



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

**ELMA ve KİRAZ AĞAÇLARINDA ÇİNKO  
NOKSANLIĞININ GÖRÜNÜR YAKIN  
KIZILÖTESİ (VNIR)  
SPEKTORADYOMETRİK YÖNTEMLE  
BELİRLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Mert DEDEOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**

**Temmuz-2011**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Mert DEDEOĞLU tarafından hazırlanan “Elma ve Kiraz Ağaçlarında Çinko Noksanlığının Görünür Yakın Kızılötesi (VNIR) Spektrometrik Yöntemle Belirlenbilirliğinin Araştırılması” adlı tez çalışması 28/07/11 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Sait GEZGİN

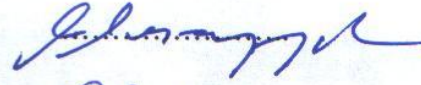
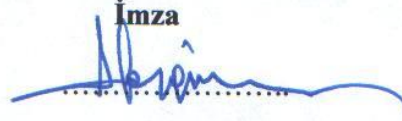
### Danışman

Doç. Dr. Levent BAŞAYIĞIT

### Üye

Prof. Dr. Cevdet ŞEKER

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Bayram SADE  
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2350-YL-10 nolu proje ile desteklenmiştir.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Mert DEDEOĞLU

Tarih:

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS

# ELMA ve KİRAZ AĞAÇLARINDA ÇİNKO NOKSANLIĞININ GÖRÜNÜR YAKIN KIZILÖTESİ (VNIR) SPEKTORADYOMETRİK YÖNTEMLE BELİRLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Mert DEDEOĞLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü  
Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Levent BAŞAYIĞIT  
II. Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hasan Hüseyin ÖZAYTEKİN

2011, 57 Sayfa

Jüri  
Prof. Dr. Sait GEZGİN  
Prof. Dr. Cevdet ŞEKER  
Doç. Dr. Levent BAŞAYIĞIT

Bu çalışmada elma ve kiraz ağaçlarında oluşan Zn noksanlığının görünür yakın kızılötesi yöntemle belirlenebilirliği araştırılmıştır. Çalışma 3 farklı lokasyonda yürütülmüştür. Bu amaçla her lokasyonda sağlıklı elma ve kiraz ağaçları ile birlikte farklı şiddetlerde Zn noksanlığının karakteristik özelliklerini gösteren 15 farklı elma ve kiraz bahçesi seçilmiş, her bahçeden 4 farklı ağaç olmak üzere toplam 120 bitkiden yaprak örnekleri alınmıştır.

ASD FieldSpec HandHeld spektrometre cihazı ile bitki probu (plant probe) aparatı kullanılarak yaprakların spektral yansımaları ölçülmüş, yapraklarda Zn ve klorofil analizleri yanında diğer bitki besin elementi içerikleri belirlenmiştir. Spektral yansıma ölçümleri ile Zn elementi seviyeleri stepwise çoklu lineer regresyon analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. En yüksek  $r^2$  değerli matematiksel tahmin modelleri oluşturulmuştur. Araştırma konusu olan Zn elementinin belirlenmesinde kullanılabilecek dalga boylarının seçilmesi amacıyla spektral eğrilerin türev grafikleri elde edilmiştir. Türev grafiklerinden seçilen 10 dalga boyu ile Zn seviyeleri stepwise çoklu lineer regresyon analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.

Çalışma sonunda; elma ve kiraz ağaçlarında Zn noksanlığının görünür yakın kızılötesi spektroskopik yöntem ile arazi koşullarında tahmin edilebildiği ve Zn seviyesini belirlemede 465, 520, 570, 600, 620, 650, 720, 730, 800 ve 850nm dalga boylarının kullanılabildiği sonucuna varılmıştır. Ancak ekolojik koşullardaki değişimlerin ve farklı tarımsal uygulamaların spektral yansımaları etkilediği belirlenmiştir. Besin elementleri arasındaki interaksiyonlarında araştırılması gereken konular olduğu ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:**Elma, görünür yakın kızılötesi, kiraz, spektrometre, Zn noksanlığı

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

#### **DETECTION OF ZINC DEFICIENCY IN APPLE AND CHERRY TREES BY VISIBLE NEAR INFRARED *SPECTRORADIOMETRY***

**Mert DEDEOĞLU**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
SELÇUK UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞİT  
II. Advisor: Asst. Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÖZAYTEKİN**

**2011, 57Pages**

#### **Jury**

**Prof. Dr. Sait GEZGİN**

**Prof. Dr. Cevdet ŞEKER**

**Assoc. Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞİT**

In this study, determinability of the Zn deficiency in apple and cherry trees was investigated by visible near infrared spectroscopic method. The study was conducted out in 3 different locations. With this aim, 15 different apple and cherry orchards was chosen had normal and Zn deficiency in different intensity in every location and the total 120 leaf samples were taken from 4 different trees of each orchard.

Spectral reflectance of the leaves was measured by the ASD FieldSpec HandHeld spectroradiometer and plant probe, other nutrition also were determined addition to Zn and chlorophyll analysis in the leaves. Spectral reflectance measurements with Zn levels were evaluates by the method of stepwise multiple linear regression analysis. The mathematical prediction models were occurred by the highest  $r^2$  values. Derivate graphics of spectral curves were got with the aim of chose of wave lengths can be used in the determination of Zn. The 10 wave lengths chosen from derivate graphics with Zn levels in leaf specimens were evaluated by the stepwise multiple lineer regression analysis methods.

In the end of study, determinability of Zn deficiency in the apple and cherry trees by the visible near infrared spectroscopic method and usable of 465, 520, 570, 600, 620, 650, 720, 730, 800 and 850 nm wave lengths in the determination of Zn amounts, were found. But, it is determined that the changes in ecological conditions and different agricultural applications effected spectral reflectance. It was put forward that the interactions among of nutrients were also subjects that needed researched.

**Keywords:**Apple, cherry, spectroradiometer, visible near infrared, Zn deficiency

## ÖNSÖZ

Görünür Yakın Kızılötesi yöntem besin elementi eksikliklerinin belirlenmesinde geleneksel laboratuvar analizlerine bir alternatif olarak düşünülmektedir. Bu yöntem arazide uygulanabilen, kısa sürede verilerin alınabildiği, kimyasal madde girdisi olmayan ve halen geliştirilme aşamasındadır. Çalışmada Görünür Yakın Kızılötesi Yöntem ile Zn noksanlığının elma ve kiraz ağaçlarında arazi koşullarında belirlenmesi çalışılmıştır.

Geliştirilmekte olan ve farklı bilim dallarının standart bir metot haline gelebilmesi için üzerinde çalıştıkları bu konuyu bana tez olarak veren ve her konuda yardımcı olan danışman hocam Doç. Dr. Levent BAŞAYIĞIT'e, istatistik analizler ve değerlendirmeler de yardımlarından ötürü değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Özgür KOŞKAN'a, laboratuvar bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen Jeoloji Yüksek Mühendisi Hüseyin ŞENOL'a, arazi çalışmalarında ve laboratuvar analizlerinde vermiş olduğu emeklerden ötürü Ziraat Mühendisi Rabia ERSAN'a, Dr. Hüseyin AKGÜL ve tüm Eğirdir Bahçe Kùltürleri Enstitüsü Bitki Besleme Bölümü çalışanlarına, Süleyman Demirel Üniversitesi ve Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakùltelerindeki diğere öğretim üyelerine, çalışmam esnasında desteklerini esirgemeyen nişanım Özlem KÜÇÜKYAPICI'ya ve değerli aileme teşekkürü borç bilir ve sunarım.

Mert DEDEOĞLU  
KONYA-2011

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	4
2.1 Görünür Yakın Kızılötesi (VNIR) Spektroradyometrik Yöntemle Belirlenebilen Bitki Stres Faktörleri .....	5
2.1.1 Bitki besin elementi noksanlıklarının belirlenmesi.....	6
2.1.2 Su stresi (kuraklık) belirlenmesi .....	11
2.1.3 Tuzluluk stresi belirlenmesi .....	13
2.1.4 Hastalık ve zararlı stresinin belirlenmesi .....	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Araştırma Yeri ve Coğrafik Konum .....	17
3.2. Metot .....	18
3.2.1. Örnekleme bahçelerinin belirlenmesi .....	18
3.2.2. Spektral ölçümler ve yaprak örneklerinin alımı.....	20
3.2.3. Laboratuvar analizleri .....	21
3.2.3.1. Çinko belirlemesi .....	22
3.2.3.2. Azot belirlemesi.....	22
3.2.3.3. Fosfor belirlemesi.....	23
3.2.3.4. Bor belirlemesi .....	24
3.2.3.5. Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum, Demir, Bakır ve Mangan belirlemesi.....	25
3.2.3.6. Klorofil belirlemesi .....	26
3.2.4. Spektral verilerin işlenmesi.....	26
3.2.5. İstatistiksel analizler .....	26
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	28
4.1. Laboratuvar Analizleri.....	28
4.1.1. Çinko (Zn) besin elementi içeriği .....	28
4.1.2. Azot (N) içeriği .....	30
4.1.3. Magnezyum (Mg) içeriği .....	32

4.1.4. Fosfor (P) içeriği.....	33
4.1.5. Demir (Fe) içeriği.....	34
4.1.6. Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Bakır (Cu), Mangan (Mn) ve Bor (B) besin elementi içerikleri.....	34
4.1.7. Klorofil içeriği .....	40
4.2. Spektral Verilerin İşlenmesi.....	41
4.3. İstatistik Analizler .....	44
5. SONUÇLAR.....	50
KAYNAKLAR .....	52
ÖZGEÇMİŞ .....	57



## **SİMGELER VE KISALTMALAR**

### **Simgeler**

nm: Nanometre  
Zn: Çinko  
N: Azot  
P: Fosfor  
K: Potasyum  
Fe: Demir  
Mg: Magnezyum  
Ca: Kalsiyum  
Cu: Bakır  
Mn: Mangan  
B: Bor

### **Kısaltmalar**

EMS: Elektromanyetik spektrumun  
VNIR: Visible near infrared region (Görünür yakın kızılötesi bölge)  
NIR: Near infrared region (Yakın kızıkötesi bölge)  
GPS: Global position system (Küresel konumlandırma sistemi)  
AAS: Atomik absorpsiyon spektrometre  
ADF: Asit deterjan fiberi  
NDF: Nötr deterjan fiberi

## 1. GİRİŞ

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. Bu sistemler geleneksel olarak uygulanmakta olan laboratuvar yöntemlerine bir alternatif olarak gösterilmektedir. Uzaktan algılama bilim ve teknolojisinin ulaştığı son nokta olan hiperspektral ölçüm tekniklerinin en yaygın kullanım şekli ise spektrometrelerdir. Bitkilerin kimyasal kompozisyonlarını belirlemek amacıyla spektrometrik ölçümlerin kullanılabilirliği 1970'li yılların başlangıcından bu yana araştırılmaktadır.

Spektrometre uygulamaları atomların, molekül veya iyonların bir enerji düzeyinden bir diğerine geçişi esnasında tutulan, yansıyan veya yayılan elektromanyetik ışımının ölçülmesi ve matematiksel metotlar ile yorumlanması esasına dayanmaktadır. Spektrometre uygulamaları ise radyometrik kalibrasyonların sağlandığı aygıtlarla yapılmaktadır. Spektrometreler uydu ve diğer uzaktan algılama sensörlerinde olduğu gibi radyans, irradyans, reflektans yada transmisyonun kantitatif ölçümlerine dayanırlar. Burada radyasyon kaynağı olarak güneş ışınları yanında yapay ışıklar da kullanılabilir. Ölçümlerin temel dayanağı ise objelerin elektromanyetik bölgelerde kendilerine özgü bir yansıma değerlerinin bulunmasıdır. Bu yansıma değeri objeye renk, doku, parlaklık ve görünüş gibi özellikleri veren kimyasal yapısından kaynaklanmaktadır (Başayığıt ve ark., 2008).

Spektrometre, elektromanyetik spektrumun (EMS) görünür, yakın ve orta kızılötesi dalga boyu bölgelerini algılama yeteneğine sahip olan bir cihazdır. Bu araçlar yardımıyla ölçülen çeşitli dalga boylarındaki yansıma değerleri ile bitki ve toprak özellikleri arasında bir ilişki bulunduğu yapılan çalışmalar ile bilinmektedir. Bitkilerde daha çok görünebilir yakın kızılötesi bölgede yansıyan enerjinin (VNIR) ölçümünü temel alan bu sistemlerin esasları, bitkilerin yeşil aksamlarından olan yansıma değerleriyle kimyasal kompozisyonları arasındaki ilişkinin çeşitli istatistiksel yöntemlerle tahminine dayanmaktadır.

Bitkiler herhangi bir kaynaktan gelen radyasyonu soğururlar, yansıtırlar, yayırlar ve dağıtırlar (Dinç ve ark., 2001). Bitkiler de her obje gibi tipik yansıma değerlerine sahiptirler. Bitki kompozisyonunda yer alan -CH, -OH, -NH, C=O ve -SH gibi organik yapılarıdaki atomlar arasında bulunan bağların esnemesi ve eğilmeleri

sonucu ortaya çıkan enerji IR bölgede absorbe edilmektedir (Chang ve ark., 2001; Pasquini, 2003; Viscarra Rossel ve ark., 2006). Bunun sonucu olarak görünebilir yakın kızılötesi bölgede (VNIR) belirgin farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar spektrometreler yardımıyla her bir dalga boyu için belirlenmekte ve grafik verileri olarak sunulmaktadır.

Spektrometreler ile dar bant aralıklarında birçok sayısal veri elde edilebilmektedir. Bu cihazlar ile cisimlerin yansıma-dalga boyu eğrileri olarak da bilinen spektraları nanometre seviyesinde ölçülebilmekte, stres altında olan bitkiler ile sağlıklı bitkiler ayırt edilip bazı stres faktörleri belirlenebilmektedir.

