erken olgunlaşır, erken çiçek açar ve erken yaşlanır (Bergmann, 1992; Aktaş, 1995). Örneğin; domateste gövde diktir. Yapraklar küçük soluk yeşil ve sarı renkli ve yukarı doğru kalkık durumundadır. Gövde ince ve liflidir. Çiçeklerde dökülme görülür. Meyveler küçüktür ve kızarmadan önceki halleri soluk yeşil renklidir.

Azot fazlalığında bitkiler koyu mavimsi-yeşil renk alır. Aşırı azotun yol açtığı hücre genişlemesi, dokuların yumuşamasına ve enfeksiyonlara karşı direncin azalmasıyla hastalıklara (mantar hastalıklarına) dayanıklılığı azaltır. Vejetatif gelişme uzar ve yoğun olur, dolayısıyla olgunlaşma gecikir. Bitkilerde aşırı miktarda bulunan azot yaprak kenarlarında kloroz ve nekrozların ortaya çıkmasına sebep olur. Yapraklar

aşağıya doğru ters çanak şeklinde kıvrılır. Meyve ve sebzelerde kalite dűřer, nitrat akümüle eden bitkilerde nitrat düzeyleri insan sağlığına zararlı düzeylere çıkar.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışmasında domates bitkisinin azot içeriğinin hiperspektral algılama teknikleriyle belirlenebilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi, Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde yer alan serada yürütülmüştür. Kimyasal analizler ISUBÜ Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Toprak Bilimi ve Besleme Fizik ve Kimya Laboratuvarı, Orman Fakültesi, Toprak laboratuvarı, Eğirdir Meyvecilik ve Araştırma Enstitüsü Toprak ve Yaprak Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. Spektral okumalar ve veri işlemleri Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Laboratuvarında yürütülmüştür.

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanına ait genel bilgiler

Çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde yer alan cam serada domates bitkisi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü sera Şekil 3.1’de verilmiştir.

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne ait Fizik ve Kimya laboratuvarlarında bitki ve toprak analizleri, Uzaktan Algılama ve CBS laboratuvarında spektral yansıma ölçümleri ve veri işleme süreçleri yürütülmüştür.



Şekil 3.1. Çalışmanın yürütüldüğü cam sera

3.1.2. Çalışmada kullanılan toprak özellikleri

Çalışmada saksı materyali olarak kullanılan toprak, kumlu tın tekstürlü, saksı kapasitesi nem düzeyi % 30.5 olan ve pH'sı 7.9, EC'si 975 $\mu\text{s}/\text{cm}$, % 6.5 CaCO_3 ve % 2.5 organik madde içermektedir.

3.1.3. Çalışmada kullanılan bitki materyali

Çalışmada sarı yaprak kıvrırcığı virüsü (TLYCV), domates benekli solgunluk virüsü (TSWV), nematod gibi hastalıklara toleranslı, spektral ölçümler için yaprakları uygun, yetiştirme dönemi konusunda bir sıkıntı çıkarmayacak olan DRW 7806 domates fidesi sırik domates bitkisi kullanılmıştır (Şekil 3.2).



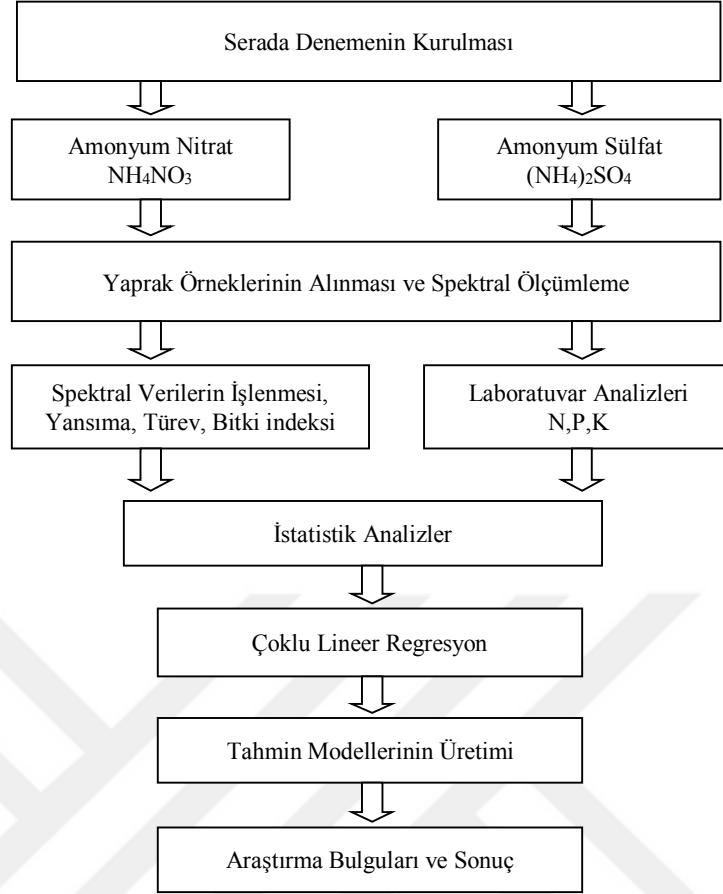
Şekil 3.2. Denemede kullanılan domates fidesi

3.1.4. Çalışmada kullanılan gübre, ilaç ve diğer materyaller

Bu çalışmada % 33 N içeren amonyum nitrat (NH_4NO_3) ve % 21 N içeren amonyum sülfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) olmak üzere iki farklı azot gübresi kullanılmıştır. Bitkinin gelişimini hızlandırdığı, bitki savunma mekanizmalarını teşvik ederek bitkileri toprak kaynaklı patojenlere karşı koruması için *Trichoderma harzianum* Rifai KRL-AG2 etken maddeli T-22 Planter Box kullanılmıştır. Erken yaprak yanıklığı (*Alternaria solani*) hastalığı için MACO (WP), tuta zararlısı için Voliam Targo 063 SC insektisit ilacı kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Denemenin seraya kurulması, yaprak örneklerinin alınması ve spektral ölçümler, laboratuvar analizleri, spektral verilerin işlenmesi, istatistik analizler ve modellemeden oluşmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Çalışmanın akış şeması

3.2.1. Saksı denemesinin kurulması

Denemede amonyum nitrat ve amonyum sülfat olmak üzere iki farklı gübre kullanılmıştır. Bu her iki gübreden de 5 farklı doz (0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm) olmak üzere her dozdan 3 tekerrürlü ve 4 farklı dönem için toplam 120 saksı kullanılmıştır. Domates dikilecek saksılar dezenfektan ile sudan geçirilmiştir. Her saksıya, 4 mm elekten geçirilmiş topraktan 9 kg tartılarak koyulmuştur. Domates fidelerinin saksılara dikiminden önce fidelerin kök bölgesine topraktan kaynaklı patojenlere karşı T-22 Planter Box uygulanmıştır. 26 Temmuz 2016'da dikim yapılarak can suyu verilmiştir (Şekil 3.4). Düzenli aralıklarla hava sıcaklığına bağlı olarak sulama yapılmıştır. Şekil 3.5'de deneme deseni verilmiştir.



Şekil 3.4. Fidelerin saksılara dikimi ve deneme alanı

3.2.2. Yaprak örneklerinin alınması ve spektral ölçümleme

Yaprak örneklerinin alınması ve spektral ölçümler 10 gün arayla 4 farklı dönemde yapılmıştır. Bu dönemler 15 Ağustos, 25 Ağustos, 5 Eylül ve 15 Eylül tarihlerinde yapılmıştır. Deneme için yetiştirilen bitkiler kök bölgesi üzerinden kesilerek vakit kaybetmeden Uzaktan Algılama Laboratuvarına getirilerek spektral ölçümleri yapılmıştır.

1NH ₄ NO ₃ 0 ppm X (3)	1NH ₄ NO ₃ 5 ppm X (3)	1NH ₄ NO ₃ 10 ppm X (3)	1NH ₄ NO ₃ 20 ppm X (3)	1NH ₄ NO ₃ 40 ppm X (3)
1(NH ₄) ₂ SO ₄ 0 ppm X (3)	1(NH ₄) ₂ SO ₄ 5 ppm X (3)	1(NH ₄) ₂ SO ₄ 10 ppm X (3)	1(NH ₄) ₂ SO ₄ 20 ppm X (3)	1(NH ₄) ₂ SO ₄ 40 ppm X (3)
2NH ₄ NO ₃ 0 ppm X (3)	2NH ₄ NO ₃ 5 ppm X (3)	2NH ₄ NO ₃ 10 ppm X (3)	2NH ₄ NO ₃ 20 ppm X (3)	2NH ₄ NO ₃ 40 ppm X (3)
2(NH ₄) ₂ SO ₄ 0 ppm X (3)	2(NH ₄) ₂ SO ₄ 5 ppm X (3)	2(NH ₄) ₂ SO ₄ 10 ppm X (3)	2(NH ₄) ₂ SO ₄ 20 ppm X (3)	2(NH ₄) ₂ SO ₄ 40 ppm X (3)
3NH ₄ NO ₃ 0 ppm X (3)	3NH ₄ NO ₃ 5 ppm X (3)	3NH ₄ NO ₃ 10 ppm X (3)	3NH ₄ NO ₃ 20 ppm X (3)	3NH ₄ NO ₃ 40 ppm X (3)
3(NH ₄) ₂ SO ₄ 0 ppm X (3)	3(NH ₄) ₂ SO ₄ 5 ppm X (3)	3(NH ₄) ₂ SO ₄ 10 ppm X (3)	3(NH ₄) ₂ SO ₄ 20 ppm X (3)	3(NH ₄) ₂ SO ₄ 40 ppm X (3)
4NH ₄ NO ₃ 0 ppm X (3)	4NH ₄ NO ₃ 5 ppm X (3)	4NH ₄ NO ₃ 10 ppm X (3)	4NH ₄ NO ₃ 20 ppm X (3)	4NH ₄ NO ₃ 40 ppm X (3)
4(NH ₄) ₂ SO ₄ 0 ppm X (3)	4(NH ₄) ₂ SO ₄ 5 ppm X (3)	4(NH ₄) ₂ SO ₄ 10 ppm X (3)	4(NH ₄) ₂ SO ₄ 2 ppm X (3)	4(NH ₄) ₂ SO ₄ 40 ppm X (3)

Şekil 3.5. Deneme deseni

Ölçümlerde domates bitkisinden alınan yaprakların üzerinde herhangi bir kalıntının olmamasına, spektral ölçüm için uygun büyüklüğe ulaşmış olmasına dikkat edilmiştir. Her spektral ölçüm döneminde amonyum nitrat ve amonyum sülfat gübrelenmesi uygulanan bitkilerden 15'er tane olmak üzere toplam 30 tane bitki alınmıştır. Bu alınan bitkilerin her birinden 3'er spektral ölçüm yapılarak her dönemde 90 spektral ölçüm yapılmıştır. Dört farklı dönemde spektral ölçüm sayısı 360'dır.

Spektral ölçümlerin elde edilmesinde taşınabilir ASD FieldSpec HandHeld spektrometre cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.6). Elektromanyetik spektrumun 325-1075 nm dalga boyları arasında bitki probu (plant probe) veya yaprak kısıpı (leaf clip) adı verilen spektrometreye bağlanabilen sistemler kullanılmıştır (Şekil 3.6). Bitki probuna zedelenmeden sıkıştırılan yapraklarda, yapay ışık kaynağı olarak 100 wattlık halojen lamba kullanarak yansıma örnekleri gerçekleştirilmiştir

(Delalieux vd., 2008). Cihazın kalibrasyonunu için her 10 okumada bir defa olmak üzere alçı bloktan imal edilmiş olan beyaz referans spektrolon kullanılmıştır. Bitkilerden alınan örnekler belirli büyüklüğe ulaşmış genç sürgünlerden seçilmiştir. Bu alınan yaprakların uç kısımlarından, yaprak ayasının ışık kaynağını görecektir şekilde damar aralarına yerleştirilmesi ile spektral yansımalar elde edilmiştir. Bu işlem her dönemde 2 farklı gübre ve her gübre için 5 farklı doz uygulanan bitkilerden 3'er tane alarak toplam 90 spektral yansıma ölçülmüştür (Şekil 3.7). Verilerin bilgisayar ortamında depolanmasında ASD RS3, işlenmesinde ViewSpec Pro yazılımları kullanılmıştır. Ölçümü yapılan yapraklarla bitkinin tamamı örnek poşetlerine konularak laboratuvara götürülmüştür.



Şekil 3.6. ASD fieldspec handheld spektrodymetre bitki probu



Şekil 3.7. Spektral ölçüm

3.2.3. Spektral verilerin işlenmesi

Spektral verilerin işlenmesi çalışmaları ASD RS3 ve ViewSpec Pro yazılımları kullanılarak yapılmıştır. İlk olarak yapraklardan elde edilen yansıma değerlerinin ortalamaları alınarak başlanmıştır. Her bir bitki için tipik bir yansıma eğrisi oluşturulmuştur. Spektral ölçümler ile yansılarda meydana gelen değişimleri gözlemleyebilmek için 1. dereceden türevleri alınmıştır.

3.2.4. Laboratuvar analizleri

Bitki örneklerinin tamamı saf su ile yıkandıktan sonra kurutma fırınında 65 °C' de 48 saat kurutulmuştur. Öğütücüde öğütülerek analiz için hazır duruma getirilmiştir. Kimyasal analizler ISUBÜ Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Toprak Bilimi ve Besleme Fizik, Kimya Laboratuvarı, Orman Fakültesi Toprak Laboratuvarı, Eğirdir Meyvecilik ve Araştırma Enstitüsü Toprak ve Yaprak Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. Çalışmada N tayini, Kjeldahl Yöntemi ile yapılmıştır (Kacar, 1995). P tayini, Vanadomolibdofosforik Sarı Renk Yöntemi ile elde edilen ekstraksiyonun Spektrofotometre cihazında renk intensitesinin okunmasıyla yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2008). K tayini ise Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazında okuma ile yapılmıştır.

3.2.5. İstatistik analizler

Araştırmada NH_4NO_3 ve $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulanan bitkilere ait spektral veriler ile laboratuvar analizi sonucu elde edilen N elementi seviyeleri çoklu karşılaştırma testi olan stepwise çoklu linear regresyon analiz yöntemiyle Minitab 15 istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Değişkenlerin (dalga boylarının) azaltılmasıyla farklı dalga boyu kombinasyonları kullanılarak en fazla 6 dalga boyunda ve azalan dalga boyu sayılarıyla en yüksek R^2 değerli matematiksel tahmin modelleri oluşturulmaya çalışılmıştır. Linear regresyon analizinde belirtme katsayısı ve regresyon eğimi hesaplanmıştır.

Yapılan denemede üzerinde durulan özellikler bakımından elde edilen veriler faktöriyel düzende varyans analizi tekniğiyle analiz edilmiştir. Çalışmada, doz

faktörünün 0, 5, 10, 20 ve 40 ppm olmak üzere beş doz, zaman faktöründe 1., 2., 3., ve 4. dönem olmak üzere dört dönem mevcuttur. Dozların ortalamaları arasındaki farkların belirlenmesinde Tukey Testi kullanılmıştır.

3.2.6. Bitki örtüsü indislerinin oluşturulması

Minitab istatistik paket programı kullanılarak domates bitkisinin N içerikleri ile bitki yansımalarından elde edilen mNDV705, SR705, CI, RI bitki indislerinin korelasyon analizi yapılmış, aralarındaki ilişkiye bakılmıştır. Bitki indislerinin spektral yansıma değerleri ile bitkilerin N içerikleri kullanılarak Excel ortamında grafikleri oluşturulmuş ve R² değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada değerlendirilen spektral bitki örtüsü indisleri

Bitki Örtüsü İndeksleri	Kısaltma	Formül	Kaynak
Normalize Edilmiş İndeks	mND705	R750/R705	Sims ve Gamon (2002)
Klorofil İndeksi	CI	$(R762 - R527)/(R762 + R527)$	Marshak vd. (2000)
Basit Oran İndeksi	SR705	R750/R705	Gitelson ve Merzlyak (1994)
Yansıma İndeksi	RI	R735/R720	Gupta vd. (2003)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Denemede Kullanılan Bitkilerin Besin İçerikleri

Denemede, domates bitkisine iki farklı N gübresinin beş farklı dozu uygulanarak yaprak örneklerine ait laboratuvar analizleri ile elde edilen besin içerikleri Alpaslan vd., (2005)'ne göre değerlendirilmiştir (Çizelge 4.1).

İki veya daha fazla besin maddesi arasındaki etkileşim pozitif (sinerjistik) ve negatif (antagonistik) olduğu gibi besin elementleri arasında herhangi bir etkileşim olmayabilir. Bitki beslenmesinde besin elementleri arasındaki farklı etkileşimleri, bu etkileşimleri etkileyen faktörleri ve nedenlerini bilmek bitkilerin dengeli beslenmesi ve yüksek kalitede ürün elde etmek için oldukça önemlidir (Gezgin ve Hamurcu, 2006).

Çizelge 4.1. Domates bitkisinde besin elementlerinin sınır değerleri (Alpaslan vd., 2005)

%	Noksan	Yeterli	Fazla
N	2.80-3.19	3.20-4.50	>4.50
P	0.40-0.49	0.50-1.20	>1.20
K	4.50-4.99	5-10	>10

4.1.1. Amonyum nitrat uygulanan domates bitkisinin besin içerikleri

Amonyum nitrat ile gübrelenen domates bitkilerinin tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 4.2'de yer almaktadır. Amonyum nitrat ile uygulama yapılan domates bitkilerinde N içeriği % 0.83 ile % 3.89 arasında değiştiği belirlenmiştir. Alpaslan vd. (2005)'ne göre yapılan sınıflama kapsamında tüm dönemler ve dozlar göz önüne alındığında NH_4NO_3 ile gübrelenen domates bitkilerinin % 8.3'ünde N yeterli, % 91.7'sinde N noksanlığı görülmüştür. Deneme bitkilerinde N fazlalığı görülmemiştir. Domates bitkilerinin P içerikleri en düşük % 0.065, en yüksek % 0,380 bulunmuştur. P sınır değerine göre bitkilerin tamamında fosfor noksanlığı görülmüştür. Ayrıca K elementi en düşük % 1.219, en yüksek % 5.462 bulunmuştur. Bitkilerin % 98.3'ünde K noksanlığı, % 1.7'sinde K yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir. Denemede kullanılan bitkilerin büyük bir kısmında N, P, K noksanlığı görülmüştür. Bu durum N'nin P ve K ile etkileşiminden dolayı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.2. Amonyum nitrat tanımlayıcı istatistik bilgileri

%	Ortalama	Ortalama Standart Hata	Standart Sapma	Varyans	Varyans Katsayısı	Çarpıklık	Basıklık	Minimum	Maksimum
N	1.833	0.104	0.806	0.650	43.99	0.82	-0.03	0.832	3.886
P	0.2128	0.0101	0.0780	0.0061	36.67	0.05	-0.68	0.0651	0.3803
K	2.611	0.127	0.987	0.973	37.79	0.41	-0.47	1.219	5.462

Standart sapma, dağılımın yaygınlığını gösteren bir parametre olup büyüklüğü yada küçüklüğüne bakılarak farklı özelliklerin birbiriyle karşılaştırması yapılmamaktadır. Bunun için dağılımdaki değerlerin ortalamaya göre % kaçlık bir değişim gösterdiğinin belirlendiği varyasyon katsayısının kullanımı daha doğru bir yaklaşım olur. Bu uygulamada standart hatası 0.104 olan örneklerin varyasyon katsayısı 43.99'dur.