Spektrometre ile bitkilerin yeşil aksamalarında yapılan ölçümler özellikle klorofil pigmentinin kimyasal yapısı ile ilişkilendirilmektedir. Bir bitki besin elementi stresi altında ise klorofil üretiminde aksaklık oluşmaktadır. Klorofil üretiminin azalması ile görünür bölgeyi kapsayan klorofil yutma bantlarında daha az yutulma olmakta ve özellikle spektrumun kırmızı bölgesinde daha fazla bir yansıtma meydana gelmektedir. (Maktav ve Sunar, 1991).

Çinko besin elementi de bitkiler için önemli metabolik ve fizyolojik olayları etkileyen, noksanlığı durumunda farklı düzeylerde zararlar meydana getiren mutlak gerekli bir bitki besin elementidir. Çinko birçok enzimin yapısında yer almaktadır ve kimi enzimleri aktive etme yeteneğine sahiptir.

Bu iz elementinin bitkilerde protein ve karbonhidrat metabolizmasında önemli fonksiyonları olduğu gibi biyolojik membranların stabilitesi üzerinde de etkinliği söz konusudur. Çinko noksanlığı durumunda, bitki çeşidine ve noksanlığın derecesine bağlı olarak net fotosentez oranında %50 ile %70 oranında azalma meydana gelmektedir. Bitki klorofil içeriği çinko noksanlığında olağan üstü azalmaktadır (Kacar ve Katkat, 2007). Özellikle meyve ağaçlarında Zn noksanlığında tomurcukların açılması azalmakta, çiçek tutumu yetersizleşmekte ve çiçekler vaktinden önce dökülmektedir. Oluşan meyveler küçük, kötü şekillidirler ve meyve etinde kahverengi lekeler meydana gelmektedir. Yetersiz ve dengeli beslenemeyen bitkiler istenilen nitelikte ürün oluşturamamaktadır (Oktay ve ark., 1998).

Çinkonun bitkiler üzerindeki çok yönlü etkisi nedeniyle bu besin elementiyle beslenme yetersizliği durumunda bitkilerde verim ve ürün kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Buda çinko noksanlığının gözle görülür etkileri ortaya çıkmadan önce belirlenip, erken dönemde tedbirler alınmasının önemini arttırmaktadır.

Bu çalışmada, görünür yakın kıızıltesi spektroyometrik yöntem ile Isparta yöresindeki elma ve kiraz ağaçlarında çinko bitki besin elementi noksanlığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Seçilen ağaçlardan yaprak örneklere alınmış üzerinde spektral ölçümler yapılmış ve aynı yaprak rneklereinin laboratuvar analizleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak çinko besin elementi tayininde kullanılabilir bir matematiksel metot geliştirilmeye çalışılmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Stres terimi insan ve hayvanlar için olduğu gibi bitkiler için de kullanılmaktadır. Bitkilerde insan ve hayvanlar gibi strese girmekte ve bu süre zarfında zarar görmektedir. Doğada birçok biyotik ve abiyotik çevre etmeni bitkilerde strese neden olmaktadır. Abiyotik etmenler de fiziksel ve kimyasal çevre etmenleri olarak iki grup altında toplanmaktadır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Bitkilerde biyotik ve abiyotik çevresel stres etmenleri

Abiyotik Etmenler		Biyotik Etmenler
Fiziksel Etmenler	Kimyasal Etmenler	
Kuraklık	Hava kirliliği	Yabani bitkiler
Sıcaklık	Bitki Besin Elementleri	Böcekler
Radyasyon	Pestisitler	Mikroorganizmalar (virus, bakteri ve mantarlar)
Su Baskını	Toksinler	Hayvanlar
Mekanik Etkiler (rüzgar, kar ve buz örtüsü)	Tuzlar	Hastalıklar
	Toprak çözeltisi pH'sı	

Bitki stresi denildiğinde, biyotik ve abiyotik stres etmenlerinin etkisi altında bitkilerde ortaya çıkan değişimler ifade edilmektedir. Stres önemli fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açmak suretiyle bitkilerde büyümeyi ve gelişmeyi olumsuz şekilde etkilerken üründe nitelik ve niceliğin yitmesine, bitkinin ve bitki organlarının yaşantısını yitirmesine neden olabilmektedir (Kacar ve ark., 2002).

Bitki besin elementi stresi de önemli abiyotik etmenlerden biri olan ve uzun yıllardır araştırmacılar tarafından çalışılan bir konudur. Bitki besin elementi stresi mineral maddelerin eksikliği veya fazlalığı durumunda ortaya çıkabilmektedir. Bitkiler için mutlak gerekli besin elementlerinin eksikliğinde yetersiz beslenme sebebiyle ya da fazlalığında toksik etki nedeniyle stres oluşmaktadır (Kocaçalışkan, 2003). Bitki besin elementi stresi uygulamada “besin elementi noksanlığı” olarak tanımlanmaktadır. Bitki besin elementi içeriklerinin belirlenmesi verimliliğin ölçütü olarak kullanılmaktadır.

Bitkilerin besin elementi veya farklı stres faktörleri içerisinde bulduklarını anlamak her zaman için mümkün değildir. Daha çok bitkide klorozun görüldüğü organların belirlenip yorumlanması arazide pratik olarak uygulanan bir metottur. Ancak klorozun algılanması kişiye göre değişmekte ve klorozun kaynağı kişinin tecrübesine

göre tespit edilebilmektedir. Bitkiler üzerine etki edebilecek stres faktörlerini bitki üzerinde klorozlar meydana gelmeden erken teşhis edebilmek ve bitkiler için metabolik ve fizyolojik olarak kalıcı zararlar vermeden önlemler alıp durdurabilmek bitkisel üretimde önemli bir husustur. Bu sebeplerden bitki stres koşullarının belirlenmesi ve izlenmesi ile ilgili çalışmalar, uzun yıllardan beri yapılmaktadır (Hart, 1980; Curan ve ark., 1995; Wessman, 1994; Marten ve ark., 1989; Norris ve ark., 1976).

## **2.1.Görünür Yakın Kızılötesi (VNIR) Spektrometrik Yöntemle Belirlenebilen Bitki Stres Faktörleri**

Bitkiler de ışınım teorisine uygun olarak herhangi bir kaynaktan gelen radyasyonu absorbe ederler, yansıtırlar, yayarlar veya dağıtırlar (Dinç ve ark., 2001). Buişlemler genellikle bitki yapraklarında gerçekleşir ve hücre duvarından epidermise, hücreler arası boşluktan stomalara her bir yaprak parçası elektromagnetik ışımaya farklı tepkiler gösterirler. Absorpsiyon, özellikle atomlar içindeki elektronların dönme ve açılma hareketlerine bağlı olarak değişmektedir. Elektron yörüngeleri arasındaki geçiş ve çok atomlu moleküllerdeki titreşimsel ve döngüsel hareketler ışık geçişini etkilemektedir (Chandrasekharan, 2005).

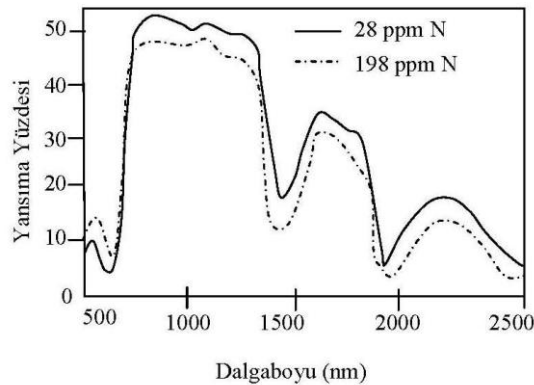
Bitkiler farklı dalga boylarında farklı absorpsiyon ve yansıtma özellikleri gösterirler. Görünür bölge (visible) olarak ifade edilen dalga boyları mavi, yeşil ve kırmızı renklerden oluşmakta ve bunlardan mavi dalga boyları klorofil ve karotenid pigmentleri tarafından, kırmızı dalga boyları ise sadece klorofil pigmenti tarafından soğurulmakta, sadece yeşil renk yansıtılmaktadır. Bununla birlikte bitkiler yeşil görülmektedir. Absorbe edilen dalga boyları ise çoğunlukla fotosentezde kullanılmaktadır. Fotosentez bitki hücresinin dış kısmında yoğunlaşan kloroplastlarda gerçekleşmektedir. Farklı bitki hücresi kısımlarında soğurulan ışık dalga boyları farklılık göstermektedir (Merzlyak ve ark., 2003).

Yapraklarda besin elementi eksiklikleri, su kaybı, yüksek tuzluluk veya hastalık ve zararlılar nedeniyle oluşan kloroz veya diğer belirtiler yaprakların spektral yansımalarında farklılıklar meydana getirmektedir. Özellikle görünebilir yakın kızılötesi bölgede (400-1100 nm) farklı stres koşulları altındaki bitkiler sağlıklı bitkilere göre daha az yansıma göstermektedir (Laudien ve ark., 2003).

Bitki stres faktörleri gerek yansıma gerekse floresans teknikleriyle belirlenebilmektedir. Her iki teknikte de farklı dalga boyları kullanılarak, özellikle mavi/kırmızı (F440/F690) ve mavi/yakın kırmızı (F440/F735) floresan oranları oldukça başarılı bulunmaktadır. Bu yolla yüksek ışık, su ve sıcaklık stresleri ile azot eksikliği, yabancı ot uygulaması ve kırmızı örümcek ve diğer zararlıların oluşturdukları zararların dalga boyu oranlarında yapılacak azaltma veya artırmalarla kolayca tespit edilebildiği görülmektedir. Sonuç olarak sağlıklı ve hastalıklı vejetasyonların belirlenmesinde spektrometrik ölçümlerden faydalanılabileceğine yönelik veriler elde edilmektedir (Lichtenthaler ve ark., 2006)

### 2.1.1. Bitki besin elementi noksanlıklarının belirlenmesi

Bitki besin elementlerinin noksanlığı veya fazlalığı sonucu ortaya çıkan klorozlar doğrudan doğruya bitkilerin spektral yansıma karakteristiklerini etkilemektedir (Dinç ve ark., 2001). Örneğin Şekil 2.1’de görülebileceği gibi farklı azot düzeyleri ile oluşan azot noksanlığı pamuk bitkisinde farklı spektral eğrilerin oluşmasına neden olmaktadır (Thomas ve Gausman, 1966).



Şekil 2.1. Farklı azot düzeylerinde büyüyen pamuk bitkisinin spektral yansıma eğrisi (Thomas ve Gausman, 1966)

Görülebilir dalga boylarında yansıma karakteristiklerinin klorofil miktarı ve mineral içeriği ile doğrudan ilişkili olduğu gerçeği (Jacquemound ve Ustin, 2001), bitkilerdeki besin elementi eksikliklerinin spektral yöntemler ile belirlenebileceği yolunu açmıştır. Bu çalışmalar bitkilerde besin elementi eksikliklerinin analitik olmayan yöntemlerle özellikle de bitkinin hiperspektral yansıma bilgileri kullanılarak tahmin edilebilirliğinin önünü açmıştır.

Yapılan ilk çalışmalarda besin elementi alımının en önemli belirtisi olan klorofil gelişimi üzerine olmuştur. Bütün besin elementi eksiklikleri klorofil azalması ya da deformasyonu şeklinde ortaya çıkmaktadır. Klorofilin yapısında en fazla bulunan besin elementi ise N ve Mg' dur. Bu nedenle N ve Mg eksikliği yansıma değerlerinde çok yüksek artışlara neden olmaktadır. Bu artış %90'lara kadar ulaşmaktadır (Silva ve Beyl, 2005).

Mısırdaki N, P, Mg ve Fe eksikliği 380-390 nm, 430-780 nm, 516-780 nm, ve 540-600 nm dalga boylarında ölçülen spektral yansıma değeri ile başarılı bir şekilde tahmin edilebilmektedir. (Graeff ve ark., 2001).

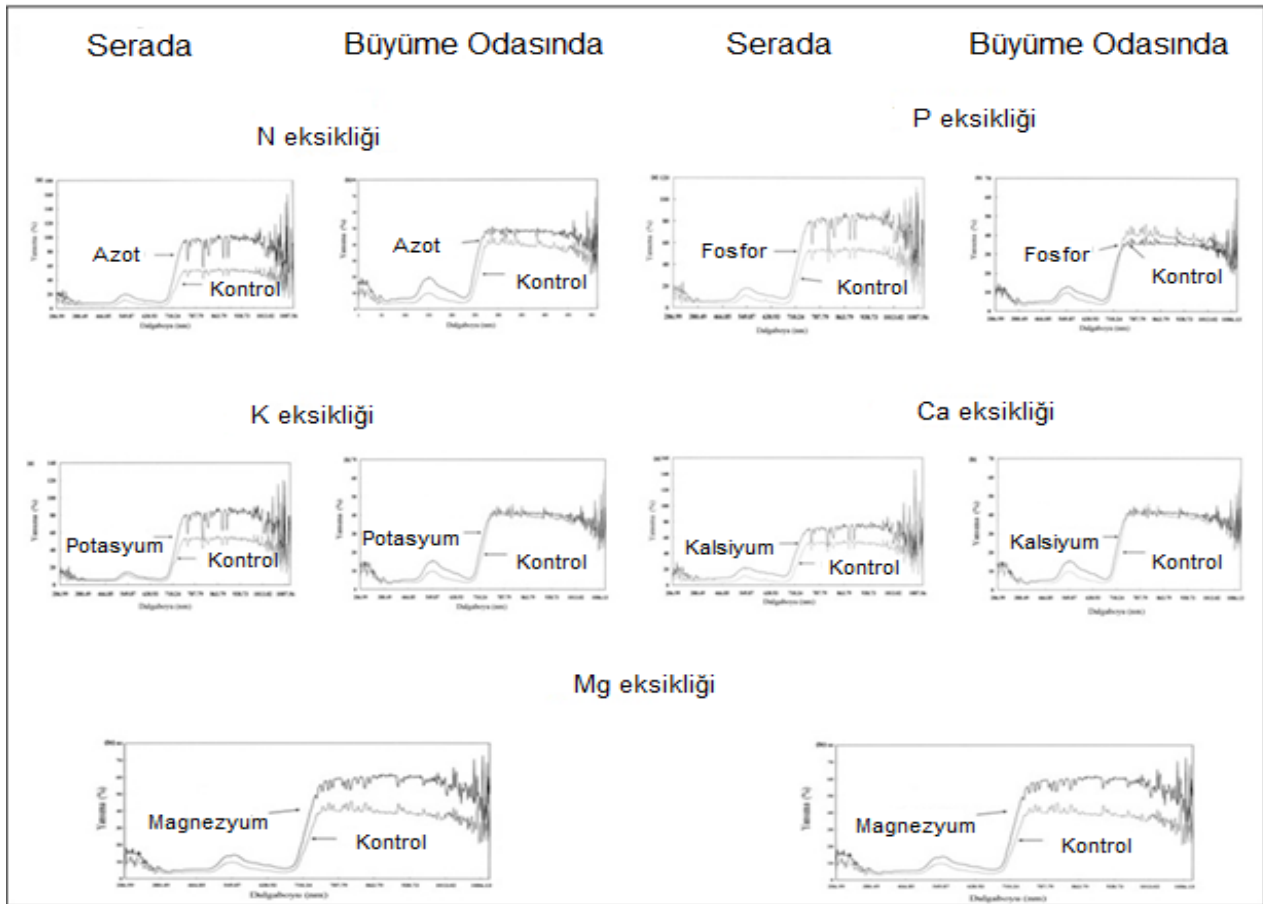
Buğday bitkisinde makro element noksanlığı spektral yansıma değerleri ile belirlenebilmektedir. Bütün besin elementi noksanlıklarında klorofil miktarında azalma gözlenirken N ve Mg eksikliğinde klorofil içeriği olumsuz yönde daha fazla etkilenmektedir (Şekil 2.1.1.2). Yine bütün besin elementlerinin eksikliklerinde görünür bölge (400-700 nm) ve yakın kızılötesi bölgede (700-1100 nm) elde edilen yansıma değerlerinde artış görülmekte ve spektrumun görünür bölgeye doğru kaymasına neden olmaktadır (Silva ve Beyl, 2005).