Çarpıklık ve basıklık katsayılarının 0'a yakın olması normal dağılım olduğunun bir göstergesidir. Söz konusu parametrelerin ± 2 sınırları içerisinde bulunması normal bir dağılım olarak görülmektedir (Howitt ve Cramer, 2011). Çarpıklık katsayısının negatif olması sola, pozitif olması sağa çarpıklığı gösterirken basıklık katsayısında ise negatif normale göre basık, pozitif daha dik olduğunun göstergesidir. Çarpıklık ve basıklık katsayıları incelendiğinde çarpıklık 0.82, basıklık -0.03 olduğu görülmektedir ve bu değerlere göre normal bir dağılım görülmektedir. Çalışmada çarpıklık katsayısı pozitif, basıklık katsayısı negatif olduğundan eğri normale göre basık ve sağa yatıktır.

Amonyum nitrat (NH_4NO_3) uygulaması yapılan bitkilerin N verilerine uygulanan varyans analizi sonucunda doz-zaman interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. Dozların ortalamaları arasındaki farklılıklar dönemlerde sabit kalmayıp değişmiştir. Bu duruma göre dozlar arasındaki farklılıklar belirlenirken her bir dönem için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Tukey Testi sonuçları da bu esasa göre yapılarak ortalamalarla latin harfleriyle Çizelge 4.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.3. Amonyum nitrat uygulanan domates bitkisinde N içeriği bakımından Tukey Testi

Doz	Dönem				Ort. Doz
	1	2	3	4	
0	1.357 DEFGH	2.478 BC	1.704 CDEFGH	1.168 EFGH	1.677
5	2.434 BC	1.898 CDE	1.793 CDEFG	0.941 GH	1.767
10	2.360 BC	1.780 CDEFG	1.163 EFGH	0.854 H	1.539
20	3.123 AB	2.153 CD	1.178 EFGH	1.002 EFGH	1.864
40	3.809 A	2.514 BC	1.832 CDEF	1.115 EFGH	2.318
Ort. Dönem	2.617 A	2.165 B	1.534 C	1.016 D	

*Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasında $p < 0.01$ düzeyinde önemli farklılık vardır.

Denemede kullanılan dozlar arasındaki farklılıklar dönemlere göre domates bitkisinin azot içeriğinde değişim meydana getirmiş ve bu değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur. Amonyum nitrat uygulaması sonucunda ilk dönem yapılan örneklerin N içerikleri incelendiğinde en düşük içerik (% 1.357) kontrol dozunda, en yüksek ise 40 ppm uygulamasında (%3.809) belirlenmiş olup, 5 ppm, 10 ppm ve 20 ppm doz uygulamalarında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmamış olsa da yaprakların N içeriklerinde genel anlamda bir artış belirlenmiştir. 2.dönem NH_4NO_3 uygulamasında N içeriği en düşük (%1.780) 10 ppm dozunda, en yüksek (%2.514) 40 ppm dozunda belirlenmiştir. 0 ppm, 5 ppm, 20 ppm dozlarda istatistiksel olarak önemli farklılıklar görülmemiş ve yaprakların N içeriklerinde düzenli artış olmamıştır. 3. dönemdeki gübre uygulamasında N içeriklerinde en düşük (% 1.163) 10 ppm, en yüksek (% 1.832) 40 ppm uygulamasında belirlenmiştir. Diğer dozlarda istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur. N içeriği 10 ppm ve 20 ppm doz dışında diğer dozlarda düzenli bir artış vardır. 4. dönem gübre uygulamasında N içerikleri en düşük (% 0.854) 10 ppm, en yüksek (% 1.168) 0 ppm uygulamalarında belirlenmiştir. 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm dozlarda istatistiksel önemli farklılıklar bulunmamış ve N içeriklerinde düzenli artış görülmemiştir.

4.1.2. Amonyum sülfat uygulanan domates bitkisinin besin içerikleri

Amonyum sülfat ile gübrelenen domates bitkilerinin tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 4.4.'te yer almaktadır. Amonyum sülfat ile uygulama yapılan domates

bitkilerinde N içeriğinin % 0.72 ile % 3.01 arasında değiştiği belirlenmiştir. Alpaslan vd. (2005)'ne göre yapılan sınıflama kapsamında tüm dönemler ve dozlar göz önüne alındığında $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ile gübrelenen domates bitkilerinin tamamında N noksanlığı belirlenmiştir. P içeriklerine göre en düşük % 0,058 en yüksek % 0,418 bulunmuştur. P sınır değerine göre bitkilerin tamamında fosfor noksanlığı görülmüştür. Ayrıca K elementi en düşük % 1.108 en yüksek % 4.308 bulunmuştur. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulanan bitkilerin tamamında K noksanlığı görülmüştür. Denemede $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulaması yapılan bitkilerin tamamında N, P, K noksanlığı görülmüştür.

Çizelge 4.4. Amonyum sülfat tanımlayıcı istatistik bilgileri

	Ortalama	Ortalama Standart Hata	Standart Sapma	Varyans	Varyans Katsayısı	Çarpıklık	Basıklık	Minimum	Maksimum
% N	1.4392	0.0767	0.5941	0.3529	41.28	0.88	0.08	0.7196	3.0072
% P	0.2261	0.0108	0.0840	0.0070	37.13	0.44	-0.50	0.0575	0.4178
% K	2.242	0.111	0.862	0.744	38.47	0.49	-1.01	1.108	4.308

Bu uygulamada standart hata 0.0767 olan örneklerin varyasyon katsayısı 41.28'dir. Çarpıklık ve basıklık katsayıları incelendiğinde çarpıklık 0.88, basıklık 0.08 olduğu görülmektedir ve bu değerlere göre normal bir dağılım görülmektedir. Çarpıklık katsayısı pozitif, basıklık katsayısı pozitif olduğundan eğri normale göre daha dik ve sağa yatıktır.

Azot elementi bakımından elde edilen verilere yapılan varyans analizi sonucunda doz-zaman interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. Dozların ortalamaları arasındaki farklılıklar dönemlerde sabit kalmayıp değişmiştir. Bu duruma göre dozlar arasındaki farklılıklar belirlenirken her bir dönem için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Tukey Testi sonuçları da bu esasa göre yapılarak ortalamalarla latin harfleriyle Çizelge 4.5'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.5. Amonyum sülfat uygulanan domates bitkisinde N içeriği bakımından Tukey Testi

Doz	Dönem				Ort. Doz
	1	2	3	4	
0	1.612 CDE	1.521 CDEF	1.098 EFGH	0.782 H	1.253
5	1.826 CD	1.586 CDE	1.158 EFGH	0.812 GH	1.345
10	1.782 CD	1.362 DEFG	0.964 FGH	0.771 H	1.220
20	2.463 AB	1.956 BC	1.258 DEFGH	0.876 GH	1.639
40	2.893 A	1.989 BC	1.208 EFGH	0.866 GH	1.739
Ort. Dönem	2.115 A	1.683 B	1.137 C	0.822 D	

*Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasında $p < 0.01$ düzeyinde önemli farklılık vardır.

Doz uygulamaları arasındaki farklılıklar dönemlere göre deneme bitkisinin N içeriğinde değişim meydana getirmiş ve bu değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur. 1. dönemde $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulaması yapılan deneme bitkilerinin N içerikleri incelendiğinde en düşük (% 1.612) 0 ppm dozunda, en yüksek 40 ppm dozunda görülmüş olup 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm doz uygulamalarında istatistiksel önemli farklılıklar bulunmamıştır. N içeriklerinde ise dozla birlikte bir artış görülmüştür. 2. dönem $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulamasında N içeriği en düşük (% 1.362) 10 ppm dozunda, en yüksek (% 1.989) 40 ppm dozunda belirlenmiş olup 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm dozlarda istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmemiştir. N içeriklerinde düzenli bir artış olmuştur. 3. dönem $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulamasında en düşük (% 0.964) 10 ppm dozunda, en yüksek (% 1.258) 20 ppm dozunda görülmüştür. Diğer dozlarda istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmemiştir. N içeriklerinde dozla birlikte bir artış olmamıştır. 4. dönem $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulamasında en düşük (% 0.771) 10 ppm dozunda, en yüksek (% 0.866) 40 ppm dozunda görülmüştür. Diğer dozlarda istatistiksel önemli farklılıklar bulunmamıştır. N içeriklerinde genel olarak 10 ppm doz dışında düzenli bir artış olmuştur.

Öngören (2013) yaptığı çalışmada, farklı azot gübre formlarının buğday çeşitlerinde verim ve kalite üzerine etkisinin belirlenmesi çalışmasında buğday çeşitlerine amonyum nitrat, % 26 (DMPP) ve amonyum sülfat gübreleri uygulanmıştır. Amonyum sülfat gübresinin diğer iki gübre formuna göre etkisinin daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Narince üzüm çeşidine (*Vitis Vinifera* L.) üç farklı formda amonyum nitrat, amonyum sülfat, üre ve 4 farklı dozda azot uygulamalarının taze asma yaprak verimine olan etkisi araştırılmıştır. Deneme sonuçlarına göre, amonyum nitrat uygulamaları ile diğer gübre formlarından daha yüksek yaprak verimi elde edildiği görülmüştür (Cangi vd., 2017).

4.2. Spektral Yansımalar

Amonyum nitrat uygulaması yapılan deneme bitkilerinin yansıma eğrileri Şekil 4.1'de, amonyum sülfat uygulaması yapılan deneme bitkilerinin yansıma eğrileri de Şekil 4.2'de verilmiştir. Yansıma eğrilerindeki farklılıklar bitkilerdeki farklılığa işaret etmektedir. Ayrıca ölçümler sonucu yansımalarda meydana gelen değişiklerin vurgulanması ve dalga boyu seçimi yapmak amacıyla ViewSpec Pro yazılımı kullanılarak verilerin 1. dereceden türevleri alınmıştır. NH_4NO_3 uygulamasından oluşan türev eğrileri Şekil 4.3'de, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulamasından oluşan türev eğrileri de Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

4.2.1. Amonyum nitrat uygulanan örneklerin spektral yansımaları

Amonyum nitrat uygulaması yapılmış domates bitkilerinin yansıma grafikleri Şekil 4.1'de verilmiştir. Bu uygulamadaki yansıma karakteristiklerine göre 1. dönemde sırası ile 40, 20, 5, 10 ve 0 ppm uygulamaların görünür bölgedeki etkisi (400-700 nm) yansımalarda artış şeklinde ortaya çıkmıştır. 5 ppm dozu sıralama dışında kalmasına rağmen uygulanan NH_4NO_3 miktarları azaldıkça yansımada artış olduğu görülmüştür. Yakın kızılötesi bölgede (700-1300 nm) ise sırası ile 20, 0, 10, 40 ve 5 ppm uygulamaların yansımalarında artış görülmüştür. Yakın kızılötesi bölge doz uygulamaları baz alındığında yansımalarda düzenli artış veya azalış görülmemiştir.

2. dönem yansıma grafikleri incelendiğinde sırası ile 40, 20, 5, 0 ve 10 ppm uygulamaların görünür bölge (400-700 nm) yansımalarında artış gözlemlenmiştir. Bu değerlere göre 2. dönemde görünür bölge doz uygulamaları baz alındığında yansımalarda düzenli artış veya azalış görülmemiştir. Yakın kızılötesi bölgede (700-1300 nm) ise sırası ile 20, 0, 40, 5 ve 10 ppm uygulamaların yansımalarında artış

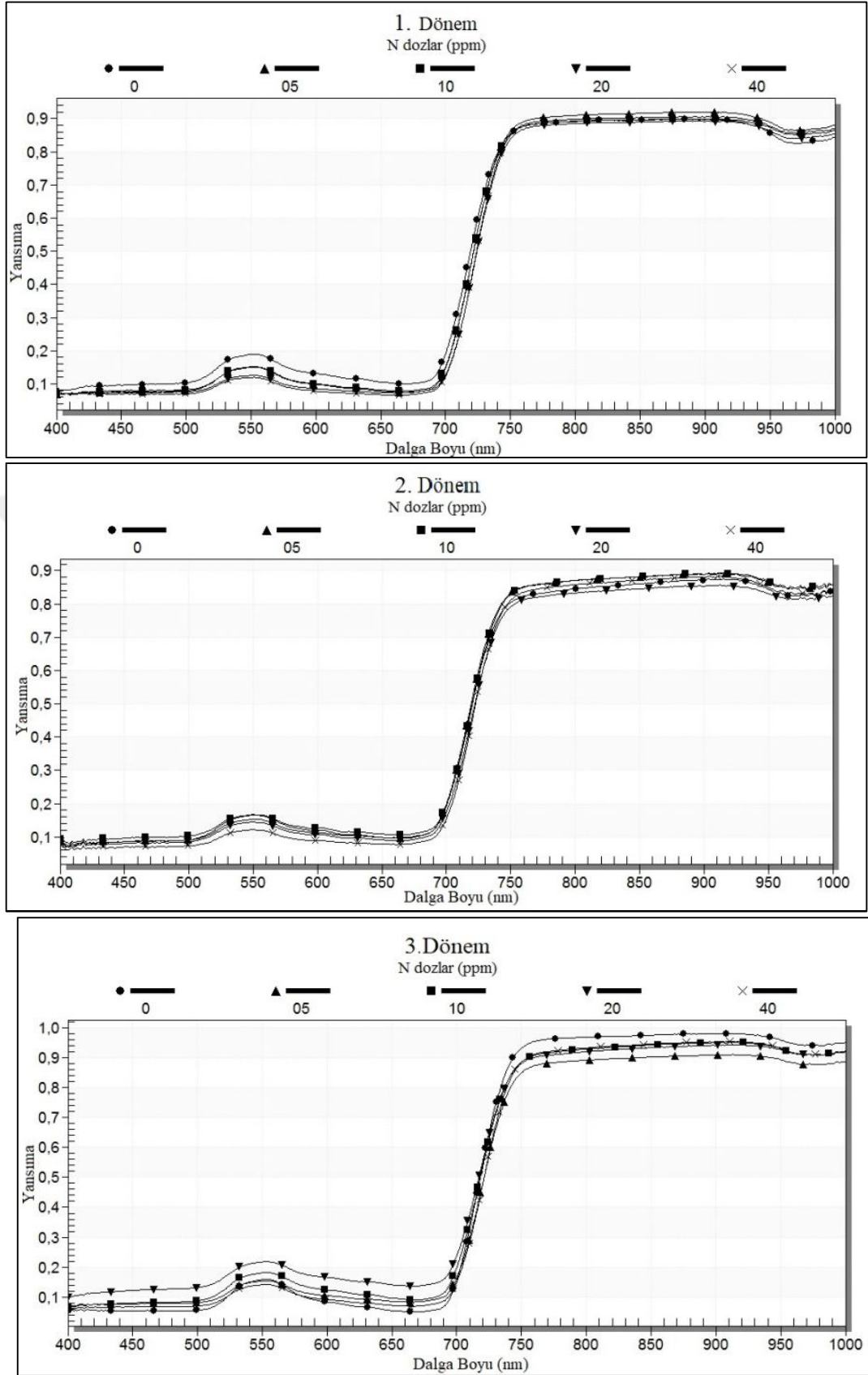
görülmüştür. Yakın kızılötesi bölge doz uygulamaları baz alındığında yansımalarda düzenli artış veya azalış görülmemiştir.

3. dönem yansıma grafikleri incelendiğinde sırası ile 0, 5, 40, 10 ve 20 ppm'e doğru görünür bölgede (400-700 nm) yansımalarında artış gözlemlenmiştir. 40 ppm dozu sıralama dışında kalmasına rağmen uygulanan NH_4NO_3 miktarları arttıkça yansımada artış olduğu görülmüştür. Yakın kızılötesi bölgede 3. dönem grafiklerinde sırası ile 5, 20, 10, 40 ve 0 ppm uygulamaların yansımalarında artış gözlemlenmiştir. Yakın kızılötesi bölge doz uygulamaları baz alındığında yansımalarda düzenli artış veya azalış görülmemiştir.

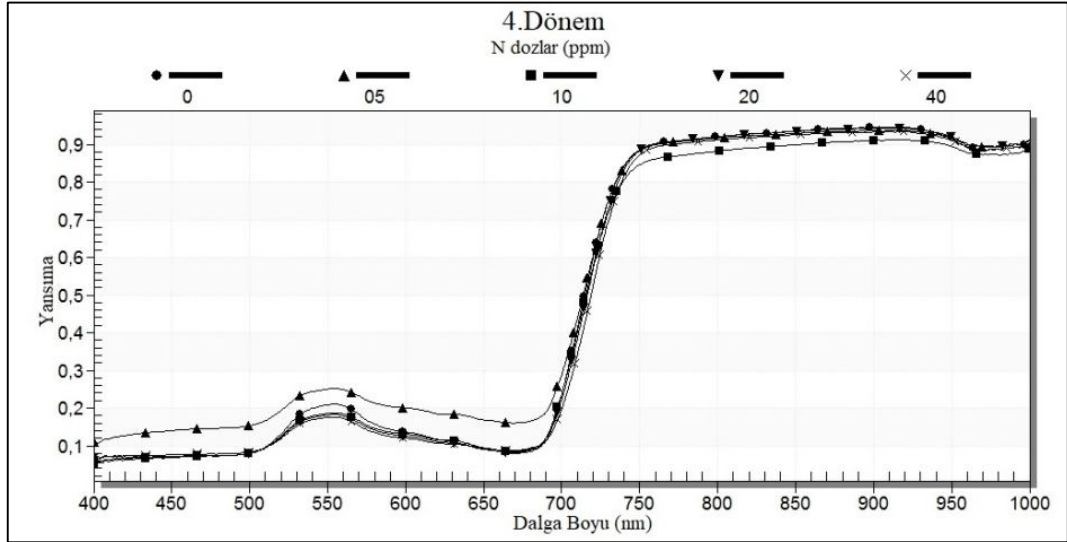
520-575 nm dalga boyu aralığında 0 ve 40 ppm'in spektral imzalarının yer değiştirdiği görülmektedir. Bu durum 550-750 nm dalga boyu yansıma oranlarındaki değişim fotosentez aktivitesi ile doğrudan ilişkilendirilmekte ve 570 nm dalgaboyu klorofil a ve b absorpsiyon bantı olarak belirtilmektedir (Peñuelas vd., 1999; Kokaly ve Clark, 1999; Skidmore, 2002; Dedeoğlu ve Başayığıt, 2018). Azot içeriğinin tahmininde 560, 650, 730 ve 760 nm dalga boylarının tanımlayıcı bir özelliği olduğu belirtilmiştir (Jain ve Ray, 2007).

4. dönem yansıma grafikleri incelendiğinde sırası ile 40, 20, 10, 0 ve 5 ppm uygulamaların görünür bölgede (400-700 nm) yansımalarında artış gözlemlenmiştir. 0 ppm dozu sıralama dışında kalmasına rağmen uygulanan NH_3NO_4 miktarları azaldıkça yansımada artış olduğu görülmüştür.

Yakın kızılötesi bölgenin 4. dönem grafiklerine göre 10, 40, 5, 20 ve 0 ppm dozlarda yansımalarında artış gözlemlenmiştir. Yakın kızılötesi bölgede görünür bölgede olduğu gibi doz uygulamaları baz alındığında yansımalarda düzenli artış veya azalış görülmemiştir.



Şekil 4.1. Dört dönemlik farklı dozlardaki NH_4NO_3 uygulamasının spektral yansımaları



Şekil 4.1. Dört dönemlik farklı dozlardaki NH_4NO_3 uygulamasının spektral yansımaları (Devam)

Domates bitkilerine uygulanan NH_4NO_3 dozunun miktarı azaldıkça 1. ve 4. dönemde görünür bölgede en belirgin ortaya çıkmış ve yansımalarda artışa neden olmuş, 3. dönemde ise NH_4NO_3 dozunun miktarı arttıkça görünür bölgedeki yansımada artış gözlemlenmiştir. Yakın kızılötesi bölgede farklı doz uygulamasının yansımayı tüm dönemlerde (1-4) etkilemediği görülmüştür.

4.2.2. Amonyum sülfat uygulanan örneklerin spektral yansımaları

Amonyum sülfat uygulaması yapılmış domates bitkilerinin yansımama grafikleri Şekil 4.2'de verilmiştir. Bu uygulamadaki yansımama karakteristiklerine göre 1. dönemde sırası ile 20, 40, 10, 0 ve 5 ppm uygulamaların görünür bölgedeki etkisi (400-700 nm) yansımalarda artış şeklinde ortaya çıkmıştır. Bu değerlere göre 1. dönemde görünür bölge doz uygulamaları baz alındığında yansımalarda düzenli artış veya azalış görülmemiştir. Yakın kızılötesi bölgede (700-1300 nm) ise sırası ile 40, 5, 10, 20 ve 0 ppm uygulamaların yansımalarında artış görülmüştür. Yakın kızıl ötesi bölgede görünür bölgede olduğu gibi doz uygulamaları baz alındığında yansımalarda düzenli artış veya azalış görülmemiştir.

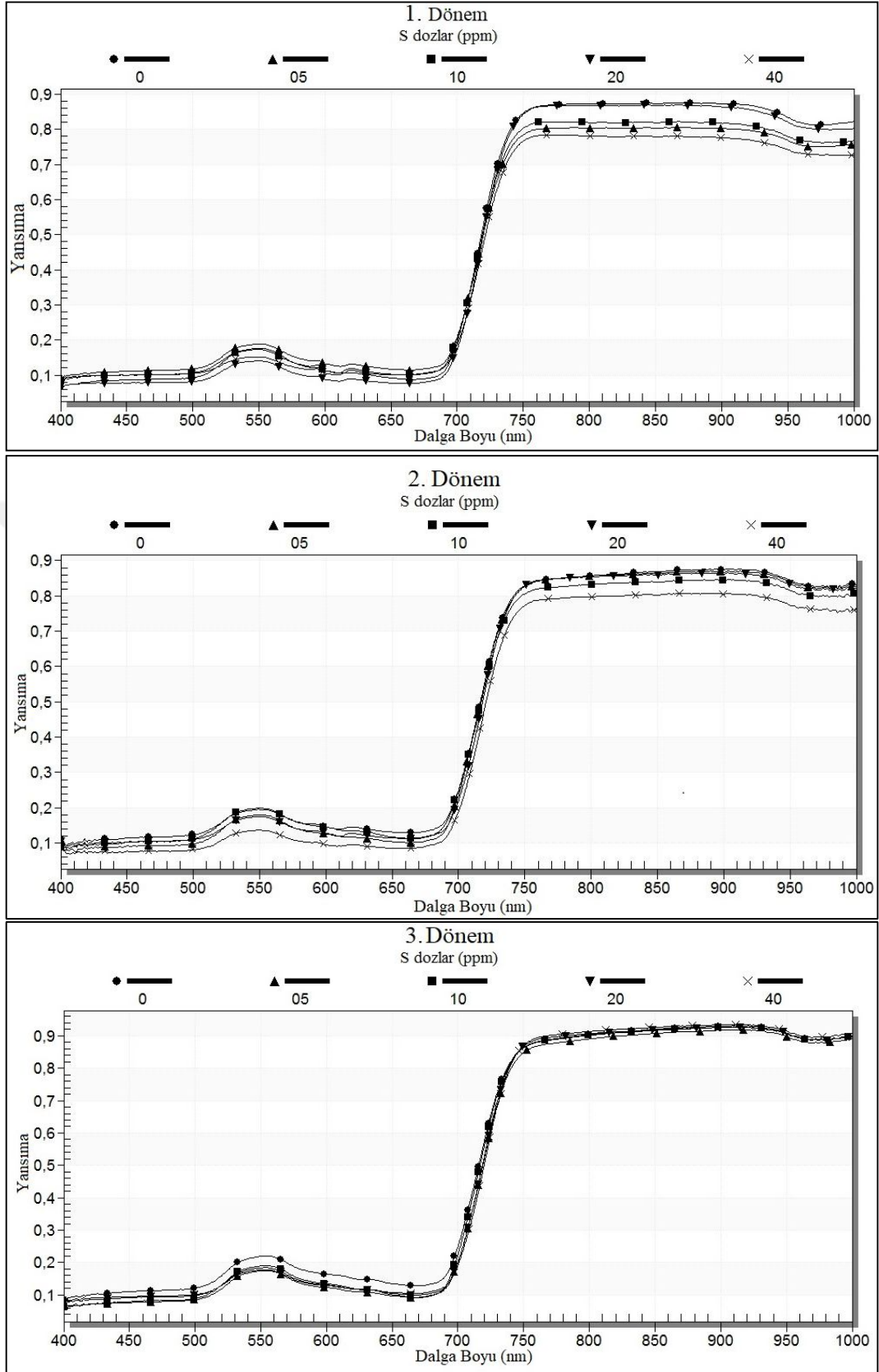
2. dönem yansımama grafikleri incelendiğinde sırası ile 40, 5, 20, 10 ve 0 ppm uygulamaların görünür bölge (400-700 nm) yansımalarında artış gözlemlenmiştir. 5 ppm dozu sıralama dışında kalmasına rağmen uygulanan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ miktarları

azaldıkça yansımada artış olduğu görülmüştür. Yakın kızılötesi bölgede (700-1300 nm) ise sırası ile 40, 10, 5, 20 ve 0 ppm uygulamaların yansımalarında artış görülmüştür. Yakın kızılötesi bölge doz uygulamaları baz alındığında yansımalarda düzenli artış veya azalış görülmemiştir.

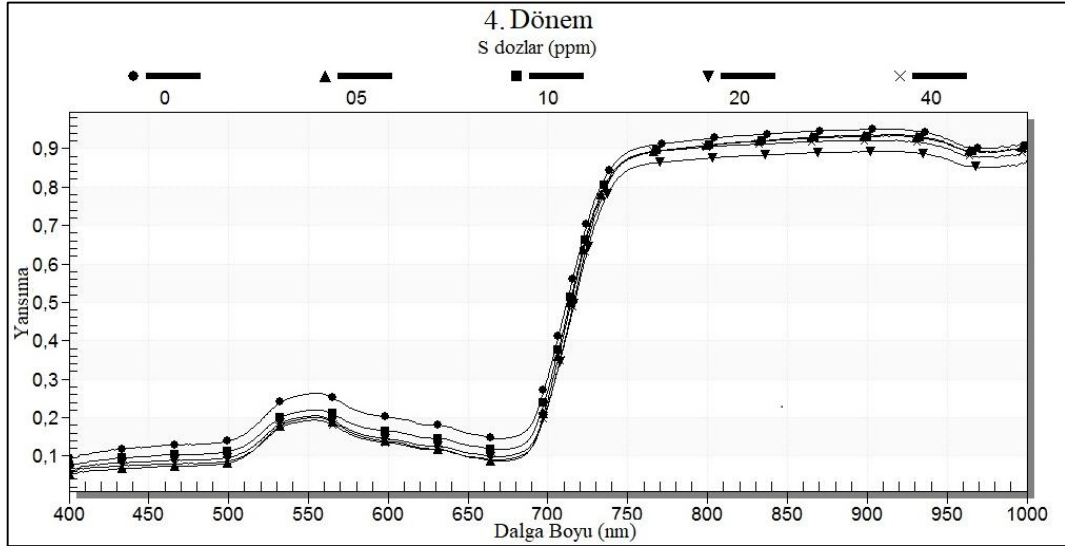
3. dönem yansıma grafikleri incelendiğinde sırası ile 5, 20, 10, 40 ve 0 ppm'e doğru görünür bölgede (400-700 nm) yansımalarında artış gözlemlenmiştir. Bu değerlere göre 3. dönemde görünür bölge doz uygulamaları baz alındığında yansımalarda düzenli artış veya azalış görülmemiştir. Yakın kızılötesi bölgede 3. dönem grafiklerinde sırası ile 5, 10, 0, 20 ve 40 ppm uygulamaların yansımalarında artış gözlemlenmiştir. 0 ppm dozu sıralama dışında kalmasına rağmen uygulanan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ miktarları arttıkça yansımada artış olduğu görülmüştür.

4. dönem yansıma grafikleri incelendiğinde sırası ile 5, 40, 20, 10 ve 0 ppm uygulamaların görünür bölgede (400-700 nm) yansımalarında artış gözlemlenmiştir. 5 ppm dozu sıralama dışında kalmasına rağmen uygulanan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ miktarları azaldıkça yansımada artış olduğu görülmüştür.

Yakın kızılötesi bölgenin 4. dönem grafiklerine göre 20, 40, 5, 10 ve 0 ppm dozlarında yansımalarda artış gözlemlenmiştir. Yakın kızılötesi bölgede görünür bölgede olduğu gibi doz uygulamaları baz alındığında yansımalarda düzenli artış veya azalış görülmemiştir.



Şekil 4.2. Dört dönemlik farklı dozlardaki $(NH_4)_2SO_4$ uygulamasının spektral yansımaları



Şekil 4.2. Dört dönemlik farklı dozlardaki $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulamasının spektral yansımaları (Devam)

Domates bitkilerine uygulanan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dozunun miktarı azaldıkça 2. ve 4. dönemde görünür bölgede en belirgin ortaya çıkmış ve yansılarda artışa neden olmuş, 3. dönemde ise $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dozunun miktarı arttıkça görünür bölgedeki yansımada artış gözlemlenmiştir. Yakın kızılötesi bölgede farklı doz uygulamasının yansımayı tüm dönemlerde (1-4) etkilemediği görülmüştür.

Domates bitkilerine NH_4NO_3 ve $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulamasında dönemsel olarak iki uygulama yapılan bitkilerin 4. dönemdeki yansıma grafikleri dozlar açısından karşılaştırıldığında görünür bölgede benzer sıralama gözlemlenmiştir.

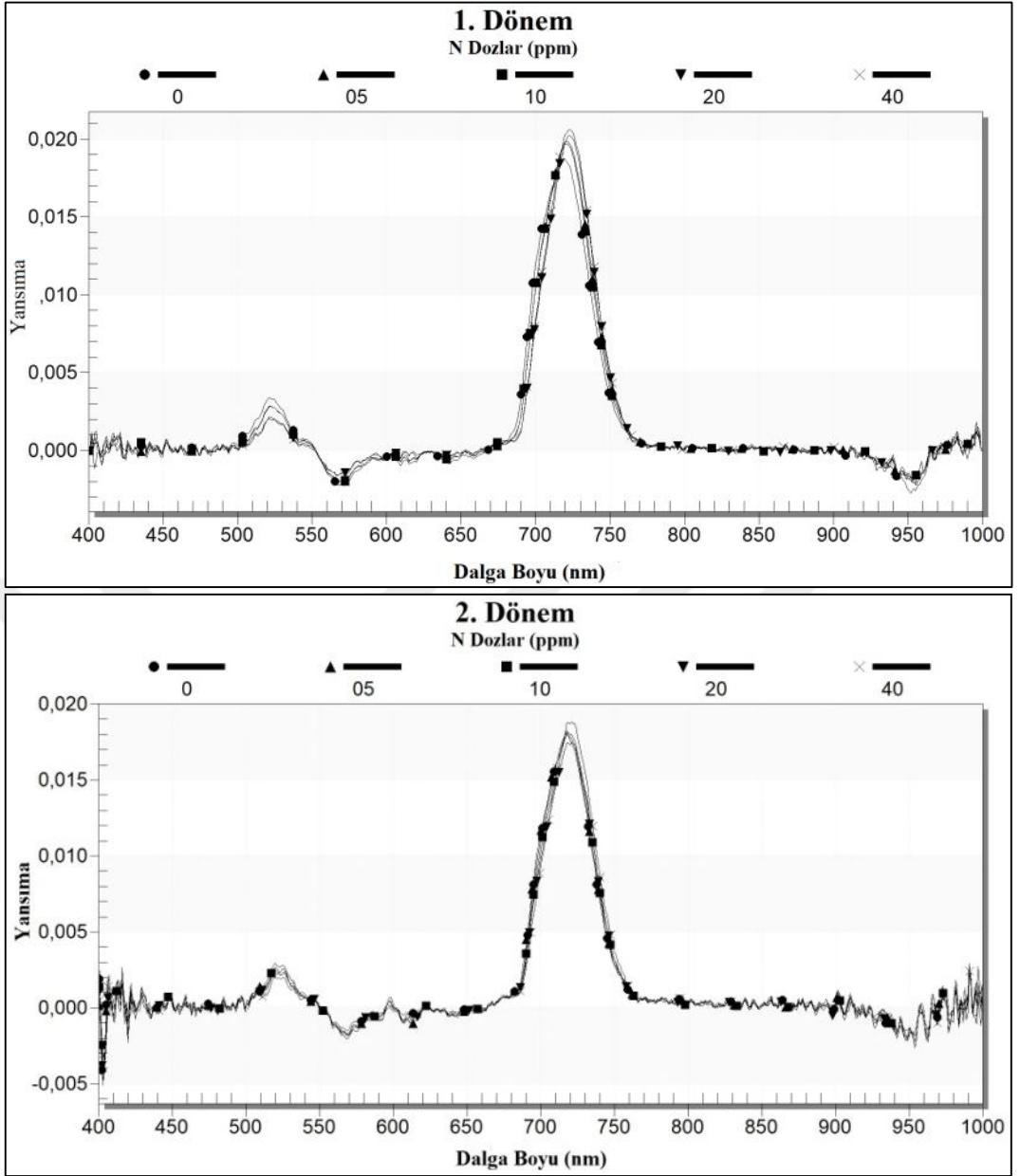
Dönemlere bağlı olarak bitkilere uygulanan doz farklılıkları görünür bölgede değerlendirildiğinde NH_4NO_3 uygulamasının 1. ve 4. dönemlerinde, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulamasının 2. ve 4. dönemlerinde spektral yansımaları etkilediği ve dozların etkisinin yansıma grafiklerini daha belirgin hale getirdiği belirlenmiştir. Bu dönemlerde azalan doza bağlı olarak görünür bölgede yansıma yüzdelerinin de arttığı görülmüştür. Nitekim Kacar ve Katkat (2009a) toprağa uygulanan azot miktarı ile ilgili olarak bitkinin tepe büyümesinin kök büyümesine göre çok daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

4.2.3. Amonyum nitrat uygulanan örneklerin türev grafikleri

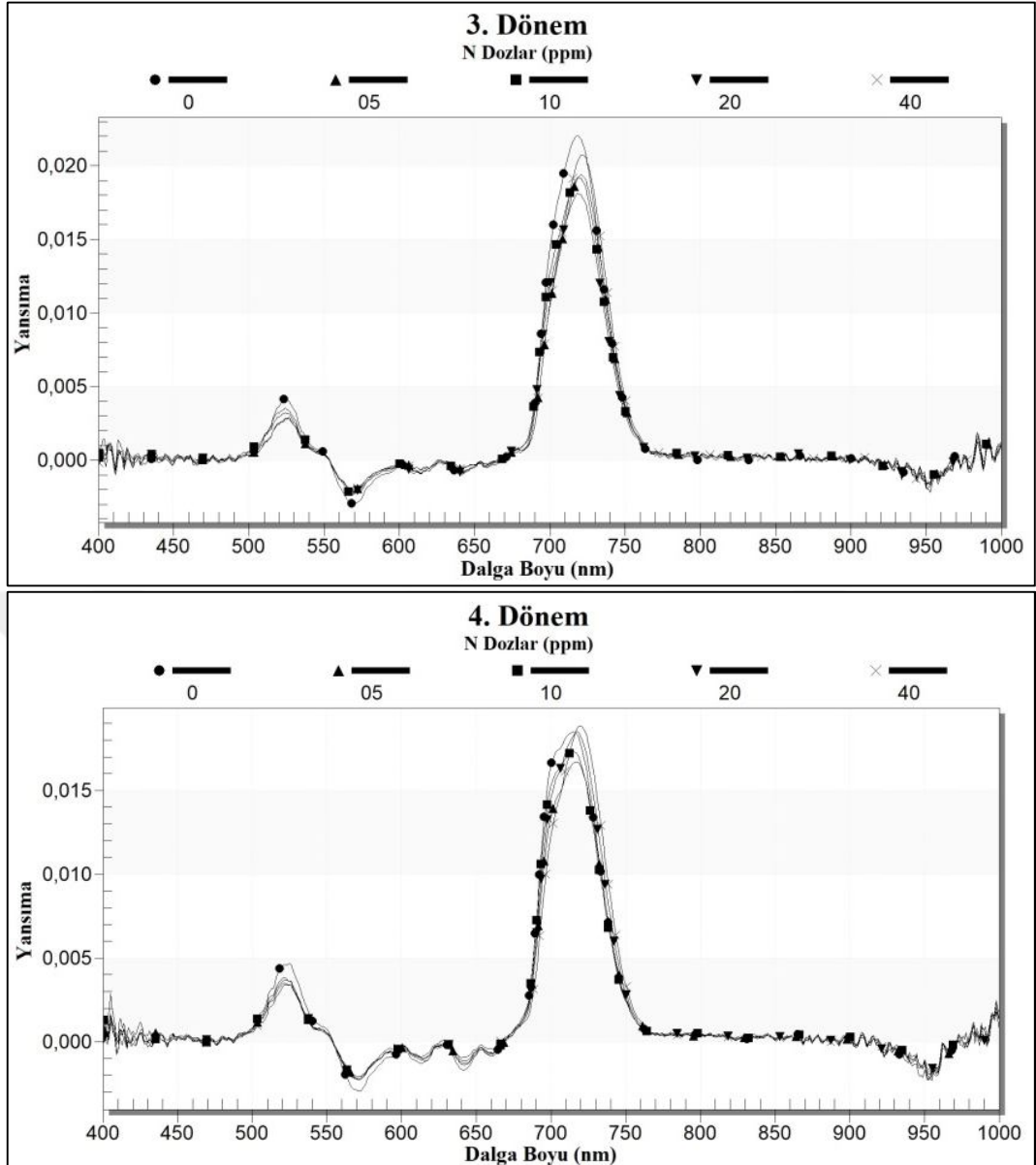
Amonyum nitrat uygulaması yapılan denemede yansıma eğrilerinin 1. türevi alınarak en fazla kırılma gösteren dalga boyları belirlenmiş ve böylece yaygın kullanılabilir dalga boyları tespit edilmiştir. Yansıma eğrilerinin 1. türev dönüşümleri Şekil 4.3'de verilmiştir.