Spektral yöntemlerle mısırdaki azot ve fosfor eksikliği ile karşılıklı interaksiyonları 350-1000 nm dalga boylarında elde edilen değerler ile belirlenebilmektedir. Büyümenin erken dönemlerinde (6-8. haftalar arası) mavi (440 ve 445 nm) ve yakın kızılötesi (730 ve 930 nm) bölgelerde P stresi tespit edilebilirken, N konsantrasyonu ise tüm büyüme evrelerinde spektrumun kırmızı ve yeşil bölgelerinde oldukça net bir biçimde ortaya konulabilmektedir (Osborn ve ark., 2002).

Şekerkamışında P konsantrasyonu ile spektral yansıma değerleri arasında % 90'ın üzerinde ilişki bulunmakta ve yakın kızılötesi yansıma değerleri kullanılarak hızlı ve doğru bir şekilde yaprak P içeriği belirlenebilmektedir (Chen ve ark., 2002).

Arpa bitkisinde doğal tarla koşullarında hiperspektral ölçüm değerleri kullanılarak N ve P içerikleri 400-750 nm dalga boylarında belirlenebilmektedir. Referans olarak kullanılan kimyasal yöntemler ile elde edilen yansıma değerleri arasında yapılan regresyon analizleri sonucu %81 doğrulukla N ve %74 doğrulukla P içeriği tespit edilebilmektedir (Christensen ve ark., 2004).





**Şekil 2.2.** Serada (a) ve büyüme odasında (b) buğdayda N, P, K, Ca ve Mg eksikliklerinin yansıma değerleri(Silva ve Beyl, 2005)

Dört farklı dozda azot muamelesi ile (önerilen miktarın %0, %50, %100 ve %200'ü) bir pamuk tarlasında (*Gossypium hirsutum* L.cv. Sumian 3) spektral ölçümler ile Kırmızı ve NIR boyundaki enerji ile azot stresi ve büyüme arasındaki ilişkiler irdelenmiştir. FieldSpec FR spektrometre kullanarak pamuk genel örtülerinin 2.3 m üstünden hiperspektral yansıma ölçümleri sonucunda, yansıma şiddeti ile bitkilerdeki azot oranı ve büyüme hızı arasında % 62.4 oranında pozitif ilişki bulunmuştur (Zhao ve ark., 2005).

Üç x üç m parsellere ayrılmış bir patates tarlasında 7 farklı dozda azot uygulaması (0, 50, 100, 150, 200, 250 ve 300 kg/ha) patates bitkisinin yakın kızılötesi bölgede yaprak spektral yansımalarını etkilemekte ve N içeriği spektrometere ile tahmin edilebilmektedir. Azotlu gübre uygulamaları sonucu farklı tarihlerde yapılan ölçümler ile 395-1075 nm dalga boyları arasında spektral yansıma verileri alınmıştır. Farklı azot uygulamalarının yakın kızılötesi bölgede oluşturduğu yansıma değişimlerini

belirlemek için görülebilir yakın kızılötesi bölgede oluşturulan bant gruplarında (500-590, 600-690, 700-790 nm ) step wise diskriminant istatistik analizi yapılmıştır. Analiz sonucu 570, 580, 600, 650, 700, 730 ve 760 nm dalga boylarında meydana gelen spektral değişimler farklı azot uygulamaları neticesinde gerçekleşmektedir. Patates bitkisinin yansıma eğrileri ile toplam N analizi sonuçları stepwise regresyon istatistik analiz metodu ile karşılaştırılarak N besin elementinin 560, 650, 730 ve 760 nm dalga boylarında tahmin edilebildiği sonucu ortaya konulmuştur (Jain ve Ray, 2007).

Arpa bitkisinin N, P ve K besin elementi noksanlıklarında alt yaprak bölgesi farklı spektral tepkiler göstermektedir. Özellikle 450-1000 nm dalga boylarında alt yaprak bölgesinden elde edilen yansıma değerleri kullanılarak bitki besin elementi içerikleri başarılı bir şekilde belirlenebilmektedir (Christensen ve ark., 2004).

Bu çalışmaların yanında bütün yeşil bitkilerde olduğu gibi meyve ağaçlarında da spektrometrik yöntemlerle yaprak mineral içeriklerinin tahmin edilebileceği ve elde edilen yansıma değerleri ile laboratuvar analizleri arasında çok önemli korelasyonların bulunduğu belirtilmektedir (Başayığit ve ark., 2009).

Elma ağaçlarının yaprak makro-mikro besin elementi kapsamı ile klorofil içerikleri görülebilir yakın kızılötesi spektrometrik yöntem ile tahmin edilebilmektedir. Grany smith çeşidi yapraklarından 10 °C açığa sahip optik okuyucuyla yapılan spektral ölçümlerde  $r^2$  belirtme katsayıları N, Mg, Fe, Zn ve klorofil için sırasıyla 0.99, 0.68, 0.94, 0.92 ve 0.98 olarak bulunmuştur. Aynı çeşidin bitki probu kullanılarak yapılan ölçümlerinde ise P, K, Ca, Cu ve Mn içerikleri sırasıyla  $r^2$ ; 0.97, 0.99, 0.71, 0.92 ve 0.99 doğruluk kat sayıları ile tahmin edilebilmektedir. Starkrimson çeşidi yapraklarından 10 °C açığa sahip optik okuyucuyla yapılan spektral ölçümlerde  $r^2$  belirtme katsayıları Ca, Cu, Mn ve klorofil için sırasıyla 0.50, 0.87, 0.99 ve 0.93 olarak belirtilmiştir. Ayrıca bitki probu kullanılarak yapılan spektral ölçümlerde N, P, K, Mg, Fe ve Zn içerikleri yüksek belirtme katsayısı değerleri ile tahmin edilebilmektedir. Golden çeşidinde 10 °C açığa sahip optik okuyucuyla yapılan spektral ölçümlerde  $r^2$  belirtme katsayıları P, K, Mg, Fe and klorofil için sırasıyla 0.83, 0.99, 0.99, 0.94 ve 0.99 olarak belirtilmiştir. Çeşidin bitki probu kullanılarak yapılan ölçümlerinde ise N, Ca, Cu, Mn ve Zn besin elementi içerikleri sırasıyla 0.89, 0.99, 0.99, 0.97 ve 0.99 doğruluk katsayıları ile tahmin edilebilmektedir (Başayığit ve ark., 2009).

Yem bitkileri üzerine yapılan çalışmalarda da yem bitkilerinin biyomoleküler içeriklerinin belirlenmesinde yakın kızılötesi bölgeden elde edilen yansıma değerlerinin

kullanılabileceği belirtilmiştir (Shenk ve ark., 1979). Çalışmalarda yem bitkilerinin protein, selüloz ve lignin gibi kimyasal öğelerinin kesin olarak tahmin edilebildiği bildirilmektedir (Martinello ve ark., 1997; Osborne ve ark., 1993; Fairbrother ve Brink, 1990; Mündel ve Schaalje, 1988; Norris ve ark., 1976). Spektrometrik ölçümlerin yakın kızılötesi (700-900 nm) dalga boylarından elde edilen yansıma değerleri yaprak hücre yapısına bağlı olduğundan dolayı, yem bitkilerinde en önemli kalite ölçütleri olan ham protein, NDF ve ADF içeriklerindeki değişimler bu dalga boylarındaki yansıma verileri ile tahmin edilebilmektedir (Penueles ve Filella, 1998).

Görünebilir yakın kızılötesi spektrometrik yöntem ile baklagil yem bitkilerinin (*Vicia sativa*, *Vicia pannonica* ve *Vicia villosa*) kalite parametreleri olan N, P, K, ADF ve NDF kapsamı tahmin edilebilmektedir. Taşınabilir spektrometre cihazı ve bitki probu kullanılarak yapılan Canopy reflektans (bitki yeşil alan yansıması) ve yaprak yansıma ölçümleri sonucu elde edilen spektral verilerde iki farklı bitki indisi (RNIR/RRed ve NDVI) kullanılmıştır. Doğrusal regresyon analizi ile tahmin modelleri oluşturulmuş ve belirtme katsayıları ( $r^2$ ) elde edilmiştir. Hesaplanan en yüksek belirtme katsayıları NDVI için  $0.45 \leq r^2 \leq 0.80$ , RNIR/RRed için  $0.49 \leq r^2 \leq 0.85$  olarak 760 nm ve 640 nm dalga boylarında bitki probu kullanılarak yapılan ölçümlerde bulunmuştur. Sonuç olarak baklagil yem bitkilerinin kalite parametreleri bitki probu ile alınan spektral yansımalarda her iki bitki indisi de kullanılarak canopy reflektansına göre daha doğru tahmin değerleri verdiği belirtilmiştir (Albayrak ve ark., 2011).

Spektrometre ile ölçülen Canopy reflektans (bitki yeşil alan yansıması) değerlerine uygulanan step wise regresyon analizi sonucu seçilen dalga boyları ile baklagil yem bitkilerinin (*Vicia sativa*, *Vicia pannonica* ve *Vicia villosa*) kalite parametreleri yüksek belirtme katsayıları ile ( $r^2$ ) tahmin edilebilmektedir. Bitkilerin N, P, K, ADF ve NDF içerikleri uygun dalga boyu kombinasyonları seçilerek (440, 550, 640 ve 760 nm) sırasıyla  $r^2$ ; 0.77, 0.79, 0.64, 0.70 ve 0.77 belirtme katsayıları ile tahmin edilebilmektedir. Spektral yansımaların 1. dereceden türevleri alınarak yapılan step wise regresyon analizi sonucu seçilen dalga boyları ile (430, 540, 630 ve 740 nm) yem bitkilerinin N, P, K, ADF ve NDF içerikleri sırasıyla  $r^2$ ; 0.81, 0.83, 0.66, 0.83 ve 0.83 belirtme katsayıları ile tahmin edilebilmektedir (Albayrak ve ark., 2009).

Korunga bitkisinin (*Onobrychis sativa* Lam.) N, P, K, ADF ve NDF içeriklerinin tahmininde canopy reflektans (bitki yeşil alan yansıması) spektral yansıma değerleri ile aynı yansıma değerlerinin 1. dereceden türevlerinin kullanılabildiği ve korunga bitkisinin biokimyasal içeriği ile yansıma değerleri arasında doğrusal bir

ilişkinin varlığı belirtilmiştir. Elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi-kızıl ötesi bölgelerinden seçilen dalga boyları ile oluşturulan basit oranlarla (R780/R650) N, P, K, ADF ve NDF içerikleri  $0.61 \leq r^2 \leq 0.80$  doğruluk değerleri ile tahmin edilebilmektedir. Ayrıca 1. Dereceden türevi alınan verilerde seçilen dalga boylarında (R760/R630) oluşturulan oranlar ile N, P, K, ADF ve NDF içerikleri  $0.70 \leq r^2 \leq 0.84$  doğruluk değerleri ile tahmin edilebilmektedir. Spektral yansıma verileri üzerinde uygulanan step wise regresyon analizi sonucunda seçilen dalga boylarında (460, 550, 650 ve 780 nm) N, P, K, ADF ve NDF içerikleri sırasıyla  $r^2$ ; 0.85, 0.85, 0.78, 0.81 ve 0.74 belirtme katsayıları ile tahmin edilebilmektedir. Aynı spektral verilerin 1. Dereceden türevi alınarak yapılan step wise regresyon analizi sonucunda seçilen dalga boylarında (440, 530, 630 ve 760 nm) N, P, K, ADF ve NDF içerikleri sırasıyla  $r^2$ ; 0.87, 0.91, 0.83, 0.93 ve 0.86 belirtme katsayıları ile tahmin edilebilmektedir. Sonuç olarak, korunga bitkisinden alınan canopy reflektans verilerinden seçilen dalga boylarında bitki indis uygulamalarının, yem bitkisinin kalite parametrelerini tahmin etmede uygulanabilir olduğu belirlenmiştir (Albayrak, 2008).