Amonyum nitrat uygulanmış bitkilerin türev yansıma grafiklerinde 1. dönemde 500, 520 (0 mg kg⁻¹), 540, 545, 570, 590, 665, 680, 720 (0 mg kg⁻¹), 765, 920, 950 ve 965 nm'lerde, 2. dönemde 500, 520, 570, 580, 590, 600, 610, 620, 660, 680, 720 (40 mg kg⁻¹), 760, 910 ve 950 nm'lerde, 3. dönemde 505, 520 (0 mg kg⁻¹), 550, 570 (0 mg kg⁻¹), 600, 615, 630, 640, 680, 720 (0 ve 40 mg kg⁻¹), 765, 920 ve 950, 700 (0 mg kg⁻¹), 720 (10 mg kg⁻¹) ve 770 nm'lerde 4. dönemde 490, 520 (0 mg kg⁻¹), 540, 550, 570 (0 mg kg⁻¹), 590, 605, 615, 630, 640, 655, 660, 720 (0 mg kg⁻¹), 760, 920 ve 960 nm'lerde kırılmalar göstermiştir.

Kırılma gösteren 520, 570 ve 720 nm'lerin her birinde 20 tane kırılma, 550, 590 ve 680 nm'lerin her birinde 15 tane kırılma, 500, 600, 615, 630, 640, 660 ve 760 nm'lerin her birinde ise 10 tane kırılma 490, 505, 540, 545, 580, 605, 610, 620, 655, 665, 765 ve 910 nm'lerin her birinde ise 5 tane kırılma görülmüştür. Ayrıca grafiklerdeki belirgin kırılmaların sayısı karşılaştırıldığında 1. dönemde 65, 2. dönemde 70, 3. dönemde 65 ve 4. dönemde 80 pik verdiği ve 4. dönemde oluşan pik sayısının en fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Dört dönemlik farklı dozlardaki NH_4NO_3 uygulamasının spektral türev grafikleri



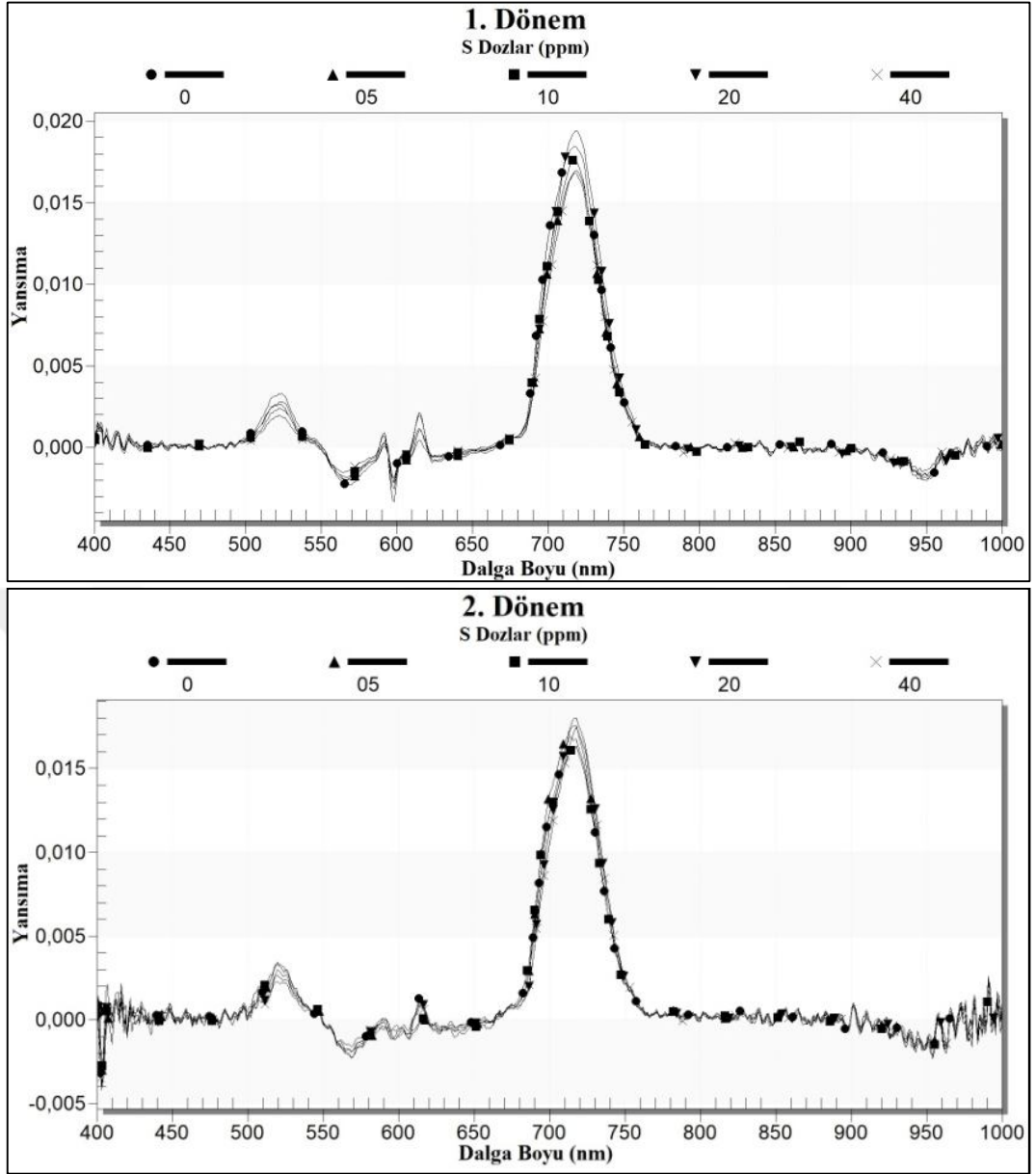
Şekil 4.3. Dört dönemlik farklı dozlardaki NH_4NO_3 uygulamasının spektral türev grafikleri (Devam)

4.2.4. Amonyum sülfat uygulanan örneklerin türev grafikleri

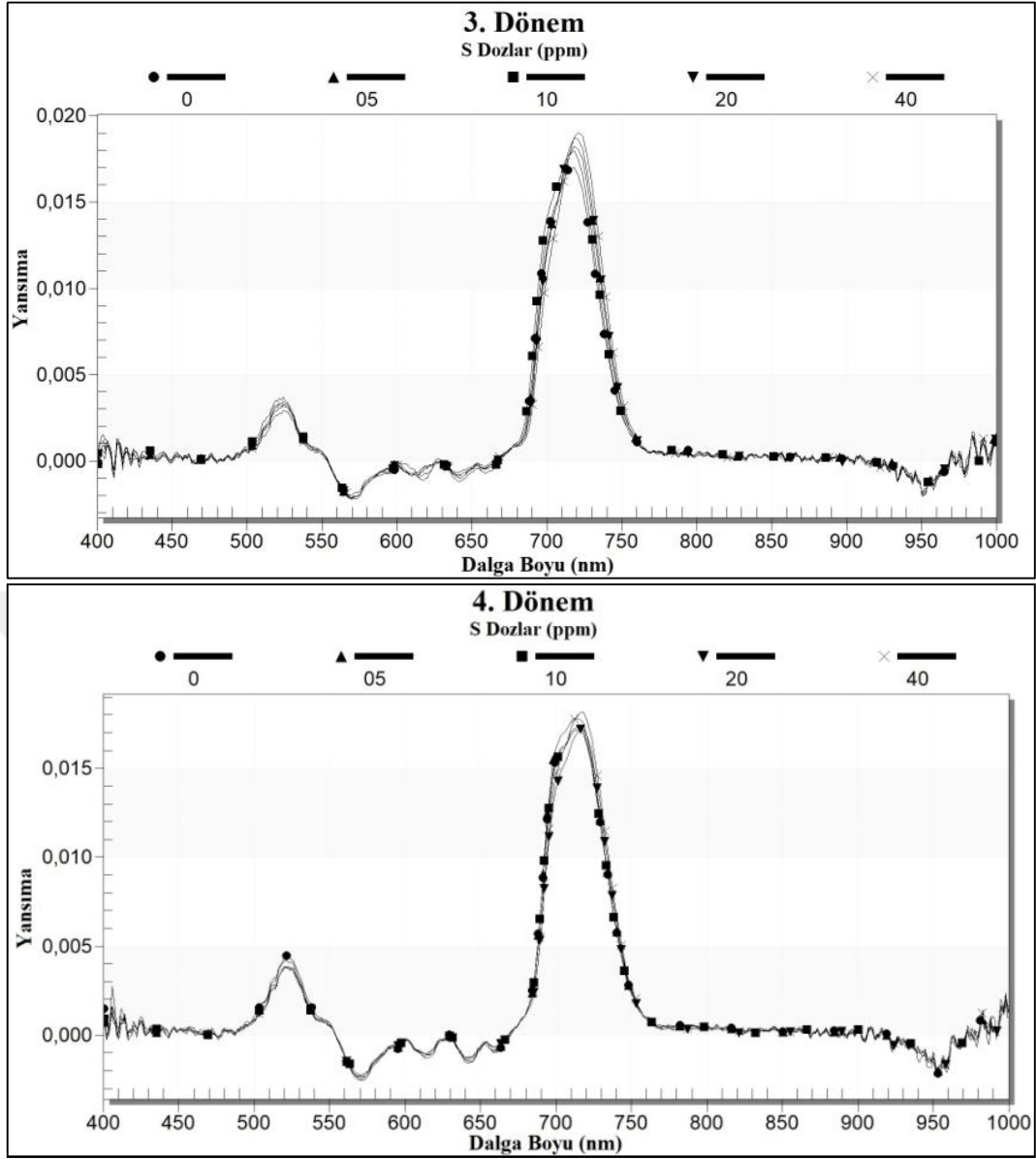
Amonyum sülfat uygulaması yapılan domates deneme bitkilerinden dört farklı dönemde spektral ölçümler alınmış ve yansıtma eğrileri oluşturulmuştur. Yansıtma eğrilerinin 1. türevi alınarak en fazla kırılma gösteren dalga boyları belirlenmiş ve böylece yaygın kullanılabilir dalga boyları tespit edilmiştir. Yansıtma eğrilerinin 1. türev dönüşümleri Şekil 4.4’de verilmiştir.

Amonyum sülfat uygulanmış bitkilerin türev yansıma grafiklerinde 1. dönemde 500, 520 (0 mg kg⁻¹), 565, 590, 600, 615, 620, 680, 720 (20 mg kg⁻¹), 760, 900 ve 950 nm'lerde, 2. dönemde 500, 520, 570, 590, 600, 610, 620, 660, 710, 760, 900 ve 950 nm'lerde, 3. dönemde 490, 520, 570, 600, 615, 630, 640, 650, 680, 720, 770, 920 ve 950 nm'lerde, 4. dönemde 490, 520, 540, 550, 570, 600, 615, 630, 640, 655, 660, 720, 760, 920 ve 950 nm'lerde kırılmalar göstermiştir.

Kırılma gösteren 520, 600 ve 950 nm'lerin her birinde 20 tane kırılma, 570, 615, 720 ve 760 nm'lerin her birinde 15 tane kırılma, 490, 500, 590, 620, 630, 640, 660, 680, 900 ve 920 nm'lerin her birinde ise 10 tane kırılma, 540, 550, 565, 610, 650, 655, 710 ve 770 nm'lerin her birinde ise 5 tane kırılma görülmüştür. Ayrıca grafiklerdeki belirgin kırılmaların sayısı karşılaştırıldığında 1. dönemde 60, 2. dönemde 60, 3. dönemde 65 ve 4. dönemde 75 pik verdiği ve 4. dönemde oluşan pik sayısı en fazla çıkmaktadır.



Şekil 4.4. Dört dönemlik farklı dozlardaki NH_4NO_3 uygulamasının spektral türev grafikleri



Şekil 4.4. Dört dönemlik farklı dozlardaki NH_4NO_3 uygulamasının spektral türev grafikleri (Devam)

4.3. Amonyum Nitrat ve Amonyum Sülfat Uygulamalarından Oluşan Yaprak N İçeriği Tahmin Modelleri

Osbourne vd. (2002), spektral yöntemler kullanılarak mısırdaki azot ve fosfor eksikliği ile karşılıklı etkileşimlerini belirlemek için 350-1000 nm dalga boylarında elde edilen yansıma değerleri ile N ve P değerlerini karşılaştırmak için stepwise çoklu lineer regresyon analizi kullanmışlardır. Bu çalışmada da yaprak örneklerine ait 400-1000 nm boylarında elde edilen spektral yansıma verileri ve laboratuvar analizi sonucu elde edilen N seviyeleri, tahmin modellerinin oluşturulması amacıyla çoklu karşılaştırma testi olan stepwise çoklu lineer regresyon analiz yöntemiyle

karşılaştırılmıştır. Stepwise çoklu lineer regresyon analizi ile bağımsız değişkenler (dalga boyu) kullanılarak bağımlı değişken (N içeriği) en fazla 6 bantta en yüksek R^2 değerli matematiksel tahmin modelleri ile tahmin edilmiştir (Çizelge 4.5 ve 4.6).

4.3.1. Amonyum nitrat uygulamasının dört dönem için farklı dozlar ve tekerrürler birlikte tahmin modelleri

Örneklerde yansıma ve azot değerleri çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. 1., 2., 3. ve 4. dönemlerde yapılan çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmesi sonucu oluşturulan tahmin modellerinde doğruluk katsayıları (R^2) 0.1013 ile 0.9708 arasında değişmiştir (Çizelge 4.6).

Minitab ile oluşturulan modellerde gerçek değerler ile tahmin edilen değerlerin karşılaştırılmasında; hata kareler ortalaması karekökü (RMSE) kullanılmaktadır. Amonyum nitrat uygulamasında yapılan tahmin modelinde RMSE değerleri 1. dönem 0.160, 2. dönem 0.060, 3. dönem 0.002 ve 4. dönem 0.297 bulunmuştur. RMSE değer, 0'dan ∞ 'a kadar değişebilmektedir. RMSE değerlerinin 0'a yaklaşması daha güvenilir sonuçlar elde edildiğinin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Keshavarzi vd., 2010; Esmaelnejad vd., 2015). Hata kareler ortalaması karekökü (RMSE) tahmin değerlerinin standart hatası olarak düşünülmektedir. RMSE değerleri göz önünde bulundurulduğunda 3. dönem için uygulanan tahmin modelinin RMSE değeri 0'a en yakın bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Amonyum nitrat uygulamasında dönemlik yaprak örneklerinden alınan azot elementi ortalaması alınmış tahmin modelleri

NH ₄ NO ₃ 1. DÖNEM		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R ² (adj)	RMSE
1 Bant	$N = 8.38 + (-73.6 \times 423nm)$	$y = 0.4468x + 1.4457$	$R^2 = 0.4469$	0.160
2 Bant	$N = 6.15 + (-239.8 \times 423nm) + (204.9 \times 416nm)$	$y = 0.7142x + 0.7415$	$R^2 = 0.7141$	
3 Bant	$N = 5.58 + (-249.8 \times 423nm) + (293.2 \times 416nm) + (-67.4 \times 418nm)$	$y = 0.7911x + 0.5488$	$R^2 = 0.7911$	
4 Bant	$N = 5.46 + (-290.3 \times 423nm) + (497 \times 416nm) + (-55.6 \times 418nm) + (-173 \times 415nm)$	$y = 0.8374x + 0.4307$	$R^2 = 0.8377$	
5 Bant	$N = 6.38 + (-231.4 \times 423nm) + (606 \times 416nm) + (-83.4 \times 418nm) + (-191.2 \times 415nm) + (-132.6 \times 420nm)$	$y = 0.8701x + 0.3302$	$R^2 = 0.8698$	
6 Bant	$N = 6.19 + (-225.1 \times 423nm) + (593 \times 416nm) + (-269 \times 418nm) + (-173 \times 415nm) + (-307 \times 420nm) + (351 \times 419nm)$	$y = 0.9006x + 0.2233$	$R^2 = 0.898$	
NH ₄ NO ₃ 2. DÖNEM		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R ² (adj)	RMSE
1 Bant	$N = 2.976 + (-9.76 \times 401nm)$	$y = 0.2706x + 1.5782$	$R^2 = 0.2705$	0.060
2 Bant	$N = 2.779 + (-20.96 \times 401nm) + (12.02 \times 668nm)$	$y = 0.5043x + 1.0726$	$R^2 = 0.5043$	
3 Bant	$N = 3.126 + (-17.30 \times 401nm) + (251.9 \times 668nm) + (-241.3 \times 674nm)$	$y = 0.6847x + 0.6856$	$R^2 = 0.6848$	
4 Bant	$N = 3.961 + (-21.68 \times 401nm) + (394.9 \times 668nm) + (-346.9 \times 674nm) + (-36.81 \times 510nm)$	$y = 0.8412x + 0.5175$	$R^2 = 0.8908$	
5 Bant	$N = 3.947 + (-23.84 \times 401nm) + (527.8 \times 668nm) + (-289.3 \times 674nm) + (-36.68 \times 510nm) + (-190.8 \times 673nm)$	$y = 1.0107x - 0.203$	$R^2 = 0.9423$	
6 Bant	$N = 3.819 + (-22.86 \times 401nm) + (421.3 \times 668nm) + (-221.5 \times 674nm) + (-155.1 \times 510nm) + (-162.2 \times 673nm) + (130.6 \times 509nm)$	$y = 0.97x + 0.0789$	$R^2 = 0.9708$	

Çizelge 4.6. Amonyum nitrat uygulamasında dönemlik yaprak örneklerinden alınan azot elementi ortalaması alınmış tahmin modelleri (Devam)

NH ₄ NO ₃ 3. DÖNEM		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R ² (adj)	RMSE
1 Bant	$N = 2.351 + (-5.13 \times 544nm)$	$y = 0.13x + 1.3342$	$R^2 = 0.1299$	0.017
2 Bant	$N = 3.383 + (-128.9 \times 544nm) + (121.5 \times 563nm)$	$y = 0.3095x + 1.0649$	$R^2 = 0.3104$	
3 Bant	$N = 3.579 + (-651 \times 544nm) + (148.5 \times 563nm) + (493 \times 545nm)$	$y = 0.4963x + 0.8537$	$R^2 = 0.5081$	
4 Bant	$N = 3.578 + (-561 \times 544nm) + (428 \times 563nm) + (518 \times 545nm) + (-392 \times 561nm)$	$y = 0.6472x + 0.477$	$R^2 = 0.6363$	
5 Bant	$N = 2.584 + (-127 \times 544nm) + (1214 \times 563nm) + (281 \times 545nm) + (-1329 \times 561nm) + (-38.61 \times 692nm)$	$y = 0.8616x + 0.2546$	$R^2 = 0.868$	
6 Bant	$N = 1.769 + (-4 \times 544nm) + (1419 \times 563nm) + (147 \times 545nm) + (-1335 \times 561nm) + (-30.4 \times 692nm) + (-195 \times 566nm)$	$y = 0.8996x + 0.15$	$R^2 = 0.8986$	
NH ₄ NO ₃ 4. DÖNEM		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R ² (adj)	RMSE
1 Bant	$N = -0.32 + (1.51 \times 775nm)$	$y = 0.1016x + 0.9141$	$R^2 = 0.1013$	0.297
2 Bant	$N = -0.152 + (155.5 \times 775nm) + (-154.3 \times 773nm)$	$y = 0.4978x + 0.5183$	$R^2 = 0.4972$	
3 Bant	$N = 0.156 + (134 \times 775nm) + (-129.9 \times 773nm) + (-3.33 \times 969nm)$	$y = 0.5951x + 0.378$	$R^2 = 0.5977$	
4 Bant	$N = -0.753 + (198.2 \times 775nm) + (-197.06 \times 773nm) + (-42.19 \times 969nm) + (43.31 \times 986nm)$	$y = 0.8978x + 0.5483$	$R^2 = 0.8563$	
5 Bant	$N = -0.417 + (211.4 \times 775nm) + (-210.7 \times 773nm) + (-51.01 \times 969nm) + (50.33 \times 986nm) + (1.551 \times 734nm)$	$y = 0.9205x + 0.0831$	$R^2 = 0.9199$	
6 Bant	$N = -0.169 + (239.8 \times 775nm) + (-244.7 \times 773nm) + (-54.09 \times 969nm) + (53.24 \times 986nm) + (81.9 \times 734nm) + (-75 \times 733nm)$	$y = 0.9547x + 0.1145$	$R^2 = 0.9546$	

İstatistik analiz bulguları neticesinde domates yaprak örneklerinin NH_4NO_3 uygulamasında 6 dalga boyu (bant) kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde en yüksek doğruluk katsayısı (R^2) 97.08 ile 2. dönem örneklemelerinden elde edilmiştir. 2. dönemi sırasıyla 95.46 ile 4. dönem, 89.86 ile 3. dönem ve 89.80 ile 1. dönem takip etmiştir. Yansıma ölçümlerinin son döneminde tek dalga boyu kullanılarak elde edilen tahmin modelinin doğruluk katsayısı en düşük değer vermiştir. Tek dalga boyuna ait yansıma değerleri kullanılarak üretilen tahmin modellerinde en yüksek doğruluk ($R^2= 0.4469$) 1. dönemde elde edilmiştir. NH_4NO_3 uygulaması yapılan deneme bitkilerinin N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga boylarının yaklaşık % 29.2'si 400-500 nm, % 29.2'si 500-600 nm, % 16.7'si 600-700 nm, % 16.7'si 700-800 nm, % 8.3 'ü 800-900 nm arasında yer almıştır.

Doğal tarla koşullarında yetiştirilen arpada N ve P içerikleri 400-750 nm dalga boyları arasında belirlenebilmektedir (Christensen vd.,2004). Bu çalışmada da N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga boylarının 400-700 nm arasında yer alan dalga boyları toplam dalga boyları arasında % 75'e tekabül etmektedir.

Yapılan araştırmalara göre spektral yöntemler kullanılarak mısırdaki azot ve fosfor noksanlığı ile karşılıklı etkileşimler 350-1000 nm dalga boyları arasında elde edilen yansıma değerleri ile stepwise çoklu lineer regresyon analizi kullanılarak belirlenebilmektedir (Osbourne vd.,2002; Dedeoğlu, 2011).

Baklagil yem bitkilerinin spektrometre yansıma değerleri kullanılarak N, P, K, ADF (Asit deterjan lif) ve NDF (Nötr deterjan lif) içeriklerine yönelik yapılan çalışmada çeşitli dalga boyu kombinasyonları kullanılarak (440, 550, 640 ve 760 nm) yapılan regresyon analizinde belirtme katsayıları sırasıyla R^2 ; 0.77, 0.79, 0.64, 0.70 ve 0.77 olarak tahmin edilebilmiştir (Albayrak vd.,2009).

Elma ağaçlarında N, Mg, Fe, Zn ve klorofil içeriklerini belirlemek için ölçülen yansıma değerleri ile analiz sonuçları arasında yapılan regresyon analizi neticesinde doğruluk katsayısı (R^2) değerlerinin sıra ile 0.99, 0.68, 0.94, 0.92 ve 0.98 olarak tesbit edilmiştir. P, K, Ca, Cu ve Mn için ise R^2 değerlerinin 0.97, 0.99, 0.71, 0.92 ve 0.99 olarak belirlenmiştir (Başayığı vd.,2009).

Kiraz ağaçlarında Zn noksanlığının spektrometre ile tahmin edilebilirliğinin araştırıldığı çalışmada; Isparta bölgesi Senirkent, Eğirdir, Atabey ilçelerinden alınan örneklerin yansıma değerlerinin türevleri alınarak yapılan regresyon analiz sonucu, en iyi tahminler 465, 520, 570, 600, 620, 650, 720, 730, 800 ve 850 nm dalga boylarında elde edilmiş olup 6 bant kullanılarak elde edilen R^2 değerleri söz konusu ilçeler için sırasıyla 0.9694, 0.7378, 0.5072 olarak bulunmuştur (Dedeoğlu ve Başayığıt, 2013).

4.3.2. Amonyum sülfat uygulamasının dört dönem için farklı dozlar ve tekerrürler birlikte tahmin modelleri

Örneklerde yansıma ve azot değerleri çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. 1., 2., 3. ve 4. dönemlerde yapılan çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmesi sonucu oluşturulan tahmin modellerinde doğruluk katsayıları (R^2) 0.2288 ile 0.9897 arasında değişmiştir (Çizelge 4.7).

Amonyum sülfat uygulamasında yapılan tahmin modelinde RMSE değerleri 1. dönem 0.048, 2. dönem 0.200, 3. dönem 0.096 ve 4. dönem 0.006 olarak bulunmuştur. RMSE değerleri göz önünde bulundurulduğunda 4. dönem için uygulanan tahmin modelinin RMSE değeri 0'a en yakın bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Amonyum sülfat uygulamasında dönemlik yaprak örneklerinden alınan azot elementi ortalaması alınmış tahmin modelleri

(NH ₄) ₂ SO ₄ 1. DÖNEM		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R ² (adj)	RMSE
1 Bant	$N = 6.78 + (-15.32x \ 708nm)$	$y = 0.4851x + 1.1191$	$R^2 = 0.4852$	0.048
2 Bant	$N = 6.36 + (-10.23x \ 708nm) + (-6.77x \ 554nm)$	$y = 0.5457x + 0.985$	$R^2 = 0.5457$	
3 Bant	$N = 4.365 + (17.10x \ 708nm) + (-174.2x \ 554nm) + (150.6x \ 569nm)$	$y = 0.8881x + 0.2479$	$R^2 = 0.8891$	
4 Bant	$N = 1.68 + (-39.2x \ 708nm) + (-250.4x \ 554nm) + (236.9x \ 569nm) + (54.7 \ x \ 712nm)$	$y = 0.9345x + 0.151$	$R^2 = 0.9356$	
5 Bant	$N = 0.817 + (-69.1x \ 708nm) + (-228.7x \ 554nm) + (518.3x \ 569nm) + (78.3 \ x \ 712nm)$ $+(-293.8 \ x \ 568nm)$	$y = 0.981x + 0.0434$	$R^2 = 0.9809$	
6 Bant	$N = 0.847 + (-41.1x \ 708nm) + (-214.7x \ 554nm) + (522.8x \ 569nm) + (147.3 \ x \ 712nm)$ $+(-312.2 \ x \ 568nm) + (-97.5 \ x \ 711nm)$	$y = 0.9911x + 0.0094$	$R^2 = 0.9897$	
(NH ₄) ₂ SO ₄ 2. DÖNEM		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R ² (adj)	RMSE
1 Bant	$N = 3.474 + (-3.97 \ x \ 714nm)$	$y = 0.2289x + 1.3361$	$R^2 = 0.2288$	0.200
2 Bant	$N = 1.20 + (-7.69 \ x \ 714nm) + (5.03x \ 957nm)$	$y = 0.5311x + 1.0172$	$R^2 = 0.5564$	
3 Bant	$N = -0.880 + (-8.17 \ x \ 714nm) + (58.3x \ 957nm) + (-51 \ x \ 994nm)$	$y = 0.8826x + 0.0269$	$R^2 = 0.8527$	
4 Bant	$N = -2.578 + (-8.843 \ x \ 714nm) + (15.5x \ 957nm) + (-75.53 \ x \ 994nm) + (70 \ x \ 961nm)$	$y = 0.9399x + 0.0771$	$R^2 = 0.9405$	
5 Bant	$N = -2.719 + (-9.362 \ x \ 714nm) + (8.4 \ x \ 957nm) + (-84.73 \ x \ 994nm) + (49.6 \ x \ 961nm)$ $+ (37.4 \ x \ 974nm)$	$y = 0.9603x + 0.0671$	$R^2 = 0.9602$	
6 Bant	$N = -2.843 + (-9.482 \ x \ 714nm) + (7.5 \ x \ 957nm) + (-87.97 \ x \ 994nm) + (42.7 \ x \ 961nm)$ $+ (32.1 \ x \ 974nm) + (16.60 \ x \ 981nm)$	$y = 0.9717x - 0.0004$	$R^2 = 0.9725$	

Çizelge 4.7. Amonyum sülfat uygulamasında dönemlik yaprak örneklerinden alınan azot elementi ortalaması alınmış tahmin modelleri (Devam)

(NH₄)₂SO₄ 3. DÖNEM		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R²(adj)	RMSE
1 Bant	$N = 1.843 + (-2.90 \times 701nm)$	$y = 0.2948x + 0.8373$	$R^2 = 0.2946$	0.096
2 Bant	$N = 1.653 + (-14.97 \times 701nm) + (15.65 \times 552nm)$	$y = 0.6862x + 0.3741$	$R^2 = 0.6865$	
3 Bant	$N = 1.381 + (-9.26 \times 701nm) + (478.7 \times 552nm) + (-468.7 \times 553nm)$	$y = 0.914x + 0.0995$	$R^2 = 0.9132$	
4 Bant	$N = 1.611 + (-9.14 \times 701nm) + (535.7 \times 552nm) + (-545 \times 553nm) + (19.2 \times 565nm)$	$y = 0.9171x + 0.1243$	$R^2 = 0.9242$	
5 Bant	$N = 1.717 + (-6.21 \times 701nm) + (554.8 \times 552nm) + (-511.1 \times 553nm) + (95.3 \times 565nm) + (-132.4 \times 561nm)$	$y = 0.9529x + 0.0505$	$R^2 = 0.9514$	
6 Bant	$N = 2.076 + (-3.71 \times 701nm) + (648.1 \times 552nm) + (-577.4 \times 553nm) + (191.5 \times 565nm) + (-143.5 \times 561nm) + (-115.4 \times 561nm)$	$y = 0.9642x + 0.0673$	$R^2 = 0.9715$	
(NH₄)₂SO₄ 4. DÖNEM		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R²(adj)	RMSE
1 Bant	$N = 1.816 + (-1.755 \times 717nm)$	$y = 0.8052x + 0.1702$	$R^2 = 0.8052$	0.006
2 Bant	$N = 1.843 + (-1.90 \times 717nm) + (0.734 \times 401nm)$	$y = 0.854x + 0.1272$	$R^2 = 0.8541$	
3 Bant	$N = 1.841 + (-1.921 \times 717nm) + (5.35 \times 401nm) + (-4.48 \times 404nm)$	$y = 0.8907x + 0.0951$	$R^2 = 0.8908$	
4 Bant	$N = 1.983 + (-2.244 \times 717nm) + (4.82 \times 401nm) + (-7.97 \times 404nm) + (2.91 \times 675nm)$	$y = 0.9098x + 0.0799$	$R^2 = 0.9105$	
5 Bant	$N = 1.8438 + (-1.978 \times 717nm) + (0.37 \times 401nm) + (-7.85 \times 404nm) + (26.22 \times 675nm) + (-20.55 \times 663nm)$	$y = 0.9734x + 0.024$	$R^2 = 0.974$	
6 Bant	$N = 1.8638 + (-2.03 \times 717nm) + (3.83 \times 401nm) + (-8.62 \times 404nm) + (27.38 \times 675nm) + (-20.72 \times 663nm) + (-3.78 \times 407nm)$	$y = 0.9799x + 0.0187$	$R^2 = 0.9809$	

İstatistik analiz bulguları neticesinde domates yaprak örneklerinin $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulamasında 6 dalga boyu (bant) kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde en yüksek doğruluk katsayısı (R^2) 98.97 ile 1. dönem örneklemelerinden elde edilmiştir. 1. dönemi sırasıyla 98.09 ile 4. dönem, 97.25 ile 2. dönem ve 97.15 ile 3. dönem takip etmiştir. Yansıma ölçümlerinin 2. döneminde tek dalga boyu kullanılarak elde edilen tahmin modelinin doğruluk katsayısı en düşük değer vermiştir. Tek dalga boyuna ait yansıma değerleri kullanılarak üretilen tahmin modellerinde en yüksek doğruluk ($R^2= 0.8052$) 4. dönemde elde edilmiştir. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulaması yapılan deneme bitkilerinin N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga boylarının yaklaşık % 12.5'i 400-500 nm, % 33.3'ü 500-600 nm, % 8.3'ü 600-700 nm, % 25.0'ı 700-800 nm, % 20.9'u 800-900 nm arasında yer almıştır.

Arpa bitkisinde doğal tarla koşullarında N ve P içerikleri 400-750 nm dalga boylarında belirlenebilmektedir (Christensen vd., 2004). Bu çalışmada da N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga boylarının 400-700 nm arasında yer alan dalga boyları toplam dalga boyları arasında % 54.2'ye tekabül etmektedir.

4.3.3. Amonyum nitrat uygulamasının beş farklı doz uygulamasına ait 4 dönem birlikte ve tekerrür ortalaması alınmadan tahmin modelleri

Örneklerde yansıma ve azot değerleri çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. 1., 2., 3. ve 4. dönemlerde yapılan çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmesi sonucu oluşturulan tahmin modellerinde doğruluk katsayıları (R^2) 0.065 (40 ppm) ile 0.999 (20 ppm) arasında değişmiştir (Çizelge 4.8).

Amonyum nitrat uygulamasında yapılan tahmin modelinde RMSE değerler 0 ppm doz 2.435, 5 ppm doz 0.591, 10 ppm doz 0.034, 20 ppm doz 0.031 ve 40 ppm doz 0.040 bulunmuştur. RMSE değerleri göz önünde bulundurulduğunda 20 ppm doz için uygulanan tahmin modelinin RMSE değeri 0'a en yakın bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Amonyum nitrat uygulamasında beş farklı doz uygulamasına ait dört dönem birlikte değerlendirildi (tekerrür ortalaması alınmadan)

NH₄NO₃ 0 ppm		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R²(adj)	RMSE
1 Bant	$N = 3.93 + (-32.6 \times 404nm)$	$y = 0.1817x + 1.3733$	$R^2 = 0.1818$	2.435
2 Bant	$N = 2.48 + (-67.7 \times 404nm) + (54.5 \times 401nm)$	$y = 0.4887x + 0.8577$	$R^2 = 0.4887$	
3 Bant	$N = 2.12 + (-10.9 \times 404nm) + (86.6 \times 401nm) + (-84.2 \times 407nm)$	$y = 0.594x + 0.4645$	$R^2 = 0.5984$	
4 Bant	$N = 2.541 + (-152.7 \times 404nm) + (129.0 \times 401nm) + (-240.2 \times 407nm) + (253.6 \times 405nm)$	$y = 0.8393x + 0.2754$	$R^2 = 0.8397$	
5 Bant	$N = 3.932 + (-201.2 \times 404nm) + (118.9 \times 401nm) + (-242.9 \times 407nm) + (235.9 \times 405nm) + (54.5 \times 422nm)$	$y = 0.9216x + 0.1324$	$R^2 = 0.9589$	
6 Bant	$N = 3.939 + (-177.6 \times 404nm) + (122.4 \times 401nm) + (-189.5 \times 407nm) + (215.4 \times 405nm) + (72.9 \times 422nm) + (-69.6 \times 414nm)$	$y = 0.9953x + 0.7109$	$R^2 = 1$	
NH₄NO₃ 5 ppm		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R²(adj)	RMSE
1 Bant	$N = 6.09 + (-8.43 \times 720nm)$	$y = 0.5109x + 1.0217$	$R^2 = 0.487$	0.591
2 Bant	$N = 8.63 + (-16.09 \times 720nm) + (7.26 \times 553nm)$	$y = 0.6203x + 0.7876$	$R^2 = 0.525$	
3 Bant	$N = 9.90 + (-23.5 \times 720nm) + (466 \times 553nm) + (-450 \times 558nm)$	$y = 0.8465x + 0.4589$	$R^2 = 0.6155$	
4 Bant	$N = 5.786 + (-4.62 \times 720nm) + (316.3 \times 553nm) + (-1400 \times 558nm) + (1077 \times 559nm)$	$y = 0.9491x + 0.1849$	$R^2 = 0.6805$	
5 Bant	$N = 7.438 + (-10.609 \times 720nm) + (351.8 \times 553nm) + (-1340.2 \times 558nm) + (995.5 \times 559nm) + (-12.87 \times 404nm)$	$y = 0.9349x + 0.2828$	$R^2 = 0.7373$	
6 Bant	$N = 7.18075 + (-11.0198 \times 720nm) + (352.923 \times 553nm) + (-1326.66 \times 558nm) + (981.497 \times 559nm) + (-13.2281 \times 404nm) + (0.41455 \times 786nm)$	$y = 0.938x + 0.2803$	$R^2 = 0.7415$	

Çizelge 4.8. Amonyum nitrat uygulamasında beş farklı doz uygulamasına ait dört dönem birlikte değerlendirildi (tekerrür ortalaması alınmadan)
(Devam)