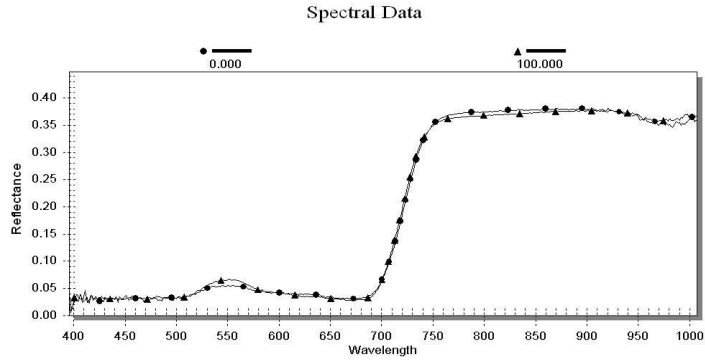
### 2.1.2. Su stresi (kuraklık) belirlenmesi

Su stresi, toprakta bitki için yararlı su miktarının azalması, gerekli sulamanın yapılmaması ve evapotranspirasyon ile su kaybının sürmesi durumunda ortaya çıkan bir stres etmenidir. Bitkilerde su stresinin uzun sürmesi ve yeterince su alımının gerçekleşmemesi bitkinin ölümüne sebep olabilmektedir.

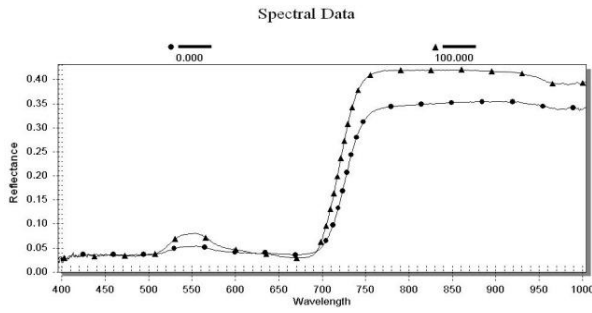
Su stresinde toprağın su içeriğine bağlı olarak bitki yaprağının ve kök bölgesinin su potansiyeli düşmektedir (Slatyer, 1967). Hücre büyümesi azalmakta ve bunun sonucu olarak bitki yaprakları küçülüp, fotosentez ürünleri azalmaktadır (Pugnaire ve ark., 1994). Su stresi altında kloroplastın iç yapısındaki deformasyon nedeniyle klorofil miktarı ve işlevi azalmaktadır, protein ve klorofil sentezi de olumsuz yönde etkilenmektedir (Paljakoff ve Mayber, 1981; Havaux ve ark., 1988).

Bu olumsuzlukların bitki yaprakları üzerindeki etkisi yansılarda farklılıklar ortaya çıkartmaktadır. Bitkideki su eksikliğinden ileri gelen stresin spektrometrik ölçümler ile tespit edilebilirliği birçok araştırmacı tarafından çalışılmaktadır (Seelig ve ark., 2007). Bitkideki su noksanlığının elektromanyetik spektrumun bazı dalga

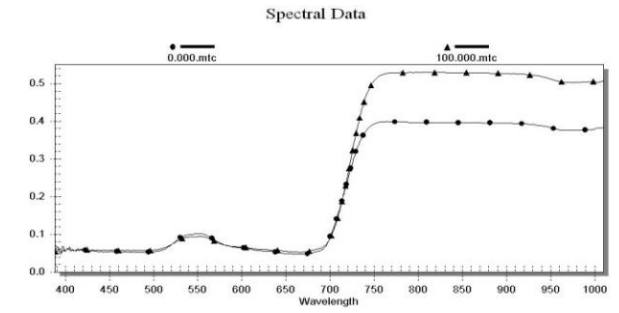
boylarında, su eksikliği olmayan bitkilere göre farklılıklar gösterdiği bilinmektedir (Penuelas ve ark., 1997; Genç ve ark., 2008).



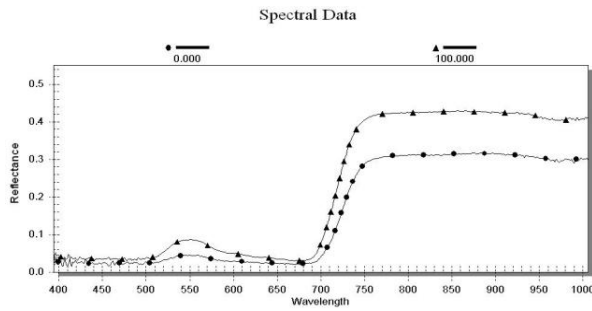
Şekil 2.3. Su stresi oluşturulmadan önce yansıma eğrileri



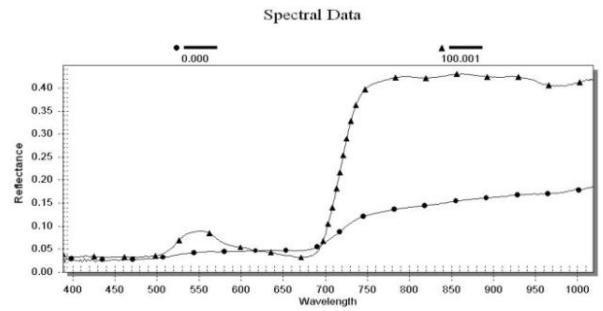
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 2.4(a,b,c,d). Spektral yansıma eğrilerinin değişimi

Su stresi, bitkiler üzerinde semptomlar ortaya çıkmadan önce belirlenebilmektedir. Bitki yansıma değerlerinde görünür bölgede farklılıklar meydana gelmeden önce (Şekil 2.3) kızılötesi bölgede değişimler gözlenmesi (Şekil 2.4-a,b,c,d), bitkilerin stres koşulları altında olduğunu göstermektedir. Ayrıca su absorpsiyon

bantlarındaki emilimin kaybolması bitkiler üzerinde su stresinin spektral yöntemler ile belirlenebildiğini göstermektedir (Genç ve ark., 2008).

### 2.1.3. Tuzluluk stresi belirlenmesi

Önemli bir stres etmeni olan toprak tuzluluğu bitkilerde büyüme ve gelişmeyi, ürünün nitelik ve niceliğini olumsuz şekilde etkileyebilmektedir. Özellikle kurak-yarı kurak bölgelerde yetiştirilen kültür bitkilerinde görülen tuzluluk stresi çeşitli faktörlerin tek başına veya birlikte etkileri sonucu ortaya çıkmaktadır (Kalaji ve Pietkiewicz, 1993). Toprak tuzluluğu, evaporasyon ile su yitmesinin yüksek bunun yanında yağışın az olduğu bölgelerde tuzların yıkanamaması sonucu toprak yüzeyinde birikmesiyle oluşmaktadır. İyi drenaj yapılmadan uygulanan sulama teknikleri de tuzluluğun artışına neden olan önemli bir etmendir. Yine su geçirgenliğinin az ve taban suyu seviyesinin yüksek olması durumunda da tuz birikimi olabilmektedir. Tuzlu taban suyunun yukarı hareketi ve yüzey suyunun buharlaşarak yitmesi genelde topraklarda  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ , ve  $\text{K}^{+2}$  katyonları ile  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ve  $\text{CO}_3^-$  anyonlarının birikmesine neden olmaktadır (Kacar ve ark., 2002).

Toprak tuzluluğu bitkiler üzerinde esas olarak su alımını engelleyen toplam tuz etkisi veya ozmotik etki ya da bitkideki fizyolojik olayları etkileyen toksik iyon etkisi olarak kendisini gösterir. (Bresler ve Charter, 1982; James ve ark., 1982). Toprakta yeterli su bulunmasına rağmen bitkinin bu suyu alamaması ve solmaya başlaması ozmotik etkinin en önemli göstergesidir. Buna fizyolojik kuraklıkta denilmektedir. Bunun sonucunda hormonal dengede yıkım meydana gelmekte, kloroplastlar ve hücredeki diğer yapılar önemli derece zarar görmekte, fotosentez azalmakta, nitrat alımının düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekte ve bitki boyu kısalmaktadır. Bu durum bitkide çiçek sayısını azaltmakta ve verimin azalmasına neden olmaktadır (Sahrma, 1980; Robinson ve ark., 1983; Çakırlar ve Topçuoğlu 1985).

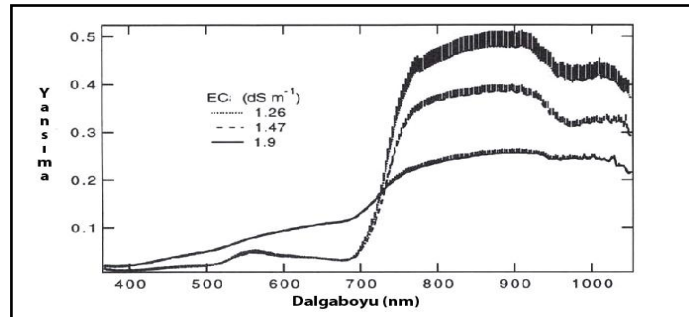
Çeşitli seviyelerde tuz stresi altındaki bitkilerin spektral yansıma özellikleri klorofil miktarlarındaki azalmaya bağlı olarak görülebilir bölgede tipik yansıma farklılıkları oluşturmaktadır. Klorofil kaybı görülebilir bölgede yapraklardan olan yansımanın artmasına neden olmaktadır (Gang ve ark., 2008).

Tuzlu topraklarda yetişen bitkilerde görülebilir yakın kızılötesi dalga boylarında ışığın soğurumu daha az olduğundan yansıma daha fazladır. Tuzlu topraklarda yetişen

pamuk bitkisinde klorofil pigmenti azalması sonucugörülebilirdalga boylarındayansıma normal pamuk bitkisine göre fazla olmaktadır. Kızılötesi bölgesinde de yansıma normale göre daha fazla ve soğurulma daha az meydana gelmektedir (Fitzgerald, 1972).

Tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerin yapraklarında birim alanda belirlenen klorofil miktarının, kontrol bitkilerinde belirlenen klorofil miktarından %73 düzeyinde daha az olduğu belirtilmektedir(Dowton ve ark., 1985). Bu bitkilerde toplam klorofil miktarı içerisinde tuz stresinde klorofil-a'nın daha fazla etkilendiği ve parçalandığı saptanmıştır. Tuzlu koşullarda bitkilerde klorofil miktarının azalması klorofil parçalayan klorofilaz enzim aktivitesinin artmasına bağlı olarak açıklanmıştır (Rao, 1981).

Görülebilir yakın kızılötesi bölgede üç farklı EC değerine (1.26, 1.47, 1.9 ds/m)sahip sulama suyu ile arpa bitkisi üzerinde oluşturulan tuzluluk stresinin bitki yansımasına etkisi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Tuz konsantrasyonu yüksek (EC 1.9 ds/m) sulama suyu ile yetiştirilen arpa bitkisinin elektromagnetik spektrumun görünür yakın kızılötesi bölgelerinde (400-1100 nm) yansıma değerleri artış gösterirken konsantrasyon seviyesi azaldıkça yansıma değerlerinde azalış belirlenmektedir. (Penuelas ve ark., 1997) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5.Üç farklı tuz seviyesinde (EC olarak ölçülmüş) arpa bitkisine ait spektral yansıma eğrileri

#### 2.1.4. Hastalık ve zararlı stresinin belirlenmesi

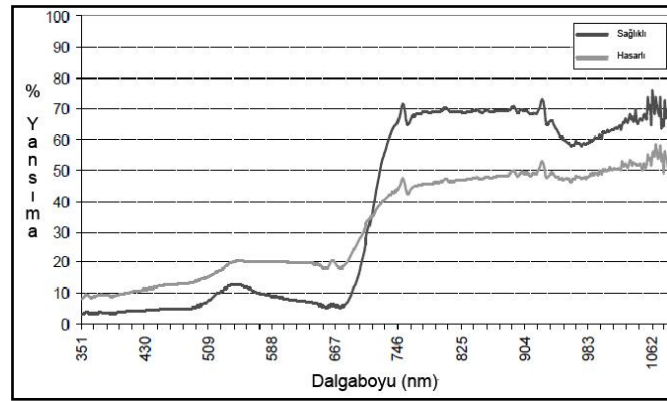
Bitkilerinde insanlar ve hayvanlar gibi çeşitli mikroplar tarafından sağlıkları bozulabilir ve bu duruma “parazitizm” denilmektedir. Parazitizm sonucunda da hastalıklar meydana gelmektedir. Hastalıklar bundan başka, ortamda toksinlerin varlığı veya besin yetersizliği gibi sebeplerden de ortaya çıkabilir (Kocaçalışkan, 2003).

Bakteri, mantar ve virüs gibi organizmalardan hastalıklar meydana gelebildiği gibi bazı böcek ve solucanlarda parazitizm etkisi yaratabilmektedir. Organizmaların yapraklar üzerine bıraktıkları salgılar veya daha büyük canlıların fiziksel olarak

yaptıkları hasarlar patojenlerin bitkilere bulaşmasında önemli bir etmendir. Ayrıca bazı patojen mikroorganizmalar ve böcekler bitki hormonlarına eş değer maddeler üretebilirler ve böylece şiddetli hormon dengesizliği ile karakteristik semptomlar oluştururlar (Kocaçalışkan, 2003).

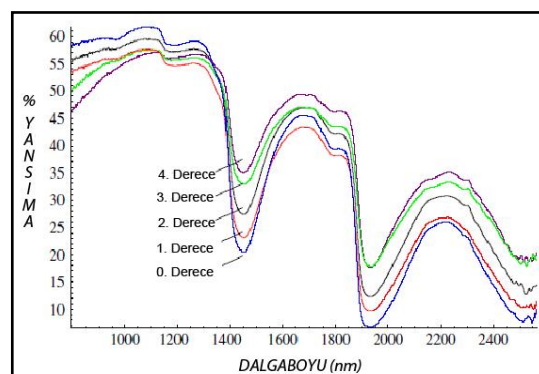
Çeşitli bitki hastalıklarının spektrometrik yöntemler ile belirlenmesi mümkündür. Ausmus ve Hilty (1972) çeşitli virüs türlerinin mısır bitkisi üzerine etkisini araştırmışlardır. Görülebilir dalga boylarında hastalıklı bitkiler ile normal bitkiler arasında yansıma yönünden bir fark görülmezken, yakın kızılötesi dalga boylarındaki yansımanın önemli farklılıklar gösterdiğini belirlemiştir.