NH₄NO₃ 10 ppm		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R²(adj)	RMSE
1 Bant	$N = 7.38 + (-10.92 \times 722nm)$	$y = 0.5012x + 0.7691$	$R^2 = 0.5014$	0.034
2 Bant	$N = 9.08 + (-12.17 \times 722nm) + (-14.4 \times 410nm)$	$y = 0.5854x + 0.6427$	$R^2 = 0.5855$	
3 Bant	$N = 4.71 + (-4.99 \times 722nm) + (-75.8 \times 410nm) + (67.9 \times 403nm)$	$y = 0.8867x + 0.175$	$R^2 = 0.8869$	
4 Bant	$N = 5.29 + (-5.71 \times 722nm) + (-176 \times 410nm) + (54.1 \times 403nm) + (112 \times 411nm)$	$y = 0.9397x + 0.0862$	$R^2 = 0.9395$	
5 Bant	$N = 6.49 + (-7.16 \times 722nm) + (-253.4 \times 410nm) + (47.7 \times 403nm) + (235.3 \times 411nm) + (-43.2 \times 420nm)$	$y = 0.9683x + 0.0589$	$R^2 = 0.968$	
6 Bant	$N = 9.23 + (-14.57 \times 722nm) + (-232 \times 410nm) + (62.5 \times 403nm) + (202.2 \times 411nm) + (-67.6 \times 420nm) + (17.37 \times 552nm)$	$y = 0.9809x + 0.0392$	$R^2 = 0.981$	
NH₄NO₃ 20 ppm		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R²(adj)	RMSE
1 Bant	$N = 5.10 + (-5.56 \times 723nm)$	$y = 0.0988x + 1.6752$	$R^2 = 0.0988$	0.031
2 Bant	$N = 6.60 + (-10.72 \times 723nm) + (8.6 \times 546nm)$	$y = 0.1369x + 1.6148$	$R^2 = 0.1371$	
3 Bant	$N = 10.31 + (-23.76 \times 723nm) + (1457 \times 546nm) + (-1432 \times 545nm)$	$y = 0.4743x + 1.0644$	$R^2 = 0.4769$	
4 Bant	$N = 20.97 + (-51.8 \times 723nm) + (1842 \times 546nm) + (-1755 \times 545nm) + (-73.2 \times 407nm)$	$y = 0.7079x + 0.4891$	$R^2 = 0.7058$	
5 Bant	$N = 11.25 + (-28.62 \times 723nm) + (2898 \times 546nm) + (-1615 \times 545nm) + (-122.5 \times 407nm) + (-1175 \times 554nm)$	$y = 0.9349x + 1.1324$	$R^2 = 0.9352$	
6 Bant	$N = 10.419 + (-27.70 \times 723nm) + (3107.6 \times 546nm) + (-1167.9 \times 545nm) + (-115 \times 407nm) + (-1341.6 \times 554nm) + (-499 \times 540nm)$	$y = 0.9985x + 0.0119$	$R^2 = 0.9988$	

Çizelge 4.8. Amonyum nitrat uygulamasında beş farklı doz uygulamasına ait dört dönem birlikte değerlendirildi (tekerrür ortalaması alınmadan)
(Devam)

NH ₄ NO ₃ 40 ppm		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R ² (adj)	RMSE
1 Bant	$N = 12.6 + (-11.4 \times 948nm)$	$y = 0.0653x + 2.1022$	$R^2 = 0.065$	0.040
2 Bant	$N = 34.6 + (-826 \times 948nm) + (792 \times 949nm)$	$y = 0.4781x + 1.7102$	$R^2 = 0.481$	
3 Bant	$N = 27.0 + (-873 \times 948nm) + (1299 \times 949nm) + (-454 \times 951nm)$	$y = 0.6469x + 0.3511$	$R^2 = 0.6437$	
4 Bant	$N = 13.95 + (-873 \times 948nm) + (1487 \times 949nm) + (-824 \times 951nm) + (201.3 \times 972nm)$	$y = 0.8515x + 0.5072$	$R^2 = 0.8525$	
5 Bant	$N = 24.45 + (-657.9 \times 948nm) + (1595 \times 949nm) + (-1129.7 \times 951nm) + (484.6 \times 972nm) + (-314.7 \times 978nm)$	$y = 0.9818x - 0.087$	$R^2 = 0.9811$	
6 Bant	$N = 21.79 + (-840.2 \times 948nm) + (1733.6 \times 949nm) + (-1045.3 \times 951nm) + (475.5 \times 972nm) + (-206.5 \times 978nm) + (-135.9 \times 996nm)$	$y = 0.9967x - 0.0039$	$R^2 = 0.9967$	

İstatistik analiz bulguları neticesinde domates yaprak örneklerinin NH_4NO_3 uygulamasında 6 dalga boyu (bant) kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde en yüksek doğruluk katsayısı (R^2) 1 ile 0 ppm doz uygulanan örneklemelerden elde edilmiştir. 0 ppm dozu sırasıyla 99.88 ile 20 ppm, 99.67 ile 40 ppm doz, 98.1 ile 10 ppm doz ve 74.15 ile 5 ppm doz takip etmiştir. Yansıma ölçümlerinin son döneminde tek dalga boyu kullanılarak elde edilen tahmin modelinin doğruluk katsayısı en düşük değer vermiştir. Tek dalga boyuna ait yansıma değerleri kullanılarak üretilen tahmin modellerinde en yüksek doğruluk ($R^2= 0.5014$) ile 10 ppm doz uygulanan tahmin modelinden elde edilmiştir. NH_3NO_4 uygulaması yapılan deneme bitkilerinin N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga boylarının yaklaşık % 50'si 400-500 nm, % 33.33'ü 500-600 nm, % 0'ı 600-700 nm, % 16,67'si 700-800 nm, % 0'ı 800-900 nm arasında yer almıştır.

Bu çalışmada da N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga boylarının 400-700 nm arasında yer alan dalga boyları toplam dalga boyları arasında % 83.3'e tekabül etmektedir.

4.3.4. Amonyum sülfat uygulamasının beş farklı doz uygulamasına ait 4 dönem birlikte ve tekerrür ortalaması alınmadan tahmin modelleri

Örneklerde yansıma ve sülfat değerleri çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm ve 40 ppm doz uygulamalarında yapılan çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmesi sonucu oluşturulan tahmin modellerinde doğruluk katsayıları (R^2) 0.2204 (20 ppm) ile 0.9998 (10 ppm) arasında değişmiştir (Çizelge 4.9).

Amonyum sülfat uygulamasında yapılan tahmin modelinde RMSE değerler 0ppm doz 0.9992, 5 ppm doz 0.989, 10 ppm doz 0.9998, 20 ppm doz 0.9977 ve 40 ppm doz 0.999 bulunmuştur. RMSE değerleri göz önünde bulundurulduğunda 5 ppm doz için uygulanan tahmin modelinin RMSE değeri 0'a en yakın bulunmuştur.

İstatistik analiz bulguları neticesinde domates yaprak örneklerinin $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulamasında 6 dalga boyu (bant) kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde en yüksek doğruluk katsayısı (R^2) 99.98 ile 10 ppm doz uygulanan örneklemelerden

elde edilmiştir. 10 ppm dozu sırasıyla 99.92 ile 0 ppm, 99.9 ile 40 ppm doz, 98.9 ile 5 ppm doz ve 99.77 ile 20 ppm doz takip etmiştir. Yansıma ölçümlerinin 20 pm doz uygulamasında tek dalga boyu kullanılarak elde edilen tahmin modelinin doğruluk katsayısı en düşük değer vermiştir. Tek dalga boyuna ait yansıma değerleri kullanılarak üretilen tahmin modellerinde en yüksek doğruluk ($R^2= 0.8659$) ile 0 ppm doz uygulanan tahmin modelinden elde edilmiştir. Amonyum sülfat uygulaması yapılan deneme bitkilerinin N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga boylarının yaklaşık % 20.8'i 400-500 nm, % 12.5'i 500-600 nm, % 16.7'si 600-700 nm, % 16.7'si 700-800 nm, % 4.3'ü 800-900 nm arasında yer almıştır.

Bu çalışmada da N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga boylarının 400-700 nm arasında yer alan dalga boyları toplam dalga boyları arasında % 50'ye tekabül etmektedir.

Çizelge 4.9. Amonyum sülfat uygulamasında beş farklı doz uygulamasına ait dört dönem birlikte değerlendirildi (tekerrür ortalaması alınmadan)

(NH₄)₂SO₄ 0 ppm		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R²(adj)	RMSE
1 Bant	$N = 7.759 + (-7.254 \times 939nm)$	$y = 0.8659x + 0.1771$	$R^2 = 0.8659$	0.019
2 Bant	$N = 7.276 + (-5.29 \times 939nm) + (-2.92 \times 712nm)$	$y = 0.9409x - 0.186$	$R^2 = 0.9057$	
3 Bant	$N = 4.739 + (-79.9 \times 939nm) + (-4.357 \times 712nm) + (77.8 \times 934nm)$	$y = 0.9742x + 0.0346$	$R^2 = 0.9744$	
4 Bant	$N = 3.477 + (-88.8 \times 939nm) + (-4.098 \times 712nm) + (84.7 \times 934nm) + (3.35 \times 769nm)$	$y = 0.9817x + 0.0542$	$R^2 = 0.9859$	
5 Bant	$N = 4.118 + (-106.76 \times 939nm) + (-3.410 \times 712nm) + (100.72 \times 934nm) + (70.7 \times 769nm) + (-66.9 \times 761nm)$	$y = 0.9987x - 0.023$	$R^2 = 0.997$	
6 Bant	$N = 3.808 + (-103.70 \times 939nm) + (-3.722 \times 712nm) + (104.87 \times 934nm) + (76.03 \times 769nm) + (-58.90 \times 761nm) + (-19.79 \times 810nm)$	$y = 0.9988x + 0.007$	$R^2 = 0.9992$	
(NH₄)₂SO₄ 5 ppm		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R²(adj)	RMSE
1 Bant	$N = 0.364 + (13.54 \times 404nm)$	$y = 0.5023x + 0.6953$	$R^2 = 0.5022$	0.268
2 Bant	$N = 1.778 + (18.76 \times 404nm) + (-14.50 \times 608nm)$	$y = 0.899x + 0.1411$	$R^2 = 0.8988$	
3 Bant	$N = 1.854 + (18.06 \times 404nm) + (-181.5 \times 608nm) + (169 \times 610nm)$	$y = 0.9324x + 0.0995$	$R^2 = 0.933$	
4 Bant	$N = 1.862 + (16.64 \times 404nm) + (-125 \times 608nm) + (212.5 \times 610nm) + (-97 \times 607nm)$	$y = 0.9224x + 0.2709$	$R^2 = 0.9366$	
5 Bant	$N = 1.271 + (8.21 \times 404nm) + (233 \times 608nm) + (-67 \times 610nm) + (-380 \times 607nm) + (203 \times 600nm)$	$y = 0.9647x + 0.0389$	$R^2 = 0.9637$	
6 Bant	$N = -0.082 + (6.69 \times 404nm) + (637 \times 608nm) + (-283 \times 610nm) + (-703 \times 607nm) + (302.4 \times 600nm) + (34.01 \times 572nm)$	$y = 0.9814x + 0.1033$	$R^2 = 0.989$	

Çizelge 4.9. Amonyum sülfat uygulamasında beş farklı doz uygulamasına ait dört dönem birlikte değerlendirildi (tekerrür ortalaması alınmadan)
(Devam)

(NH₄)₂SO₄ 10 ppm		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R²(adj)	RMSE
1 Bant	$N = 6.604 + (-6.208 \times 946nm)$	$y = 0.8621x + 0.1744$	$R^2 = 0.862$	0.012
2 Bant	$N = 6.922 + (-49.28 \times 946nm) + (43.99 \times 980nm)$	$y = 0.9588x + 0.0586$	$R^2 = 0.9598$	
3 Bant	$N = 6.012 + (-34.33 \times 946nm) + (69.94 \times 980nm) + (-40.10 \times 988nm)$	$y = 0.9887x + 0.0116$	$R^2 = 0.9883$	
4 Bant	$N = 5.397 + (-29.80 \times 946nm) + (72.26 \times 980nm) + (-32.04 \times 988nm) + (-14.15 \times 1000nm)$	$y = 0.9957x + 0.0064$	$R^2 = 0.9958$	
5 Bant	$N = 5.54 + (-8.51 \times 946nm) + (81.44 \times 980nm) + (-40.91 \times 988nm) + (-17.36 \times 1000nm)$ $+ (-18.41 \times 940nm)$	$y = 0.9996x - 0.0019$	$R^2 = 0.9991$	
6 Bant	$N = 5.4412 + (-6.03 \times 946nm) + (86.10 \times 980nm) + (-38.24 \times 988nm) + (-18.54 \times 1000nm)$ $+ (-20.39 \times 940nm) + (-6.50 \times 989nm)$	$y = 0.9993x + 0.0045$	$R^2 = 0.9998$	
(NH₄)₂SO₄ 20 ppm		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R²(adj)	RMSE
1 Bant	$N = 3.313 + (-9.62 \times 561nm)$	$y = 0.2205x + 1.3157$	$R^2 = 0.2204$	0.001
2 Bant	$N = 1.414 + (-785 \times 561nm) + (780 \times 560nm)$	$y = 0.6971x + 0.4321$	$R^2 = 0.6859$	
3 Bant	$N = 0.705 + (-868.6 \times 561nm) + (855.9 \times 560nm) + (22.63 \times 431nm)$	$y = 0.9639x + 0.0513$	$R^2 = 0.9627$	
4 Bant	$N = 0.527 + (-970 \times 561nm) + (958.8 \times 560nm) + (161.6 \times 431nm) + (-141.4 \times 433nm)$	$y = 0.9903x + 0.0187$	$R^2 = 0.9906$	
5 Bant	$N = 0.542 + (-1016.3 \times 561nm) + (1005 \times 560nm) + (180.7 \times 431nm) + (-247.2 \times 433nm)$ $+ (84.5 \times 435nm)$	$y = 1.0042x - 0.1216$	$R^2 = 0.9951$	
6 Bant	$N = 0.542 + (-1050.9 \times 561nm) + (1039.7 \times 560nm) + (178.9 \times 431nm) + (-189 \times 433nm)$ $+ (91.9 \times 435nm) + (-63.9 \times 426nm)$	$y = 0.9982x + 0.0027$	$R^2 = 0.9977$	

Çizelge 4.9. Amonyum sülfat uygulamasında beş farklı doz uygulamasına ait dört dönem birlikte değerlendirildi (tekerrür ortalaması alınmadan)
(Devam)

(NH ₄) ₂ SO ₄ 40 pmm		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R ² (adj)	RMSE
1 Bant	$N = 7.71 + (-7.19 \times 1000nm)$	$y = 0.6684x + 0.5989$	$R^2 = 0.6686$	0.075
2 Bant	$N = 3.75 + (-83.8 \times 1000nm) + (82.1 \times 979nm)$	$y = 0.864x + 0.2034$	$R^2 = 0.8595$	
3 Bant	$N = 5.106 + (-59.39 \times 1000nm) + (176.6 \times 979nm) + (-119.7 \times 958nm)$	$y = 0.9818x + 0.0156$	$R^2 = 0.98$	
4 Bant	$N = 4.38 + (-48.92 \times 1000nm) + (152.1 \times 979nm) + (-112.1 \times 958nm) + (6.95 \times 771nm)$	$y = 0.9888x + 0.0235$	$R^2 = 0.9892$	
5 Bant	$N = 4.445 + (-7.1 \times 1000nm) + (135.3 \times 979nm) + (-34.7 \times 958nm) + (15.80 \times 771nm)$ $+ (-111.2 \times 954nm)$	$y = 0.9952x + 0.0121$	$R^2 = 0.9955$	
6 Bant	$N = 4.512 + (11.64 \times 1000nm) + (159.64 \times 979nm) + (40.6 \times 958nm) + (20.08 \times 771nm)$ $+ (-182.6 \times 954nm) + (-51.3 \times 971nm)$	$y = 0.9967x + 0.0275$	$R^2 = 0.999$	

4.3.5. Tüm 120 test verisi birlikte tahmin modelleri

Örneklerde yansıma ve tüm amonyum nitrat (NH_4NO_3) ve amonyum sülfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) değerleri çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Tüm verilerde yapılan çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmesi sonucu oluşturulan tahmin modellerinde doğruluk katsayıları (R^2) 0.1578 ile 0.3418 arasında değişmiştir (Çizelge 4.10). Amonyum nitrat ve amonyum sülfat uygulamasında yapılan tahmin modelinde RMSE değeri 0.759 bulunmuştur. Tüm deneme bitkilerinin N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga boyları 532-561 nm arasında yer almıştır.



Çizelge 4.10. Tüm test verileri (tekerrür ortalaması alınmadan)

TÜM VERİLER		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R ² (adj)	RMSE
1 Bant	$N = 2.938 + (-7.47x \ 561nm)$	$y = 0.1578x + 1.3998$	$R^2 = 0.1578$	0.759
2 Bant	$N = 2.726 + (-40.09x \ 561nm) + (36x \ 532nm)$	$y = 0.2315x + 1.2714$	$R^2 = 0.2309$	
3 Bant	$N = 3.103 + (-14.8x \ 561nm) + (136.5x \ 532nm) + (-125.8x \ 535nm)$	$y = 0.2456x + 1.2552$	$R^2 = 0.2458$	
4 Bant	$N = 2.994 + (-256x \ 561nm) + (194.5x \ 532nm) + (-203.6x \ 535nm) + (261x \ 560nm)$	$y = 0.2701x + 1.271$	$R^2 = 0.277$	
5 Bant	$N = 2.787 + (-214x \ 561nm) + (193.6x \ 532nm) + (-336x \ 535nm) + (196x \ 560nm) + (156.5x \ 537nm)$	$y = 0.2859x + 1.2414$	$R^2 = 0.2925$	
6 Bant	$N = 3.064 + (-283x \ 561nm) + (56.7x \ 532nm) + (-246x \ 535nm) + (317x \ 560nm) + (413x \ 537nm) + (-260.6x \ 545nm)$	$y = 0.346x + 1.0644$	$R^2 = 0.3418$	

4.3.6. Tüm dönem ve faklı dozlar birlikte gübreler ayrı tahmin modelleri (tekerrür ortalaması alınmadan)

Örneklerde yansıma ve tüm dönem ve farklı dozlar birlikte gübreler ayrı olmak kaydıyla NH_4NO_3 değerleri için çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Yapılan oklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmesi sonucu oluşturulan tahmin modellerinde doğruluk katsayıları (R^2) 0.0467 ile 0.4122 arasında değişmiştir (izelge 4.11). NH_4NO_3 uygulamasında yapılan tahmin modelinde RMSE değeri 0.141 bulunmuştur. NH_4NO_3 uygulaması yapılan deneme bitkilerinin N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga boyları 414-550 nm arasında yer almıştır.

Örneklerde yansıma ve tüm dönem ve farklı dozlar birlikte gübreler ayrı olmak kaydıyla $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ değerleri için çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Yapılan oklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmesi sonucu oluşturulan tahmin modellerinde doğruluk katsayıları (R^2) 0.4441 ile 0.8072 arasında değişmiştir (izelge 4.11). $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulamasında yapılan tahmin modelinde RMSE değeri 8.696 bulunmuştur. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ uygulaması yapılan deneme bitkilerinin N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga boyları 706-1000 nm arasında yer almıştır.

Çizelge 4.11. Dönem ve farklı dozlar birlikte gübreler ayrı (tekerrür ortalaması alınmadan)

Amonyum Sülfat-(NH ₄) ₂ SO ₄		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R ² (adj)	RMSE
1 Bant	$N = 6.383 + (-5.789x 1000nm)$	$y = 0.4441x + 0.8283$	$R^2 = 0.4441$	8.696
2 Bant	$N = 3.214 + (-55.44x 1000nm) + (54.03x 970nm)$	$y = 0.6343x + 0.5443$	$R^2 = 0.6342$	
3 Bant	$N = 2.882 + (-54.79x 1000nm) + (116.7x 970nm) + (-62.9x975nm)$	$y = 0.7002x + 0.4022$	$R^2 = 0.6966$	
4 Bant	$N = 3.492 + (-47.72x 1000nm) + (98.3x 970nm) + (-51.3x975nm) + (-2.86x 706nm)$	$y = 0.7264x + 0.4026$	$R^2 = 0.726$	
5 Bant	$N = 2.541 + (-42.07x 1000nm) + (82.7x 970nm) + (-46.1x975nm) + (-2.53 x 706nm) + (5.53 x 766nm)$	$y = 0.7489x + 0.3576$	$R^2 = 0.7476$	
6 Bant	$N = 1.670 + (-16.1x 1000nm) + (116x 970nm) + (-40.4x975nm) + (-2.19 x 706nm) + (10.98 x 766nm) + (-68.4 x 950nm)$	$y = 0.8082x + 0.2776$	$R^2 = 0.8072$	
Amonyum Nitrat-NH ₄ NO ₃		TAHMİN		
BANT SAYISI	MODEL	DENKLEM	R ² (adj)	
1 Bant	$N = 2.577 + (-4.46 x 550nm)$	$y = 0.0468x + 1.7466$	$R^2 = 0.0467$	0.141
2 Bant	$N = 2.316 + (-507 x 550nm) + (504 x 549nm) +$	$y = 0.184x + 1.3519$	$R^2 = 0.1739$	
3 Bant	$N = 2.233 + (-634 x 550nm) + (637 x 549nm) + (-10.98 x 414nm)$	$y = 0.2219x + 1.3324$	$R^2 = 0.2155$	
4 Bant	$N = 3.177 + (-679 x 550nm) + (679 x 549nm) + (-114.1 x 414nm) + (92.5 x 442nm)$	$y = 0.3604x + 1.1146$	$R^2 = 0.3566$	
5 Bant	$N = 3.090 + (-393 x 550nm) + (896 x 549nm) + (-122.2 x 414nm) + (113.9 x 442nm) + (-516 x 545nm)$	$y = 0.3999x + 1.1706$	$R^2 = 0.404$	
6 Bant	$N = 3.479 + (-371 x 550nm) + (896 x 549nm) + (-89 x 414nm) + (194.2 x 442nm) + (-538 x 545nm) + (-113.8 x 426nm)$	$y = 0.4016x + 1.5987$	$R^2 = 0.4122$	

4.4. Amonyum Nitrat ve Amonyum Sülfat Uygulamalarından Oluşan Bitki Örtüsü İndeksleri

Bitkisel İndis, elektromanyetik spektrumdaki farklı dalga boylu yansıma değerlerine matematiksel işlemler uygulanarak bitki örtüsünün yoğunluğunu gösteren tek bir değer elde edilmesidir. Bitkiler hücre yapılarına, yaprak ve yüzey genişliklerine, yapılarında buldukları su miktarına ve doğal ortamlarındaki konumlarına göre çeşitli dalga boylarındaki ışınları kendilerine özgü bir şekilde absorbe eder yada yansıtırlar. Her bir bitki türü kendine özgü hücre yapısı ve doğadaki duruş şekline sahiptir (Anonim, 2019).

4.4.1. Amonyum nitrat uygulamasından oluşan bitki örtüsü indisleri

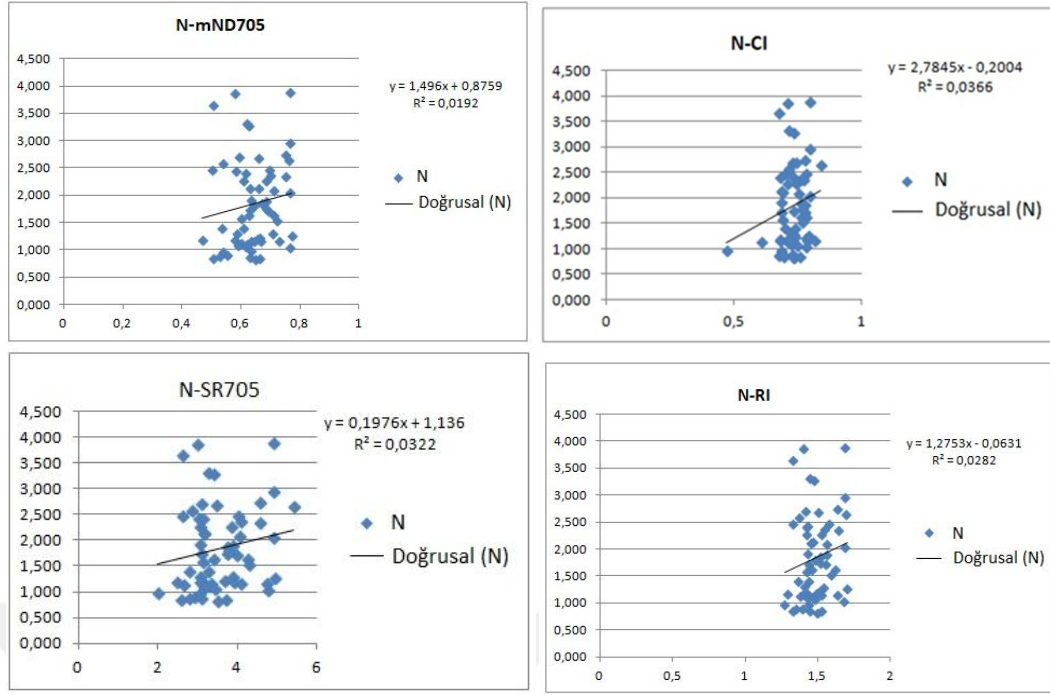
Amonyum nitrat uygulaması yapılan deneme bitkilerinin N içerikleri ile bitki örtüsü indisleri arasında korelasyon yapılmıştır. Ayrıca bitki örtüsü indisleri ile N içerikleri arasındaki ilişkiye ait grafikler oluşturulmuştur. Oluşturulan grafikler şekil 4.5’de yer almaktadır. Amonyum nitrat uygulaması yapılan deneme örneklerinde N elementi ile mND705 (r: 0.139), CI (r: 0.191), SR705 (r: 0.180), RI (r: 0.168), bitki örtüsü indisleri arasında önemli bir ilişki saptanmamıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Amonyum nitrat uygulamasında N ile bitki indislerinin korelasyonu

	mND705	CI	SR705	RI
N	0.139	0.191	0.180	0.168
	(P) 0.291	(P) 0.143	(P) 0.170	(P) 0.200

* P<0.05 ** P<0.01

Bu uygulamaya ait bitki örtüsü indisleri ile N içerikleri arasındaki ilişkiye ait grafikler incelendiğinde ise en yüksek doğruluk katsayısı (R^2) N ile CI arasında görülmüş ve 0.0366 olarak bulunmuştur. En düşük doğruluk katsayısı (R^2) ise mND705 ile N arasında 0.0192 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.5. Amonyum nitrat uygulamalı bitki örtüsü indisleri ile N içerikleri arasındaki ilişki

4.4.2. Amonyum sülfat uygulamasından oluşan bitki örtüsü indisleri

Amonyum sülfat uygulaması yapılan deneme bitkilerinin N içerikleri ile bitki örtüsü indisleri arasında korelasyon yapılmıştır. Ayrıca bitki örtüsü indisleri ile N içerikleri arasındaki ilişkiye ait grafikler oluşturulmuştur. Oluşturulan grafikler şekil 6'da yer almaktadır. Amonyum sülfat uygulaması yapılan deneme örneklerinde mND705 (r: 0.646), CI (r: 0.249), RI (r: 0.432), SR705 (r: 0.450) bitki örtüsü indisleri arasında CI (P: 0.055) hariç diğer bitki indislerinin N içeriği ile istatistiki olarak önemli bir ilişki saptanmıştır (Çizelge 4.13).

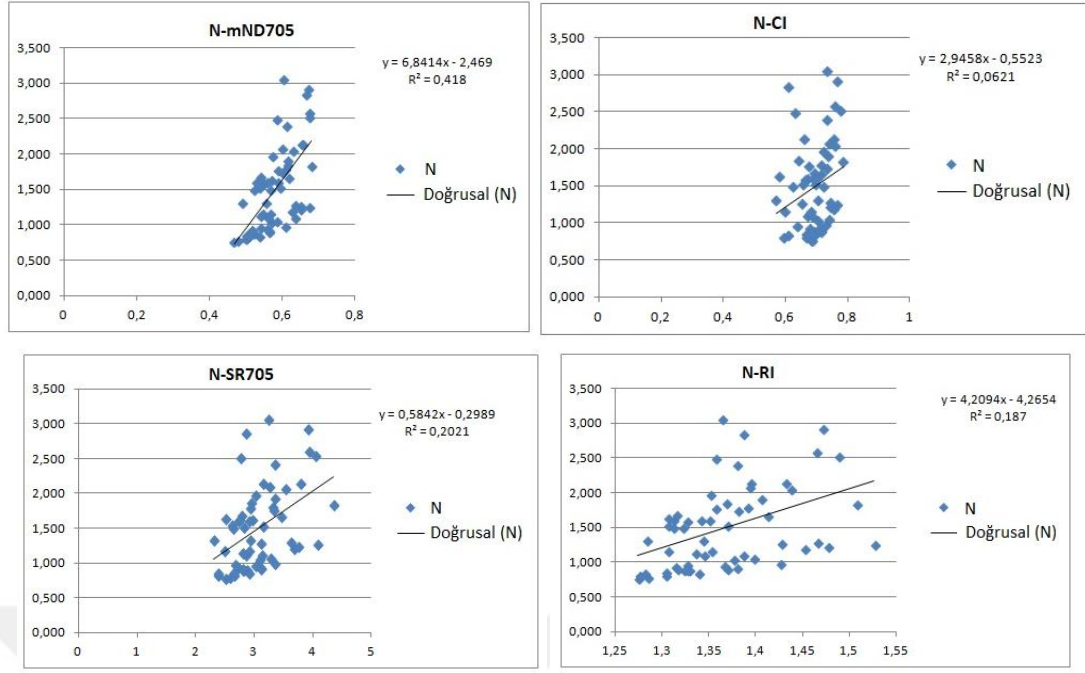
Çizelge 4.13. Amonyum sülfat uygulamasında N ile bitki indislerinin korelasyonu

	mND705	CI	SR705	RI
N	0.646	0.249	0.450	0.432
	(P) 0.000	(P) 0.055	(P) 0.000	(P) 0.001

* P<0.05

** P<0.01

Bu uygulamaya ait bitki örtüsü indisleri ile N içerikleri arasındaki ilişkiye ait grafikler incelendiğinde ise en yüksek doğruluk katsayısı (R^2) mND705 ile N arasında görülmüş ve 0.418 olarak bulunmuştur. En düşük doğruluk katsayısı (R^2) ise CI ile N arasında 0.0621 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.6. Amonyum sülfat uygulamalı bitki örtüsü indisleri ile N içerikleri arasındaki ilişki

Amonyum nitrat ile amonyum sülfat uygulamaları incelendiğinde en yüksek doğruluk katsayısı (R^2) amonyum sülfat uygulaması yapılan örneklerden oluşturulan mND705 bitki örtüsü indisinde görülmüş ve 0.418 olarak belirlenmiştir.

Farklı azot miktarları uygulanan ($120, 180, 240$ azot kg ha^{-1}) 5 da büyüklüğündeki ekmeklik buğday (Gönen 98) ekilmiş her bir parselin üç farklı yerinden seçilen 0.75 m^2 'lik alanlarda elektromanyetik spektrumun görünür ve kızılötesi ışınlarını geçirme özellikli filtreler kullanılarak elde edilen görüntüler görüntü analiz yazılımı yardımıyla işlenmiştir KO (Klorofil okuması) değerleri ve hiperspektral veri toplama özelliğine sahip spektrometre yardımıyla buğday alanından kaydedilen yansıma değerleri arasındaki doğrusal ilişki korelasyon ve regresyon hesaplamaları yardımıyla belirlenmiştir. Bu çalışma ile dijital kamera ve filtreler yardımıyla, özellikle kızıl ötesi geçiren özellikli filtreler ile elde edilecek görüntülerin NDVI ve GNDVI vejetasyon indislerinin tahminlenmesinde kullanılabilme potansiyelinin olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla, BÖO'nun (Bitki örtme oranı) bitki sağlığını gösteren NDVI indisi ve bitki biyokütlesi hakkında bilgi veren BAI değerlerini tahmin etmek amacıyla kullanılması mümkün olacaktır. Bu çalışma ile dijital kamera ve filtreler yardımıyla, özellikle kızılötesi geçiren özellikli filtreler ile elde edilecek

görüntülerin NDVI ve GNDVI vejetasyon indislerinin tahminlenmesinde kullanılabilir potansiyelinin olduğu belirlenmiştir (Genç vd., 2008).

Bitkilerin toprak üzeri organlarındaki gelişmenin iyi olması besin elementleri alımının yeterli ve zamanında aldığı bir göstergesidir. Bu durum gübrelemenin bir göstergesidir. Gübrelere en iyi şekilde bitkilerin yararlanması için onların toprağa uygulanma zamanına ve şekline çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Uygulanacak gübrenin sadece çeşidini ve miktarını bilmek yeterli değildir. Gübreleme zamanının seçiminde önemli olan bitkinin ihtiyacı olduğu zaman ona gerekli ortamı ve besin maddesini sağlamaktır.

Van ekolojik koşullarında 2001 yılında yürütülen çalışmada, ekim nöbetine alınabilecek ve yöre için yeni bir yağ bitkisi olan aspir bitkisine azotlu ve fosforlu gübre uygulamalarının verim ve verim öğelerine etkisi incelenmiştir. Denemede ele alınan faktörlerden azotlu gübre dozlarının tohum ve ham yağ verimini olumlu yönde etkilediği, uygulanan dozların artışına paralel olarak verim öğelerinin arttığı görülmüştür. Bunun yanında fosforlu gübre dozlarının tohum ve ham yağ verimini olumlu yönde etkilediği fakat bu etkinin istatistiki olarak önemli olmadığı görülmüştür (Yıldırım vd., 2005).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma domates bitkisine farklı iki azot gübresi uygulanarak bitkinin azot içeriğinin spektral yansıma değerleri yardımıyla belirlenebilirliğini araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

Amonyum nitrat ve amonyum sülfat gübre uygulaması yapılan domates bitkilerinde N, P, K besin elementleri noksanlığı görülmüş, fakat fazlalığı görülmemiştir. Amonyum nitrat uygulanan bitkilerde kısmen de olsa doz arttıkça bitkideki N içeriği de artmıştır. Deneme koşullarında amonyum sülfat uygulaması yapılan domates bitkilerinin N beslenmesi amonyum nitrat uygulaması yapılan domates bitkilerinin beslenmesine göre daha iyi sonuç vermiştir. Bu durum amonyum sülfatta yer alan alan azotun yavaş çözünmesi ve hasattan sonrada çözünmeyi sürdürmesi sebebi ile bitkinin azottan en yüksek düzeyde yararlanmasından kaynaklanmaktadır (Kacar ve Katkat, 2009b). Çalışmada kullanılan deneme toprağı hafif alkali (pH 7.9) özelliktedir. Toprakta amonyum sülfat uygulamasının toprak pH'sını düşürme özelliğinden (Kacar ve Katkat, 2009a) dolayı toprak ortamını düzenlemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

N elementi bakımından, elde edilen verilere uygulanan varyans analizi sonucunda doz-zaman interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Elde edilen bulgulara göre, amonyum sülfat uygulamaları ile spektrumun 445, 705, 720, 735, 750, mavi (450-500nm), ve kırmızı (610-700) dalgaboyları arasında % 1 düzeyinde önemli istatistiksel farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Amonyum nitrat uygulamaları ile spektrumun dalgaboyları arasında önemli istatistiksel farklılıklar görülmemiştir. Amonyum sülfat uygulamasında CI indisi hariç diğer indisler istatistiksel olarak önemli ($P < 0.001$) bulunmuştur. Bitki indisleri bitki sağlığı konusunda bize bilgi sunmaktadır. Dolayısıyla amonyum sülfat uygulaması yapılan bitkiler amonyum nitrat uygulanan bitkilere göre daha sağlıklı olduğu görülmüştür. Amonyum nitrat uygulamasında ise bitki indislerinin daha geniş veri setlerinde araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Dönemlere bağı olarak bitkilere uygulanan doz farklılıkları görünür bölgede değerlendirildiğinde amonyum nitrat uygulamasının 1. ve 4. dönemlerinde, amonyum sülfat uygulamasının 2. ve 4. dönemlerinde spektral yansımaları etkilediği ve dozların etkisinin yansıma grafiklerini daha belirgin hale getirdiği belirlenmiştir. Bu dönemlerde azalan doza bağı olarak görünür bölgede yansıma yüzdelerinin de arttığı görülmüştür. Her iki uygulamada yakın kızılötesi bölgede farklı doz uygulamasının yansımayı tüm dönemlerde (1-4) etkilemediği görülmüştür.

Domates bitkilerine amonyum nitrat ve amonyum sülfat uygulamasında dönemsel olarak iki uygulama yapılan bitkilerin 4. dönemdeki yansıma grafikleri dozlar açısından karşılaştırıldığında görünür bölgede benzer sıralama gözlemlenmiştir.

Amonyum nitrat uygulaması yapılan bitkilerin yansıma ölçümlerinden elde edilen türev grafiklerinde 520, 570 ve 720 nm en çok kullanılan dalga boyları olmuştur. Diğer anlamlı dalga boyları 500-600 nm (yeşil) arasında yer almıştır. Amonyum nitrat uygulamasında en ayırt edici veriler 4. dönemde belirlenmiştir. Amonyum sülfat uygulamasında ise en fazla seçilen dalga boyu 520, 600 ve 950 nm olmuştur. Bunu 500-600 nm arasında yer alan dalga boyları takip etmiştir. Amonyum sülfat uygulamasında en ayırt edici sonuçlar 4. dönemde elde edilmiştir. Amonyum nitrat ve amonyum sülfat uygulamasında 4. dönemin türev grafiklerinin spektral yansımalarının en ayırt edici dönem olması, bitkinin gerileme dönemine girmesinden dolayı dozlar arasındaki farkın daha net görülmesine neden olmuştur.