Şekerpancarı hastalıklarının belirlenmesinde ise sağlıklı bitkilerde 550 nm dalga boyunda oluşan yansıma değişiminin (peak) hastalıklı bitkilerde oluşmadığını ve 750-900 nm dalga boylarında ise “*betae*” ile enfekte olmuş hastalıklı bitkilerde daha az yansıma oluştuğu belirtilmektedir (Laudien ve ark 2003) (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Sağlıklı ve hastalıklı şeker pancarında yansıma değerleri

Domates yapraklarında oluşan tırtıl zararının şiddeti yakın kızılötesi spektroskopisi ile 5 sınıfa ayrılabilmiştir. Zarar sınıfları arasında 800-1100 nm, 1450 nm ve 1900 nm dalga boylarında oldukça belirgin yansıma farklılıkları belirlenmiştir (Şekil 2.7)(Xu ve ark., 2007).





**Şekil 2.7.** Domates yapraklarında farklı düzeylerde tırtıl zararının yansıma değerleri

Yapılan çalışmalar bitkilerin hastalık ve zararlı stresleri altında yansıma karakteristiklerinin değiştiğini ve bu değişimlerin daha çok bitki biyokütlesinden kaynaklandığını göstermektedir. Bunun sebebi ise bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı fizyolojik cevaplar vermesinden kaynaklanmaktadır (Kocaçalışkan, 2003).

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

### 3.1. Araştırma Yeri ve Coğrafik Konum

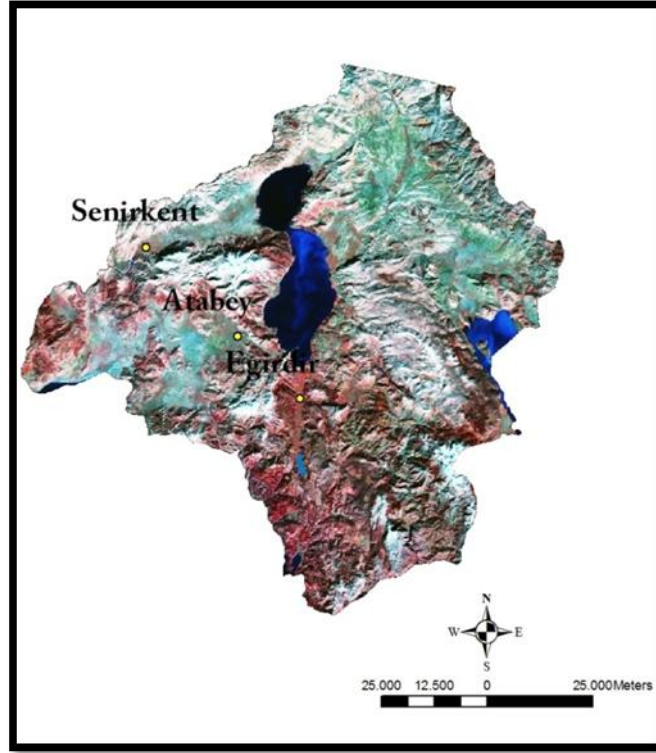
Isparta ılıman iklim meyveleri bakımından önemli bir üretim bölgesidir. Özellikle elma ve kirazda bu önem daha belirgindir. Zira Türkiye elma üretiminin %21,3 ve kiraz üretiminin %5'i Isparta'da gerçekleşmektedir. (Anonim, 2008 ).

Isparta ili Akdeniz Bölgesinin batı bölümünde ve iç kesiminde yer almaktadır. Göller Bölgesi'nin merkezi konumundadır. İl; 30<sup>0</sup> 20' ve 31<sup>0</sup> 33' dakika doğu boylamları ile 37<sup>0</sup> 18' ve 38<sup>0</sup> 30' kuzey enlemleri arasındadır. Yüz ölçümü 8.933 km<sup>2</sup>'dir. Isparta doğudan Konya'nın Beyşehir, Doğanhisar ve Akşehir ilçeleri, kuzeyden Afyon'un Çay, Şuhut, Dinar ve Dazkırı ilçeleri, batıdan Burdur'un Ağlasun ve Bucak ilçeleri, güneyden ise Antalya'nın Serik ve Manavgat ilçeleri ile komşudur (Anonim, 2010).

Isparta İli Akdeniz iklimi ile Orta Anadolu iklimi arasındaki geçiş bölgesinde yer almaktadır. Bu sebeple il sınırları içinde her iki iklimin özellikleri de görülür. İlin yaylalık kesimleri ovalık alanlara göre daha soğuktur. Meteorolojik araştırmalara göre, Isparta'nın iklim yapısı, soğuk yarıkara iklim tipi olarak belirlenmiştir. İlin Akdeniz'e yakın olan güney bölgesinde Akdeniz ikliminin özelliği gözlenir. Yazları sıcak ve kurak, kışlar ilin kuzey bölümlerine göre ılık ve yağışlı geçer. Kuzeydoğuya gidildikçe karasal iklim özellikleri kendini gösterir. Kuzey bölgelerde kışlar daha soğuk geçer ve daha az yağış alır (Anonim, 2010). Şekil 3.1'de çalışma alanının konumu yer almaktadır.

Isparta yöresinde bulunan elma bahçelerinin verimlilik durumlarının yaprak analizleriyle belirlenmesi amacıyla Eğirdir, Gelendost, Yalvaç, Senirkent, Uluborlu, Keçiborlu ve Atabey ilçelerinde iki yıl süreyle incelenen yaprak örneklerinde en fazla Zn noksanlığının görüldüğü ve örneklerin %80'inde bu noksanlığın bulunduğu belirtilmiştir (Erdal, 2005).

Bu çalışmada bitki türü olarak elma ve kirazın seçilme nedeni bölgede potansiyeli ve ekonomik değerinin yüksek olması, besin elementi olarak çinkonun seçilme nedeni ise bölgede elma ve kiraz bahçelerinde Zn eksikliğinin fazlaca görülmesidir.



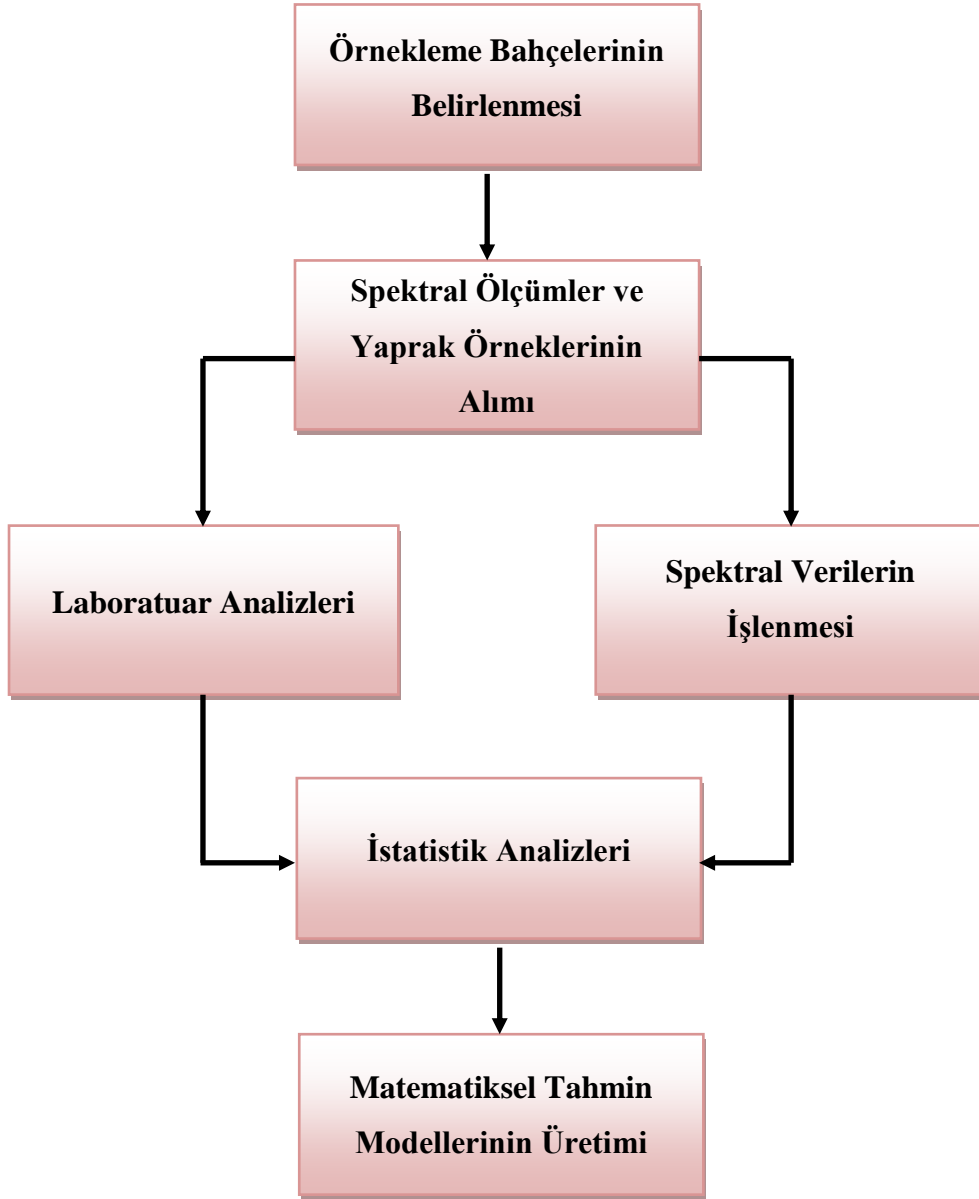
Şekil 3.1. Isparta ili işlenmiş uydu verisi ve örnekleme yapılan ilçeler

## 3.2. Metot

### 3.2.1. Örnekleme bahçelerinin belirlenmesi

Araştırmada öncelikle çalışmanın yürütüleceği meyve bahçelerinin belirlenmesi için Isparta ilinde elma ve kiraz tarımının yoğun olarak yapıldığı Eğirdir, Gelendost, Uluborlu, Senirkent ve Atabey ilçelerinde ön etüt çalışmaları yapılmıştır. İlçelerde çinko noksanlığının karakteristik özelliklerini gösteren bahçeler ve ağaçlar belirlenmiştir. Arazide noksanlık görülen bölgelere ait koordinatlar el GPS'i kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışma 6 temel aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; Örnekleme bahçelerinin belirlenmesi, spektral okumalar ve yaprak örneklerinin alımı, laboratuvar analizleri, spektral verilerin işlenmesi, istatistik analizler ve matematiksel tahmin modellerinin üretimidir. Şekil 3.2'de çalışmaya ait akış şeması yer almaktadır.



Şekil 3.2. Çalışmaya ait akış şeması

Çinko besin elementi noksanlığının gözle görülebilir etkilerinin belirlendiği bölge bahçelerindeki ağaçlarda (Senirkent, Atabey, Eğirdir) spektral ölçümler ve yaprak örneklemeleri yapılmıştır. Örnekleme yapılan yaprakların seçiminde tam güneş ışınına maruz kalmış olmasına, ana dallar ya da gövdenin büyüme ucunun hemen altında ve generatif döneme geçiş aşamasında gelişimini yeni tamamlamış olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca örnekleme ağaçlarının uzun süreli iklimsel ve/veya beslenme stresine maruz kalmamış olmasına, mekanik ya da biyolojik zararlı barındırmamasına, kenar sıralarda yer almamasına, gölgede bulunmamasına ve gelişimini tamamlamış olmasına dikkat edilmiştir. Örnekleme ve ölçme çalışmaları bölgede meyve ağaçlarının örneklenmesinde uygun bir zaman olan ve henüz gübreleme işlemlerinin uygulanmadığı 26-27-28 Temmuz 2010 tarihlerinde yapılmıştır. Çalışmada her türden 15 farklı bahçede 4 farklı ağaçtan örnekleme yapılmıştır. Bu plan dahilinde 60 kiraz ve 60 elma olmak üzere toplam 120 bitki örneğinde çalışma yürütülmüştür. Kloroz etkilerinin belirlenmesi ve temsil gücünün istatistiki olarak yeterli olması nedeniyle her bir ağaçtan sapsarı ile beraber 20-30 arası yaprak örneği alınmıştır (Kacar ve İnal, 2008).

### 3.2.2. Spektral ölçümler ve yaprak örneklerinin alımı

Spektral ölçümler bahçelerde ve canlı yaprak örnekleri üzerinde yapılmıştır. Spektral ölçümlerin alınmasında taşınabilir ASD FieldSpec HandHeld spektrometre cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.3). Spektral yansımalar 325-1075 nm (1 nm aralıkla 750 bant) dalga boyları arasında bitki probu (plant probe) kullanılarak (Şekil 3.4), her ağaçtan 3 tekerrürlü olarak diz üstü bilgisayar aracılığıyla ölçülmüştür. Cihazın kalibrasyonunda, her 10 okumada bir defa, beyaz referans olan alçı bloktan imal edilmiş spektralon kullanılmıştır. Ölçümler tam güneş ışınına maruz kalmış genç sürgünlerin orta yapraklarından ve uygun büyüklüğe ulaşmış olan yapraklardan yapılmıştır. Seçilen yaprakların uç kısımlarından, yaprak ayasının (lamina) ışık kaynağını görecektir şekilde damar aralarına yerleştirilmesi ile spektral yansımalar toplanmıştır. Yaprakların seçiminde biyolojik ya da mekanik zararlı etkisi olmamasına dikkat edilmiştir. Aynı zamanda yaprakların üzerinde toz, zirai ilaç kalıntısı vb. kirletici unsurlar olmamasına özen gösterilmiştir. Verilerin bilgisayar ortamında toplanmasında ve işlenmesinde *ASD RS3* ve *ViewSpec Pro* yazılımları kullanılmıştır. Ölçüm yapılan yapraklar örnek poşetlerine koyulup analizler için soğutucu dolaplar içerisinde laboratuara gönderilmiştir.



Şekil 3.3. ASD FieldSpec HandHeld Spektrometre



Şekil 3.4. ASD FieldSpec HandHeld Spektrometre Bikki Probu (Plant Probe)

### 3.2.3. Laboratuvar analizleri

Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin kimyasal analizleri Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü ve E.B.K.A. Enstitüsü laboratuvarlarında yapılmıştır. Yaprak örnekleri yıkama, kurutma, öğütme ve son kurutma aşamalarından geçirilerek kimyasal analizlere hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Yaprak örneklerinde sadece araştırma konusu olan Zn besin elementinin durumu değil N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn ve B içerikleri de belirlenmiştir. Ayrıca besin eksikliğinin morfolojik görünüm ile yansıma arasında ilişkilere yön vermesi amacıyla klorofil analizi de yapılmıştır.

### 3.2.3.1. Çinko belirlemesi

Çinko besin elementi belirlemesi “Atomik Absorpsiyon Spektrometrik Yöntemi” ile yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Çinko elementi belirlemesinin yapılacağı öğütülmüş ve kurutulmuş yaprak örneklerinden 2 gr. tartılmıştır ve porselen krozeler içerisine konulmuştur. Krozeler kül fırın içerisinde 550 °C ‘ de 1 gece bekletildikten sonra soğumaya bırakılmıştır. Yakma işlemi tamamlanan örneklere 5-10 mL saf su ile 2 mL konsantre hidroklorik asit ilave edilmiştir. Örnekler 100 mL’lik ölçü balonuna süzölmüştür ve ölçü balonu saf su ile derecesine tamamlanmıştır. Örneğin yakıldığı yöntem ile aynı kimyasal maddeler kullanılarak numunesiz bir şekilde her örnekleme tarihinden elma ve kiraz bitkileri için tanık çözeltileri hazırlanmıştır. Örnekler okumaya hazır hale getirildikten sonra Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazının kalibrasyonu için standart kurveler hazırlanmıştır. Standart kurveler 0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 ve 2.0 mg L<sup>-1</sup> Zn içerecek şekilde hazırlanmıştır. AAS cihazında Zn oyuk katot lambası seçilerek, 213.9 nm dalga boyunda hava asetilen alevi uygulanmıştır. Standart çözeltilerin okumaları tamamlandıktan sonra kalibrasyon grafiği çizdirilmiştir. Kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra örnek ve tanık okumaları yapılmıştır. Okumalar mg kg<sup>-1</sup> değeri olarak kaydedilmiştir, şahit okumaları örnek okumalarından çıkartılmıştır ve aşağıdaki formüle göre bitkide toplam Zn içeriği hesaplanmıştır.

$$\text{Zn, mg kg}^{-1} = A_t \times F$$

$A_t$  = Tanık çözeltilisine göre düzeltilmiş bitki çözeltilisine ait AAS’deki okuma için standart kurveden bulunan Zn miktarı, mg kg<sup>-1</sup>

F = Sulandırma faktörü (100/2)=50

% Zn = Zn, mg kg<sup>-1</sup>/10000

### 3.2.3.2. Azot belirlemesi

Azot elementi belirlemesi “Modifiye Edilmiş Kjeldahl Yaş Yakma Yöntemi” ile yapılmıştır (Kacar,1995). Azot tayini için öğütülmüş ve kurutulmuş yaprak örneklerinden 0,25 gr tartılarak Kjeldahl tüplerine konulmuştur ve üzerlerine 6 mL % 2,5’luk Salisilik-Sülfürik asit (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ilave edilmiştir. Tüp içerisine 3 mL

hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve bir tane kjeldahl tablet eklenmiştir. Aynı şekilde her 10 örnek için bir tane numunesiz şahit hazırlanmıştır. Yakma setine alınan tüpler  $380\text{ }^\circ\text{C}$ 'de, içerisindeki çözeltiler şeffaf bir renk alıncaya kadar yakılmıştır. Daha sonra tüpler yakma setinden alınarak soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan tüpler içersine 50 mL saf su ilave edilmiştir ve destilasyon ünitesine geçilmiştir. Destilasyon ünitesinde tüplere 40 mL % 40 lık 10 N Sodyum Hidroksit (NaOH) ilave edilmiştir. Destilasyon ünitesinin diğer tarafına, içerisinde 25 mL % 2'lik borik asit ve indikatörden (Bromkresol yeşili-metil kırmızısı) birkaç damla eklenmiş erlenmayer yerleştirilmiştir. Örnek setleri hazırlandıktan sonra destilasyon cihazı 5 dk. süre ile çalıştırılmıştır. Destilasyon sonucunda erlenmayerdeki pembe renk yeşile dönmüştür ve titrasyon aşamasına geçilmiştir. Titrasyon aşamasında erlenmayer içerisindeki çözelti büret içerisinde bulunan 0,1 N Sülfürik Asit ( $H_2SO_4$ ) ile yeşil'den pembe renge dönünceye kadar titre edilmiştir. Çözeltinin pembe renge dönmesi için harcanan  $H_2SO_4$  miktarı kaydedilmiştir. Aynı işlemler diğer örnekler ve şahitler içinde uygulanmıştır ve aşağıdaki denklem ile % azot miktarı hesaplanmıştır.

$$\%N = \frac{(T - B) \times N \times 1,4}{S}$$

- T : Örnek için sarf edilen  $H_2SO_4$  miktarı (mL)  
 B : Şahit için sarf edilen  $H_2SO_4$  miktarı (mL)  
 N :  $H_2SO_4$  'ün Normalitesi  
 S : Analizde kullanılan örnek miktarı (gr)  
 1,4 : Sabit katsayı

### 3.2.3.3. Fosfor belirlemesi

Fosfor elementi belirlemesi "Vanadomolibdofosforik Sarı Renk Yöntemi" ile yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Fosfor tayini için öğütülmüş ve kurutulmuş yaprak örneklerinden 0,5 gr tartılmıştır ve porselen krezeler içersine konulmuştur. Krezeler kül fırın içerisinde  $550\text{ }^\circ\text{C}$  ' de 1 gece bekletildikten sonra soğumaya bırakılmıştır. Yakma işlemi tamamlanan örnekler 100 mL'lik ölçü balonlarına süzölmüştür ve son hacimleri saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan süzüklerden 5 mL çekilerek 50 mL'lik ölçü balonlarına konulmuştur. Ölçü balonlarına çözelti hacmi yaklaşık 40 mL olacak şekilde saf su eklenmiştir, son olarak çalkalayarak 5 mL Barton çözeltisi ilave edilmiştir ve balonlar arı su ile derecesine tamamlanmıştır. Spektrofotometre cihazının



kalibrasyonu için standart kurveler hazırlanmıştır. Standart kurveler 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 ve 15 mg L<sup>-1</sup> P içerecek şekilde hazırlanmıştır. Elde edilen renkli çözeltilerin ışık absorpsiyonları 430 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometre cihazında belirlenmiştir. Kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra örneklerin 430 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometre’de ışık absorpsiyonu belirlenmiştir ve bitkide toplam P miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$P, \text{ mg kg}^{-1} = S_t \times F$$

$S_t$  = Tanık çözeltilisine göre düzeltilmiş bitki çözeltilisine ait spektrofotometredeki okuma için standart kurveden bulunan P miktarı, mg kg<sup>-1</sup>

F = Sulandırma faktörü (100/0.5) x (50/5)=2000

% P = P, mg kg<sup>-1</sup>/10000

### 3.2.3.4. Bor belirlemesi

Borelementi belirlemesi “Quinalizarin Spektrofotometrik Yöntemi” ile yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Bor tayini için öğütülmüş ve kurutulmuş yaprak örneklerinden 0.5 gr tartılmıştır ve porselen krozeler içersine konulmuştur. Krozeler kül fırın içersinde 550 °C ‘ de gri-beyaz kül elde edilinceye kadar bekletildikten sonra soğumaya bırakılmıştır. Krozeler soğutulduktan sonra üzerine 5 mL 0.36 N sülfürik asit çözeltisi ilave edilmiştir. Bir süre bekledikten sonra üstte toplanan berrak çözeltilerden 1 mL alınmıştır ve deney tüplerine konulmuştur. Üzerine 10 mL quinalizarin-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ilave edilmiştir. Deney tüplerinin ağızları kapatılıp 1 saat yavaş bir şekilde çalkalanmıştır. Oda sıcaklığına gelene değin (yaklaşık 2 saat) bekletilmiştir ve örnekler spektrofotometre cihazında okumaya hazır hale getirilmiştir. Spektrofotometre cihazının kalibrasyonu için standart kurveler hazırlanmıştır. 50 mL’lik ölçü balonlarına sırasıyla bir seri standart bor çalışma çözeltisinden 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5 ve 20 mL konulmuştur. Ölçü balonları saf su ile derecelerine tamamlanmıştır. Bir seri deney tüpüne 50 mL’lik ölçü balonlarında hazırlanan çözeltilerden 1’er mL konulmuştur. Üzerlerine 10 mL quinalizarin-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ilave edilmiştir. Deney tüplerinin ağızları kapatılıp 1 saat yavaş bir şekilde çalkalanmıştır. Oda sıcaklığına gelene değin (yaklaşık 2 saat) beklenmiştir ve standart bor çözeltileri spektrofotometre cihazında okumaya hazır hale getirilmiştir. Spektrofotometre cihazı 620 nm dalga boyuna ayarlanmıştır standart bor çözeltilerinin okuması ile kalibrasyon işlemi yapılmıştır.

Kalibrasyon işleminden sonra örnek okumaları gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki formüle göre bitkide toplam B içeriği hesaplanmıştır.

$$B, \text{ mg kg}^{-1} = S_t \times F$$

$S_t$  = Tanık çözeltisine göre düzeltilmiş bitki çözeltisine ait Spektrofotometre' deki okuma için standart kurveden bulunan B miktarı,  $\text{mg kg}^{-1}$

F = Sulandırma faktörü  $(5/0.5) \times (11/1) = 110$

% B =  $B, \text{ mg kg}^{-1} / 10000$

### 3.2.3.5. Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum, Demir, Bakır ve Mangan belirlenmesi

K, Ca, Mg, Fe, Cu ve Mn besin elementlerinin belirlenmesi bitki örneklerine kuru yakma metodunun uygulanması ile "Atomik Absorpsiyon Spektrometrik Yöntemi" ile yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Besin elementlerinin tayini için öğütülmüş ve kurutulmuş yaprak örneklerinden 0.5 gr tartılmıştır ve porselen krezeler içerisine konulmuştur. Krezeler kül fırın içerisinde  $550 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ' de 6-8 saat bekletildikten sonra soğumaya bırakılmıştır. Yakma işlemi tamamlanan örnekler 10 mL'lik seyreltik asit çözeltisi (300 ml HCl + 100 ml HNO<sub>3</sub> + 1 L safsu ) ile karıştırılarak dipte kalan kısmın çözülmesi sağlanmıştır. Daha sonra kroze içerisindeki süspansiyonlar 50 ml'lik ölçü balonlarına süzölmüştür ve son hacimleri saf su ile çizgisine tamamlanmıştır. Hazırlanan süzükler AAS cihazında okumaya hazır hale getirilmiştir. Örneklerin yakıldığı yöntem ile aynı kimyasal maddeler kullanılarak numunesiz bir şekilde tanık çözeltileri hazırlanmıştır. Tanık çözeltilerinin ve süspansiyonlarının okuma işlemi Varian AA240 FS model AAS cihazında yapılmıştır. Okumaların  $\text{mg kg}^{-1}$  değeri olarak kaydedilmiştir ve aşağıdaki formüle göre bitkide toplam besin elementi içerikleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$\text{Bitki Besin Elementi, mg . kg}^{-1} = \text{AAS Okuma Değeri, mg kg}^{-1}, \times F$$

F = Sulandırma faktörü

% Bitki Besin Elementi =  $\text{Bitki Besin Elementi , mg kg}^{-1} / 10000$

### 3.2.3.6. Klorofil belirlemesi

Klorofil a, klorofil b ve klorofil a+b miktarları Arnon (1949)'a göre belirlenmiştir. Yaprak dokularındaki klorofil pigmentinin belirlenmesi için elma ve kiraz ağaçlarından alınan örneklerde tek yapraktan 3 tekerrür elde edilecek şekilde çalışılmıştır. Örnekleme tarihleri ile aynı gün yapraklardan alınan 0,1 gr örnek küçük parçacıklara ayrılmıştır ve 5 mL % 80'lik aseton ilavesi ile porselen kap ve tokmak yardımıyla öğütülmüştür. Öğütülen örnekler 10 mL'lik santifüj kaplarına aktarılmıştır ve % 80'lik aseton ile derecesine tamamlanmıştır. Santifüj cihazında 3000 devirde 5 dakika çökelme işlemi yapılan örneklerin absorbansları klorofil-a ve klorofil-b için 645-663 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometre cihazında okunmuştur. Okunan absorbans değerleri aşağıdaki formül ile işleme sokulmuş ve klorofil-a ile klorofil-b değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{mg klorofil a / g doku} = [ 12,7 (D663) - 2,69 (D645) ]$$

$$\text{mg klorofil b / g doku} = [ 22,9 (D645) - 4,68 (D663) ]$$

### 3.2.4. Spektral verilerin işlenmesi

Spektral verilerin işlenmesine öncelikle yapraklarda yapılan spektrometre ölçümleri sonucu elde edilen yansıma değerlerinin ortalamaları alınarak başlanmıştır. Böylelikle her bir bitkiye ait 1 tane yansıma eğrisi elde edilmiştir. Ölçümler sonucu yansımalarda meydana gelen değişimlerin vurgulanması ve ileriki dönemlerde bant (dalga boyu) seçimi yapmak amacıyla verilerin 1.dereceden türevleri alınmıştır. Bu sayede yeni veriler üretilip bant aralıkları daraltılmıştır.