Amonyum nitrat ve amonyum sülfat uygulamalarının her ikisinde de spektral ölçümler ve laboratuvar analiz sonuçları çoklu lineer regresyon analizi ile karşılaştırılarak üretilen tahmin modellerinde 6 dalga boyu kullanılarak doğruluk katsayısı 1'e yakın değerler elde edilmiştir. Amonyum sülfat uygulamasında tek dalga boyu kullanılarak üretilen model denklemlerinde en yüksek doğruluk $R^2 = 0.80$ bulunmuştur.

Amonyum nitrat uygulamasında 6 dalga boyu kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde en yüksek doğruluk katsayısı (R^2) 97.08 ile 2. dönem örneklemelerinden elde edilmiştir. Amonyum nitrat uygulaması yapılan deneme bitkilerinin N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga

boylarının yaklaşık % 75.0'ı 400-700 nm (görünür bölge), % 25.0'ı 700-900 nm (yakın kızılötesi bölge) arasında yer almıştır. Tek dalga boyuna ait yansıma değerleri kullanılarak üretilen tahmin modellerinde en yüksek doğruluk ($R^2= 0.4469$) 1. dönemde elde edilmiştir. Hiperspektral algılama yöntemleri ile domates bitkisinin N içeriği amonyum nitrat uygulamasının 2. döneminde görünür bölgede belirlenebildiği görülmüştür.

Amonyum sülfat uygulamasında 6 dalga boyu kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde en yüksek doğruluk katsayısı (R^2) 98.97 ile 1. dönem örneklemelerinden elde edilmiştir. Amonyum sülfat uygulaması yapılan deneme bitkilerinin N içeriğini tahmin etmek üzere geliştirilen modellerde seçilen dalga boylarının yaklaşık % 54.2 'si 400-700 nm (görünür bölge), % 45.8'i 700-900 nm (yakın kızılötesi bölge) arasında yer almıştır. Hiperspektral algılama yöntemleri ile domates bitkisinin N içeriği amonyum sülfat uygulamasının 1. döneminde görünür bölgede belirlenebildiği görülmüştür.

Şeftali ağaçlarında spektroskopi kullanarak N eksikliği tahmini çalışmasında N için en doğru tahmin 525 nm ve 675 nm dalga boylarında tesbit edilmiştir (Başayığıt, 2017). Bitki çeşidinin değişmesi besin elementlerinin hassas olduğu dalga boyu üzerinde çok fazla değişiklik göstermemiştir. Bunun temel nedeni ise yansımanın görünebilir kızılötesi bölgede daha çok klorofil ve karotinlerden kaynaklanmasıdır (Başayığıt ve ark., 2008).

Domates bitkisinin hiperspektral algılama yöntemleri ile N içeriğinin belirlenmesinde, amonyum nitrat uygulanan bitkilerin spektral yansıma grafiği görünür bölgede daha fazla çalışırken, amonyum sülfat uygulanan bitkilerin ise görünür ve yakın kızılötesi bölgede daha iyi belirlenebildiği görülmüştür. Özellikle 4. dönemde uygulanan amonyum nitrat ve amonyum sülfat uygulamalarının her ikisinde azalan doz artışına bağlı olarak görünür bölgede yansıma yüzdelerini artırdığı, dolayısıyla bu dönemde domates bitkisinin N içeriğinin belirlenebileceği tahmin edilmektedir. Nitekim Özyığıt ve Bilgen (2012), yem bezelyesinde spektral yansıma değerlerinin azot tayininde kullanımı çalışmasında yem bezelyelerinin azot düzeylerinin uzaktan algılama çalışmaları ile tahmin edilebileceğini çalışmalarda

Özellikle görünür bölgelerin dikkate alınması gerektiği bu çalışmayı desteklemektedir.

Tüm mineral besin seviyeleri, yaprak yansımada belirgin değişikliklere neden olmaktadır. Başayığit ve şenol (2009)'da yaptığı çalışmada 400 ile 760 nm arasındaki dalga boylarının besin miktarlarıyla ilişkili olduğunu tespit etmiştir. Genellikle yaşlı yapraklar genç yapraklardan çok daha fazla yansıma özelliğine sahiptir. Mavi (450 nm) ve kırmızı bölgedeki (675 nm) düşük yansıma, klorofil emilim özelliklerinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Ayala-Silva, 2005).



KAYNAKLAR

- Aktaş M, (1995). Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Albayrak, S., (2008). Use of Reflectance Measurements for the Detection of N, P, K, ADF and NDF Contents in Sainfoin Pasture. *Sensors*, 8(11), 7275-7286. <https://doi.org/10.3390/s8117275>
- Albayrak, S., Başayığıt, L. & Türk, M., (2009). Prediction of Quality Variables of Vicia Species in the Field by Reflectance Measurements. *Turkish Journal of Field Crops*, 14(1), 2-14. <https://doi.org/10.1080/01431161003762389>
- Albayrak, S., Başayığıt, L. & Türk, M., (2007). Azotla Gübrelenen Tüylü Meyveli Fiğın N, P ve K İçeriğinin Yakın Kızılötesi Spektrometrik Yöntemle Tahmin Edilebilirliğinin Araştırılması, Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-27 Haziran Erzurum.
- Alpaslan, M., Güneş, A. & İnal, A., (2005). Deneme Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Anonim (2003a). CCRS. <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/>. (Son erişim tarihi: 15.06.2006)
- Anonim (2003b). NASA. <http://rst.gsfc.nasa.gov/Front/tofc.html>. (Son erişim tarihi: 17.04.2019)
- Anonim (2019). Netcad Portal, Bitkisel İndis. <http://portal.netcad.com.tr/display/HELP/Bitkisel+Indis>. (Son erişim tarihi: 18.04.2019)
- Ayala-Silva, T & Beyl, C. A., (2005). Changes in Spectral Reflectance of Wheat Leaves in Response to Specific Macronutrient Deficiency. *Advances in Space Research*, 35, 305–317. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2004.09.008>
- Başayığıt, L., Albayrak, S., Şenol, H. & Akgül, H., (2008). Spektrometre Verileri ile Bitki Besin Elementi İçeriğinin Tahmin Edilebilirliği. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, Konya.
- Basayigit, L. & Senol, H. (2009). Yaprak dökken meyve bahçelerinde bitki besin maddelerinin spektrometre ile öngörülmesi. *Int. J. Chem Tech Res*, 1 (2), 212-224.
- Başayigit, L., Albayrak, S. & Senol, H. (2009). Analysis of VNIR Reflectance for Prediction of Macro and Micro Nutrient and Chlorophyll Contents in Apple Trees (*Malus communis*). *Asian Journal of Chemistry*, 21, 1302-1308.
- Başayığıt, L. & Dedeoğlu, L., (2012). Elma Ağaçlarında Çinko Noksanlığının Görünür Yakın Kızılötesi (VNIR) Spektroskopik Yöntemle Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2), 64-67.

- Başayığıt, L., (2017). Prediction of N Deficiency in Peach Trees Using Environmentally Friendly Techniques. VNIR Spectroscopy, 12th Annual International Symposium on Environment, Athens, 22-25 Mayıs, Greece.
- Bergmann W., (1992). Nutritional Disorders of Plant; Development, Visual and Analytical Diagnosis. Jena (Germany) Gustav Fischer Verlag.
- Bolat, İ. & Kara, Ö., (2017). Bitki Besin Elementleri: Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1), 218-228. <https://doi.org/10.24011/barofd.251313>
- Cangi, R., Erdem, H., Acar, İ., Altıncı, N. & Kılıç, D., (2017). Farklı Azot Gübre Form ve Dozlarının Narince (V. Vinifera) Üzüm Çeşidinde Salamuralık Taze Asma Yaprak Verimine Etkisi. Tüm Tarım ve Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(8), 957-963. <https://doi.org/10.13002/jafag724>
- Chandrasekharan, R. (2005). Optical Properties of Leaves, PHY 598 OS, Final Report.
- Christensen, L. K., Bennedsen, B. S., Jørgensen, R. N. & Nielsen, H. (2004). Modelling Nitrogen and Phosphorus Content at Early Growth Stages in Spring Barley Using Hyperspectral Line Scanning. Biosystems Engineering, 88(1), 19-24. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.02.006>
- Çamoğlu, G., Aşık, Ş. & Genç, L., (2018). Farklı Su Stresi Düzeylerinde Yer Tabanlı Spektral Ölçümler ile Tatlı Mısırın Verim Tahmini. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4, 2, 186-19.
- Dedeoğlu, M., (2011). Elma ve Kiraz Ağaçlarında Çinko Besin Elementi Noksanlığının Görünür Yakın Kızılötesi (VNIR) Spektrometrik Yöntemle Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Dedeoğlu, M. & Başayığıt, L., (2012). Kiraz Ağaçlarında Çinko Noksanlığının Spektral Türev Eğrileri ile Belirlenebilirliği. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 6(1), 26-29.
- Dedeoğlu, M. & Başayığıt, L., (2013). Kiraz Ağaçlarında Çinko Noksanlığının Spektral Türev Eğrileri İle Belirlenebilirliği. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 6 (1), 26-29.
- Dedeoğlu M. & Başayığıt L., (2018). Şeker Pancarı Yaprak Spektral Yansımalarında Meydana Gelen Değişimin Topraklardaki Farklı Seviyede Ağır Metal İçeriklerine Bağlılığının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (2), 36-45.
- Delalieux, S., Somers, B., Verstraeten, W. W., Keulemans, W. & Coppin, P., (2008). Hyperspectral Canopy Measurements Under Artificial Illumination. International Journal of Remote Sensing, 29(20), 6051-6058. <https://doi.org/10.1080/01431160802235837>

- Delwiche, C. C., (1970). The Biosphere. Scientific Amer. Inc. W.H. Freeman, San Fransisco, 223, 136-147.
- Dinç, U., Yeğingil, İ., Peştemalçı, V., Dinç, O. & Kandırmaz, H. M., (2001). Uzaktan Algılamanın Temel Esasları ve Bazı Uygulamalar. Lisans Üstü Yaz Okulu, Ders Notları.
- Duran, C., (2007). Uzaktan Algılama Teknikleri ile Bitki Örtüsü Analizi. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü DOA Dergisi, 13, 45-67.
- Esmaelnejad, L., Ramezanpour, H., Seyedmohammadi, J. & Shabanpour, M., (2015). Selection of a Suitable Model for the Prediction of Soil Water Content in North of Iran. Spanish Journal of Agricultural Research, 13(1), 1202. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2015131-6111>
- Fageria, N. K., (2009). The Use of Nutrients in Crop Plants. , New York. CRC Pres, Florida, Taylor & Francis Group.
- Foth, H. D. & Ellis, B. G., (1988). Soil Fertility. New York. John Wiley and Sons Inc.
- Genç, L., Turhan, H., Demirel, K., Çamoğlu, G., Aşar B. & Saçan, M., (2018). Bitki Örtme Oranının Spektral Filtreler Yardımıyla Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 45(1), 57-64.
- Gezgin, S. & Hamurcu, M., (2006). Bitki Beslemede Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimin Önemi ve Bor ile Diğer Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimler. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(39), 24-31.
- Gitelson, A. & Merzlyak, M. N., (1994). Spectral Reflectance Changes Associated with Autumn Senescence of Aesculus Hippocastanum L. and Acer platanoides L. Leaves. Spectral Features and Relation to Chlorophyll Estimation. Journal of Plant Physiology, 143(3), 286-292. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81633-0](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81633-0)
- Graeff, S., Steffens, D. & Schubert, S. (2001). Use of Reflectance Measurements for The Early Detection of N, P, Mg and Fe Deficiencies in Zea mays L. J. Plant Nutrition. Soil Science. 164, 445-450. [https://doi.org/10.1002/1522-2624\(200108\)164:4<445::AID-JPLN445>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/1522-2624(200108)164:4<445::AID-JPLN445>3.0.CO;2-1)
- Gupta, R. K., Vijayan, D. & Prasad, T. S., (2003). Comparative Analysis of Red-Edge Hyperspectral Indices. Advances in Space Research, 32(11), 2217-2222. [https://doi.org/10.1016/S0273-1177\(03\)90545-X](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(03)90545-X)
- Hart, W. G. (1980) Remote Sensing in Horticulture Proceedings of the International Society of Citriculture (Teksas, ABD). 1978 International Citern Society Poceedings Book. 168-171.
- Howitt, D. & Cramer, D. (2011). Introduction to SPSS statistics in psychology. For version 19 and earlier (Fifth edition). London. Pearson Education Limited.

- Jain, N. & Ray, S. (2007). Use of Hyperspectral Data to Assess the Effects of Different Nitrogen Applications on a Potato Crop. Springer Science+Business Media, 8, 225–239. <https://doi.org/10.1007/s11119-007-9042-0>
- Kacar, B. (1995). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları.
- Kacar, B. & İnal, A. (2008). Bitki Analizleri. Ankara, Nobel Yayınları.
- Kacar, B. & Katkat, A. V., (2009a). Bitki Besleme. Ankara, Nobel Yayınları.
- Kacar, B. & Katkat, A. V., (2009b). Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Ankara, Nobel Yayınları.
- Kantarcı, M. D., (2000). Toprak İlimi. İÜ Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İ Ü Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462.
- Karadağ, K. & Taşaltın, R., (2016). Biber Bitkisinden Alınan Spektral Yansımaların Yapay Sinir Ağları Kullanarak Hastalık Tesbiti. Mühendislik Bilimleri Dergisi. 5, 50-59.
- Karadağ, K., Taşaltın, R., Tenekeci, M. E. & Gümüşçü, A. (2018). Biber İçin Su Stresinin Yapay Öğrenme Yöntemleriyle Spektral Yansımalarından Belirlenmesi. 26. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Konferansı, 2-5 Mayıs, İzmir, 1-4.
- Karaman, M. R., (2012). Bitki Besleme. Ankara, Dumat Ofset.
- Keshavarzi, A., Sarmadian, F., Sadeghnejad, M. & Pezeshki, P., (2010). Developing Pedotransfer Functions for Estimating Some Soil Properties Using Artificial Neural Network and Multivariate Regression Approaches. Proenvironment Promediu, 3, 322-330.
- Kokaly, R. F. & Clark, R. N. (1999). Spectroscopic Determination of Leaf Biochemistry Using Band-Depth Analysis of Absorption Features and Stepwise Multiple Linear Regression. Remote Sens. Environ, 1999(67), 267–287. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(98\)00084-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(98)00084-4)
- Liu, M., Liu, X., Ding, W. & Wu, L., (2011). Monitoring Stress Levels on Rice with Heavy Metal Pollution from Hyperspectral Reflectance Data Using Wavelet Fractal Analysis. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 13, 246-255. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2010.12.006>
- Maktav, D. & Sunar, F. (1991). Uzaktan Algılama-Kantitatif Yaklaşım (Remote Sensing-A Quantitative Approach; Swain/Davis). İstanbul, Hürriyet Ofset.
- Marshak, A., Knyazikhin, Y., Davis, A. B., Wiscombe, W. J. & Pilewskie, P., (2000). Cloud□Vegetation Interaction: Use of Normalized Difference Cloud Index for Estimation of Cloud Optical Thickness. Geophysical Research Letters, 27(12), 1695-1698. <https://doi.org/10.1029/1999GL010993>

- Merzlyak, M. N., Giletson, A. A., Chivkunova, O. B., Solovchenko, A. E. & Pogosyan, S. I. (2003). Application of Reflectance Spectroscopy for Analysis of Higher Plant Pigments. *Russian Journal of Plant Physiology*, 50, 704-710.
- Osbourne, S. L., Schepers, J. S., Francis, D. & Schlemmer, M. R. (2002). Detection of Phosphorus and Nitrogen Deficiencies in Corn Using Spectral Radiance Measurements. *Agronomy Journal*. University of Nebraska Agronomy and Horticulture Department, Agronomy Faculty Publications, 94(6), 1215-1221. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.1215>
- Öngören, S., (2013). Farklı Azot Gübre Formlarının Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşitlerinde Verim ve Kalite Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özkul M., (2013). Biber Bitkisinde Çinko İçeriğinin Hiperspektral Algılama Teknikleriyle Belirlenebilirliğinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özyiğit Y. & Bilgen M., (2011). Yem Bezelyesinde (*Pisum Sativum* L.) Spektral Yansıma Değerlerinin Azot Tayininde Kullanımı (Bursa). Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi. 12-15 Eylül, 1994-1999.
- Özyiğit, Y. & Bilgen M., (2012). Spektral Yansıma Değerlerinin Yem Bezelyesi (*Pisum Sativum* L.)'nde Fosfor Düzeylerinin Belirlenmesi Amacıyla Kullanımı. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25, 53-57.
- Özyiğit Y. & Bilgen M., (2014). Uzaktan Algılama Sistemi Kullanılarak Koyun Yumağı (*Festuca Ovina* L.) Bitkisinde Fosfor ve Potasyum Konsantrasyonlarının Belirlenme Olanakları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29, 63-69. <https://doi.org/10.7161/anajas.2014.29.1.63>
- Peñuelas, J., Gamon, J. A., Fredeen, A. L., Merino, J. & Field, C. B. (1999). Reflectance Indices Associated with Physiological Changes in Nitrogen- and Water-Limited Sunflower Leaves. *Remote Sens. Environ.*, 1994(48), 135-14. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)90136-8](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90136-8)
- Silva, T.A., Beyl, C.A., 2005. Changes Spectral Reflectance of Weath Leaves in Respons to Spesific Makronutrients Deficiency. *Advances in Spaces Research*. COSPAR Publication. 35: 305-317.
- Sims, D. A. & Gamon, J. A., (2002). Relationships Between Leaf Pigment Content and Spectral Reflectance Across a Wide Range of Species, Leaf Structures and Developmental Stages. *Remote Sensing of Environment*, 81(2-3), 337-354. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00010-X](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00010-X)
- Skidmore A., (2002). Görüntüleme Spektrometrisi ve Bitki Örtüsü Bilimi. Springer: Dordrecht, Hollanda, 4, 111-155.

Sönmez, N. K., Aslan G. E. & Kurunç, A., (2014). Farklı Tuz Stresi Altındaki Domates Bitkisinin Spektral Yansıma İlişkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(4), 585-595.

Şenol, S., (1988). Belli Başlı Yeryüzü Objelerinin Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Tanınması, Ders Notları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

Teillet, P. M., Staenz, K. & Williams, D. J., (1997). Effects of Spectral, Spatial, and Radiometric Characteristics on Remote Sensing Vegetation Indices of Forested Regions, *Remote Sensing of Environment*, Volume 61, Number: 1, pp. 139–149(11). [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00248-9H](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00248-9H)

Yıldırım B., Tunçtürk, M., Dede, Ö. & Okut, N., (2005). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)’de Farklı Azot ve Fosfor Dozlarının Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 15(2), 113-117.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Esmâ KARĞI
Doğum Yeri ve Yılı : Isparta, 1981
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : eozcoban@msn.com

Eğitim Durumu

Lisans : SDÜ, Tarım Teknolojisi Toprak Bölümü, 2006

Mesleki Deneyim

Puccinelli Elmataş	2006-2010
MN İlaçlama	2010-2017 (Kısmi zamanlı)
S.S. Yukarı Gökdere Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	2011-2017