### 3.2.5. İstatistiksel analizler

Araştırmada ele alınan bitkilere ait spektral veriler ve laboratuvar analizi sonucu elde edilen Zn elementi seviyeleri çoklu karşılaştırma testi olan stepwise çoklu lineer regresyon analiz yöntemiyle *Minitab 15* istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Değişkenlerin (dalga boylarının) azaltılmasıyla farklı dalga boyu kombinasyonları kullanılarak en fazla 6 bantta ve azalan bant sayılarıyla en yüksek  $r^2$  değerli matematiksel tahmin modelleri oluşturulmaya çalışılmıştır. Ayrıca klorofil pigmenti ile Zn besin elementi arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek amacıyla *Minitab*

*15* istatistik paket programı kullanılarak kolerasyon analizleri yapılmıştır. Çinko besin elementi ile ilişkili bant yada bant kombinasyonlarının belirlenmesi amacıyla türev verilerinden seçilen dalga boyları ile Zn besin elementi seviyeleri çoklu karşılaştırma testi olan stepwise çoklu lineer regresyon analiz yöntemiyle *Minitab 15* istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Laboratuvar Analizleri

Yaprak örneklerine ait laboratuvar analizleri sonucu elde edilen besin elementi seviyeleri Jones ve ark., (1991)'na göre değerlendirilmiştir (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.1.** Elma ve Kiraz Ağaçlarının Noksan, Yeterli ve Fazla Besin Elementi Seviyeleri ( Jones ve ark., 1991)

	ELMA			KİRAZ		
	Noksan	Yeterli	Fazla	Noksan	Yeterli	Fazla
<b>N, %</b>	1.07-1.89	1.9-2.60	2.70-3.00	1.80-1.99	2.1-3.00	> 3.00
<b>P</b>	0.10-0.13	0.14-0.40	> 0.40	0.08-0.15	0.16-0.50	> 0.50
<b>K</b>	1.00-1.49	1.50-2.00	> 2.00	1.50-2.49	2.50-3.00	> 3.00
<b>Ca</b>	<1.20	1.20-1.60	> 1.60	1.00-1.99	2.00-3.00	> 3.00
<b>Mg</b>	0.20-0.24	0.25-0.50	> 0.50	0.20-0.29	0.30-0.80	> 0.80
<b>S</b>	< 0.20	0.20-0.40	> 0.40	< 0.20	0.20-0.40	> 0.40
<b>B, ppm</b>	20-24	25-50	> 50	18-19	20-100	> 100
<b>Cu</b>	4.00-5.00	6.00-50	> 50	3.00-4.00	5-50	> 50
<b>Fe</b>	40-49	50-300	> 300	60-99	100-250	> 250
<b>Mn</b>	20-24	25-200	201-300	20-39	40-200	> 200
<b>Mo</b>	0.05-0.10	>0.10		0.05-0.10	>0.10	
<b>Zn</b>	15-19	20-100	> 100	15-19	20-50	> 50

Laboratuvar analizlerinin değerlendirilmesine öncelikle klorofil pigmenti ve çinko besin elementi içerikleri ile başlanılmıştır. Ardından klorofil pigmentinin yapısında da bulunan azot ve magnezyum içerikleri değerlendirilmiştir. Son olarak çinko ile etkileşime girebilen fosfor ve demir içerikleri değerlendirilmiştir. Laboratuvar analizleri yapılan diğer bitki besin elementlerinin (K, Ca, Cu, Mn ve B) yalnızca noksanlıklarının olup olmadığını belirleme amacıyla yapılmıştır.

#### 4.1.1. Çinko (Zn) besin elementi içeriği

Yaprak örneklerine ait çinko besin elementi içerikleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çalışılan bölge bahçelerinin tamamında farklı seviyelerde Zn noksanlığı tespit edilmiştir. Araştırma konusu olan bitkilerin %63'ünde Zn noksanlığı tespit edilmiştir. Bu oran elma ağaçlarında %52, kiraz ağaçlarında %75 olarak belirlenmiştir.

Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinde yapılan laboratuvar analiz sonuçlarına göre bölge bahçelerinde en düşük Zn içeriği Senirkent ilçesinde belirlenmiştir. Kiraz örneklemelerinde en düşük  $7\text{mg kg}^{-1}$ , elma örneklemelerinde ise en düşük  $7.79\text{ mg kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Senirkent ilçesini Zn besin elementi noksanlığı yönünden Atabey ilçesi takip etmektedir. İlçedeki kiraz ağaçlarında en düşük Zn içeriği  $10.34\text{ mg.kg}^{-1}$ , elma ağaçlarında  $9.72\text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Çinko noksanlığının diğer bölgelere göre daha az görüldüğü Eğirdir ilçesinde ise kiraz ağaçlarında en düşük Zn içeriği  $11.01\text{ mg. kg}^{-1}$ , elma ağaçlarında  $18.55\text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü 60 elma örneğinin 31 tanesinde ve 60 kiraz örneğinin 45 tanesinde Zn noksanlığı görülmüştür.

**Çizelge 4.2.** Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinde yapılan çinko(Zn) besin elementi tayini sonuçları

Örnekleme Tarihi	Elma Zn mg kg <sup>-1</sup>				Kiraz Zn mg kg <sup>-1</sup>			
26.07.2010 Senirkent	001	50.10	011	10.25	001	63.29	011	7.81
	002	42.15	012	8.25	002	105.4	012	12.87
	003	39.77	013	7.79	003	57.10	013	7.76
	004	9.23	014	7.93	004	76.46	014	9.99
	005	26.02	015	19.45	005	69.90	015	10.18
	006	18.15	016	11.98	006	13.71	016	13.21
	007	11.57	017	11.42	007	12.25	017	11.93
	008	10.53	018	14.38	008	12.43	018	11.54
	009	12.35	019	16.57	009	7.00	019	24.98
	010	13.81	020	11.70	010	10.10	020	53.50
27.07.2010 Atabey	001	14.89	011	11.54	001	14.51	011	10.65
	002	14.46	012	11.58	002	13.07	012	15.08
	003	9.72	013	16.66	003	13.16	013	10.34
	004	10.35	014	12.85	004	25.88	014	10.81
	005	10.82	015	28.45	005	13.09	015	10.68
	006	22.54	016	23.04	006	12.47	016	12.04
	007	16.97	017	29.03	007	11.09	017	14.42
	008	18.67	018	29.04	008	19.64	018	11.83
	009	16.90	019	16.62	009	11.98	019	14.43
	010	15.33	020	16.25	010	31.49	020	17.10
28.07.2010 Eğirdir	001	25.39	011	91.36	001	17.46	011	17.12
	002	35.36	012	54.94	002	27.90	012	12.98
	003	50.37	013	59.20	003	22.58	013	11.01
	004	41.70	014	67.80	004	16.70	014	11.36
	005	56.68	015	70.79	005	20.02	015	21.03
	006	22.28	016	52.58	006	13.49	016	12.80
	007	28.35	017	92.20	007	20.56	017	11.14
	008	27.52	018	94.78	008	13.66	018	11.59
	009	18.55	019	74.14	009	13.47	019	12.02
	010	20.65	020	89.70	010	18.58	020	17.88

#### 4.1.2. Azot (N) içeriği

Bölge bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin azot (N) analizi sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Sınır değerler ve birkaç noksanlık düzeyleri dışında N seviyeleri yeterli bulunmuştur. Çalışılan 120 bitki örneğinin yalnızca 11 tanesinde (~%10) sınır değerler ile birlikte N noksanlığı belirlenmiştir. Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinde yapılan laboratuvar analiz sonuçlarına göre bölge bahçelerinde en düşük N içeriği Senirkent ilçesinde belirlenmiştir. Elma örneklemelelerinde en düşük %1.54, kiraz örneklemelelerinde ise en düşük %1.66 olarak bulunmuştur. Atabey ilçesinde yapılan örneklemeleler de en düşük N içeriği elma ağaçları için %1.73, kiraz ağaçları için %1.94 olarak belirlenmiştir. Her iki tür için de Eğirdir bölgesinde yapılan örneklemelelerde N noksanlığı belirlenmemiştir. Yapılan çalışmalar da azot bitki besin elementi eksikliğinde yansıma değerlerinde çok yüksek artışlar meydana geldiği belirtilmiştir. Bunun nedeni azotun klorofil pigmentinin yapısında en fazla bulunan element olmasındandır. Azot noksanlığının derecesine göre yansımalaradaki artış %90’lara kadar ulaşmaktadır (Silva ve Beyl, 2005;Jain ve Ray, 2007;Başayığıt ve ark., 2009). Araştırmada azot ve çinko noksanlığının birlikte görüldüğü örnekler Çizelge 4.4’de gösterilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü bölge bahçelerinde N noksanlığının kısmi olarak görülmesi ve N bitki besin elementi ile Zn bitki besin elementi arasında bilinen bir etkileşimin olmaması nedeniyle araştırma örneklemelelerinde belirlenen N seviyelerinin Zn noksanlığının belirlenmesinde bir kıstas olamayacağı anlaşılmıştır.

**Çizelge 4.3.** Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin azot (N) besin elementi sonuçları

Örnekleme Tarihi	Elma N (%)				Kiraz N (%)			
26.07.2010 Senirkent	001	1.54	011	2.17	001	2.21	011	2.18
	002	2.04	012	2.21	002	1.95	012	2.28
	003	2.26	013	1.79	003	2.28	013	2.22
	004	2.30	014	2.05	004	2.14	014	1.66
	005	2.30	015	1.82	005	2.21	015	2.10
	006	2.06	016	2.52	006	2.31	016	2.29
	007	1.80	017	2.36	007	2.30	017	2.35
	008	1.99	018	2.45	008	2.05	018	2.16
	009	2.16	019	2.31	009	2.26	019	1.96
	010	2.29	020	2.56	010	2.43	020	2.03
27.07.2010 Atabey	001	2.22	011	1.97	001	2.72	011	2.11
	002	2.62	012	2.24	002	2.57	012	2.59
	003	2.04	013	2.43	003	2.61	013	2.32
	004	1.73	014	2.33	004	2.22	014	2.45
	005	1.98	015	2.27	005	2.15	015	2.78
	006	3.04	016	1.89	006	2.36	016	2.08
	007	2.53	017	2.40	007	2.04	017	2.10
	008	2.54	018	2.16	008	2.35	018	2.06
	009	2.52	019	2.03	009	2.17	019	2.09
	010	2.59	020	2.02	010	2.20	020	1.94
28.07.2010 Eğirdir	001	2.53	011	2.41	001	2.50	011	2.07
	002	2.63	012	2.64	002	2.43	012	2.25
	003	2.20	013	2.41	003	2.61	013	2.41
	004	2.39	014	2.52	004	2.39	014	2.35
	005	2.62	015	2.74	005	2.64	015	2.24
	006	2.10	016	2.52	006	2.48	016	2.13
	007	1.98	017	2.54	007	2.38	017	2.42
	008	1.97	018	2.30	008	2.29	018	2.44
	009	2.24	019	2.35	009	2.04	019	2.26
	010	2.37	020	2.25	010	2.17	020	2.31

**Çizelge 4.4.** Azot ve çinko noksanlığının birlikte görüldüğü örneklerin laboratuvar analiz sonuçları.

Örnekleme Tarihi ve Yeri	Örnek No	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	N (%)
26.07.2010 Senirkent	Kiraz 14	9.99	1.66
	Elma 7	11.57	1.80
	Elma 13	7.79	1.79
27.07.2010 Atabey	Kiraz 20	17.10	1.94
	Elma 4	10.35	1.73



#### 4.1.3. Magnezyum (Mg) içeriği

Bölge bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin magnezyum (Mg) analizi sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çalışılan bölge bahçelerinin laboratuvar analiz sonuçlarına göre Mg noksanlığı görülmemiştir. Bu nedenle Mg elementine bağlı klorofil deformasyonu ya da eksikliği belirlenmemiştir.

Erdal, (2005) Isparta yöresi elma bahçelerinin yaprak besin elementi konsantrasyonlarını belirlediği çalışmada yörede Mg noksanlığının olmadığını belirtmiştir. Araştırmanın sonuçları bu bilgi ile örtüşmektedir.

**Çizelge 4.5.** Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin magnezyum (Mg) besin elementi sonuçları

Örnekleme Tarihi	Elma Mg (%)				Kiraz Mg (%)			
26.07.2010 Senirkent	<b>001</b>	0.36	<b>011</b>	0.40	<b>001</b>	0.66	<b>011</b>	0.40
	<b>002</b>	0.50	<b>012</b>	0.33	<b>002</b>	0.70	<b>012</b>	0.39
	<b>003</b>	0.35	<b>013</b>	0.29	<b>003</b>	0.64	<b>013</b>	0.45
	<b>004</b>	0.43	<b>014</b>	0.35	<b>004</b>	0.66	<b>014</b>	0.30
	<b>005</b>	0.53	<b>015</b>	0.31	<b>005</b>	0.79	<b>015</b>	0.47
	<b>006</b>	0.32	<b>016</b>	0.35	<b>006</b>	0.46	<b>016</b>	0.53
	<b>007</b>	0.37	<b>017</b>	0.37	<b>007</b>	0.64	<b>017</b>	0.62
	<b>008</b>	0.38	<b>018</b>	0.38	<b>008</b>	0.49	<b>018</b>	0.30
	<b>009</b>	0.38	<b>019</b>	0.35	<b>009</b>	0.42	<b>019</b>	0.58
	<b>010</b>	0.29	<b>020</b>	0.36	<b>010</b>	0.46	<b>020</b>	0.54
27.07.2010 Atabey	<b>001</b>	0.45	<b>011</b>	0.52	<b>001</b>	0.58	<b>011</b>	0.64
	<b>002</b>	0.56	<b>012</b>	0.58	<b>002</b>	0.60	<b>012</b>	0.69
	<b>003</b>	0.49	<b>013</b>	0.48	<b>003</b>	0.56	<b>013</b>	0.75
	<b>004</b>	0.25	<b>014</b>	0.52	<b>004</b>	0.57	<b>014</b>	0.59
	<b>005</b>	0.47	<b>015</b>	0.65	<b>005</b>	0.62	<b>015</b>	0.63
	<b>006</b>	0.40	<b>016</b>	1.16	<b>006</b>	0.68	<b>016</b>	0.63
	<b>007</b>	0.47	<b>017</b>	0.89	<b>007</b>	0.85	<b>017</b>	0.55
	<b>008</b>	0.43	<b>018</b>	0.72	<b>008</b>	0.91	<b>018</b>	0.53
	<b>009</b>	0.49	<b>019</b>	0.74	<b>009</b>	0.70	<b>019</b>	0.55
	<b>010</b>	0.48	<b>020</b>	0.78	<b>010</b>	0.80	<b>020</b>	0.61
28.07.2010 Eğirdir	<b>001</b>	0.41	<b>011</b>	0.37	<b>001</b>	0.51	<b>011</b>	0.53
	<b>002</b>	0.41	<b>012</b>	0.43	<b>002</b>	0.55	<b>012</b>	0.54
	<b>003</b>	0.44	<b>013</b>	0.42	<b>003</b>	0.49	<b>013</b>	0.56
	<b>004</b>	0.35	<b>014</b>	0.35	<b>004</b>	0.52	<b>014</b>	0.57
	<b>005</b>	0.36	<b>015</b>	0.42	<b>005</b>	0.51	<b>015</b>	0.47
	<b>006</b>	0.32	<b>016</b>	0.42	<b>006</b>	0.68	<b>016</b>	0.70
	<b>007</b>	0.36	<b>017</b>	0.53	<b>007</b>	0.67	<b>017</b>	0.66
	<b>008</b>	0.34	<b>018</b>	0.46	<b>008</b>	0.63	<b>018</b>	0.84
	<b>009</b>	0.36	<b>019</b>	0.39	<b>009</b>	0.73	<b>019</b>	0.56
	<b>010</b>	0.30	<b>020</b>	0.48	<b>010</b>	0.64	<b>020</b>	0.58

#### 4.1.4. Fosfor (P) içeriği

Bölge bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin Fosfor (P) analizi sonuçları Çizelge 4.6' da verilmiştir.Örnekleme yapılan türlerin laboratuvar analizleri sonucunda bitkilerin P içeriğinin %95 oranında yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü bölge bahçelerinde en düşük P seviyeleri Senirkent ve Atabey ilçelerindeki elma ağaçlarında sırasıyla %0.12 ve %0.13 olarak yalnızca 2 örnekte belirlenmiştir. Eğirdir ilçesinden alınan elma yapraklarında fosfor noksanlığı görülmemiştir. Kiraz yapraklarının laboratuvar analiz sonuçlarına göre P noksanlığı yalnızca Senirkent ilçesinde (%8) belirlenmiştir. Bölgede en düşük fosfor içeriği % 0.13 olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada araştırma konusu olan bitkilerde fosfor noksanlığı dışında, fosfor elementinin yüksek miktarda olması durumunda meydana gelen çinko etkileşimi değerlendirilmiştir.Yapılan araştırmalara göre bitkilerde optimum düzeyler üzerinde fosfor bulunması çinko noksanlığı oluşturabilmektedir (Gezgin ve Hamurcu, 2006).

Çizelge 4.6. Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin fosfor (P) besin elementi sonuçları

Örnekleme Tarihi	Elma P (%)				Kiraz P (%)			
26.07.2010 Senirkent	001	0.33	011	0.14	001	0.19	011	0.15
	002	0.23	012	0.17	002	0.19	012	0.19
	003	0.17	013	0.12	003	0.18	013	0.19
	004	0.18	014	0.20	004	0.20	014	0.13
	005	0.17	015	0.14	005	0.15	015	0.25
	006	0.16	016	0.17	006	0.33	016	0.30
	007	0.19	017	0.16	007	0.25	017	0.27
	008	0.16	018	0.17	008	0.48	018	0.13
	009	0.15	019	0.18	009	0.22	019	0.37
	010	0.17	020	0.19	010	0.22	020	0.28
27.07.2010 Atabey	001	0.13	011	0.42	001	0.24	011	0.30
	002	0.19	012	0.29	002	0.25	012	0.20
	003	0.16	013	0.43	003	0.31	013	0.18
	004	0.19	014	0.22	004	0.29	014	0.19
	005	0.20	015	0.22	005	0.26	015	0.28
	006	0.24	016	0.22	006	0.27	016	0.35
	007	0.19	017	0.20	007	0.21	017	0.41
	008	0.20	018	0.18	008	0.25	018	0.41
	009	0.24	019	0.19	009	0.20	019	0.28
	010	0.20	020	0.19	010	0.21	020	0.37
28.07.2010 Eğirdir	001	0.28	011	0.17	001	0.26	011	0.17
	002	0.26	012	0.23	002	0.39	012	0.18
	003	0.18	013	0.22	003	0.29	013	0.18
	004	0.43	014	0.30	004	0.25	014	0.21
	005	0.25	015	0.25	005	0.26	015	0.19
	006	0.19	016	0.26	006	0.17	016	0.23
	007	0.30	017	0.38	007	0.20	017	0.22
	008	0.31	018	0.31	008	0.18	018	0.21
	009	0.22	019	0.25	009	0.20	019	0.19
	010	0.23	020	0.31	010	0.19	020	0.19

Araştırma bulgularına göre bitkilerin fosfor içerikleri çinko besin elementi üzerinde antagonistik etki yaratacak düzeyde bulunmamıştır.

#### **4.1.5. Demir (Fe) içeriği**

Bölge bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin toplam demir (Fe) analizi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Örnekleme yapılan türlerin laboratuvar analizleri sonucunda Fe bitki besin elementi seviyeleri kiraz ağaçlarında değişkenlik gösterirken elma ağaçlarında Fe noksanlığı belirlenmemiştir. Kiraz ağaçlarında en düşük Fe içeriği ( $64.57 \text{ mg kg}^{-1}$ ) Senirkent ilçesinde belirlenmiştir. En çok demir noksanlığı görülen bölge ise Atabey ilçesidir. Araştırma konusu olan kiraz ağaçlarının %59’unda Fe noksanlığı tespit edilmiştir. Bu oran Senirkent ilçesinde %55, Atabey ilçesinde %80 ve Eğirdir ilçesinde %20 olarak bulunmuştur.

Gezgin ve Hamurcu (2006) bitkilerde aşırı çinko alımının demirin metabolik görevlerini olumsuz yönde etkileyebildiğini ve bitki bünyesinde yeterli seviyede demir bulunmasına rağmen bitkide kloroz görülebildiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada örnekleme yapılan bölgelerin laboratuvar analiz sonuçlarına göre aşırı çinko alımı tespit edilmemiştir. Bu nedenle bitkilerde mevcut çinkonun demir üzerinde antagonistik etki yapması öngörülmemektedir.

#### **4.1.6. Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Bakır (Cu), Mangan (Mn) ve Bor (B) besin elementi içerikleri**

Bölge bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin potasyum (K), kalsiyum (Ca), bakır (Cu), mangan (Mn), bor (B) besin elementi içerikleri Çizelge 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12’de verilmiştir.

Araştırma konusu olan bitkilerin %53’ünde potasyum noksanlığı belirlenmiştir. Bu oran elma ağaçlarında %25, kiraz ağaçlarında %82 olarak bulunmuştur. En düşük potasyum içeriği %0.77 ile Senirkent ilçesinde örnekleme yapılan elma ağaçlarında belirlenmiştir. Kiraz ağaçları için en düşük potasyum içeriği %1.07 ile yine Senirkent ilçesinde yapılan örnekleme bulmuştur.

Çizelge 4.7. Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin demir (Fe) besin elementi sonuçları.

Örnekleme Tarihi	Elma Fe mg kg <sup>-1</sup>				Kiraz Fe mg kg <sup>-1</sup>			
26.07.2010 Senirkent	001	71.35	011	83.85	001	108.10	011	72.58
	002	82.56	012	112.70	002	121.60	012	94.53
	003	80.08	013	85.83	003	108.30	013	72.64
	004	98.16	014	85.06	004	173.20	014	89.86
	005	71.48	015	77.55	005	108.60	015	86.18
	006	96.20	016	99.11	006	92.580	016	129.60
	007	100.40	017	87.40	007	89.080	017	97.58
	008	142.60	018	121.40	008	86.00	018	64.57
	009	98.55	019	103.50	009	89.20	019	100.60
	010	148.70	020	82.89	010	84.27	020	119.50
27.07.2010 Atabey	001	89.91	011	124.30	001	93.93	011	84.15
	002	121.10	012	157.70	002	84.08	012	95.06
	003	129.9	013	175.20	003	84.87	013	94.45
	004	112.10	014	116.50	004	227.70	014	124.60
	005	108.90	015	107.50	005	95.15	015	111.40
	006	125.10	016	89.68	006	83.45	016	81.06
	007	109.90	017	118.20	007	68.99	017	82.18
	008	119.80	018	91.17	008	121.90	018	98.88
	009	108.80	019	87.19	009	72.51	019	84.47
	010	138.60	020	91.78	010	67.39	020	93.23
28.07.2010 Eğirdir	001	119.70	011	115.40	001	91.04	011	77.87
	002	110.10	012	111.00	002	88.84	012	92.32
	003	104.90	013	115.90	003	85.61	013	127.90
	004	103.00	014	170.90	004	100.00	014	84.61
	005	83.02	015	106.50	005	100.30	015	113.80
	006	86.35	016	75.51	006	119.10	016	118.90
	007	82.31	017	113.30	007	155.10	017	104.50
	008	93.98	018	78.86	008	144.10	018	126.30
	009	77.75	019	71.71	009	130.90	019	88.17
	010	102.80	020	103.50	010	110.00	020	147.60

Kalsiyum içeriği bakımından bitkilerin %20'sinde noksanlık bulunmuştur. Elma ağaçlarında bu oran %10, kiraz ağaçlarında ise %28'dir. Elma ağaçlarında en düşük kalsiyum içeriği %1.04 ile Eğirdir örnekleme yerinde, kiraz ağaçlarında en düşük kalsiyum içeriği ise %1.12 ile Senirkent örnekleme yerinde belirlenmiştir.

Bakır içeriği bakımından araştırma konusu olan bitkilerin %3'ünde noksanlık bulunmuştur. Elma ve kiraz örneklerinde de bu oran %3 olarak belirlenmiştir. Elma örnekleme yerlerinde en düşük bakır içeriği 4.48 mg kg<sup>-1</sup>, kiraz örneklerinde en düşük bakır içeriği 3.59 mg kg<sup>-1</sup> olarak Senirkent ilçesinde yapılan örnekleme yerlerinde tespit edilmiştir.

Mangan analizi sonucunda yalnızca kiraz ağaçlarında noksanlık belirlenmiştir. Örnekleme yapılan kiraz ağaçlarının % 21'inde mangan noksanlığı bulunmuştur. En düşük mangan içeriği 19.7 mg kg<sup>-1</sup> olarak Eğirdir ilçesinde yapılan örnekleme yerlerinde belirlenmiştir.

Laboratuvar analizi yapılan bitkilerin tamamında bor seviyeleri optimum düzeylerde belirlenmiştir. En düşük bor içeriği ise Senirkent ilçesinde 27.26 mg kg<sup>-1</sup> olara elma ağaçlarında, 39.86 mg kg<sup>-1</sup> olarak kiraz ağaçlarında belirlenmiştir.

Potasyum (K), kalsiyum (Ca), bakır (Cu), mangan (Mn) ve bor (B) besin elementi içerikleri yönünden araştırma konusu olan çinko (Zn) besin elementinin anılan elementler ile etkileşime girmeyeceği laboratuvar analizleri sonucunda belirlenmiştir.

**Çizelge 4.8.** Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin potasyum (K) besin elementi sonuçları

Örnekleme Tarihi	Elma K (%)				Kiraz K (%)			
26.07.2010 Senirkent	001	1.75	011	1.43	001	2.03	011	2.35
	002	1.57	012	1.76	002	2.57	012	2.39
	003	1.86	013	0.77	003	2.48	013	2.18
	004	1.75	014	2.29	004	2.35	014	1.34
	005	1.82	015	1.13	005	2.00	015	2.80
	006	1.24	016	2.59	006	2.57	016	2.27
	007	1.37	017	1.56	007	1.84	017	2.33
	008	0.97	018	1.50	008	2.07	018	1.07
	009	1.80	019	1.64	009	2.15	019	2.02
	010	1.78	020	2.02	010	2.27	020	1.61
27.07.2010 Atabey	001	1.07	011	1.79	001	3.16	011	3.01
	002	1.03	012	1.75	002	2.76	012	1.88
	003	1.25	013	2.02	003	2.72	013	1.91
	004	1.76	014	1.42	004	3.36	014	1.92
	005	1.76	015	1.75	005	2.70	015	2.34
	006	1.19	016	2.50	006	2.41	016	2.30
	007	1.20	017	1.54	007	1.50	017	2.55
	008	1.74	018	1.80	008	2.41	018	2.67
	009	1.45	019	2.33	009	2.18	019	2.47
	010	1.38	020	2.47	010	2.46	020	2.49
28.07.2010 Eğirdir	001	1.74	011	1.73	001	1.78	011	1.49
	002	1.79	012	1.72	002	2.18	012	1.66
	003	1.56	013	1.44	003	1.88	013	1.61
	004	1.88	014	1.52	004	2.09	014	1.77
	005	1.74	015	1.95	005	1.90	015	1.92
	006	2.24	016	1.66	006	1.16	016	1.27
	007	2.01	017	1.67	007	1.71	017	1.38
	008	2.14	018	1.62	008	1.43	018	1.08
	009	1.86	019	1.80	009	1.56	019	1.48
	010	1.94	020	1.73	010	1.58	020	1.57

**Çizelge 4.9.** Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin kalsiyum (Ca) besin elementi sonuçları

Örnekleme Tarihi	Elma Ca (%)				Kiraz Ca (%)			
26.07.2010 Senirkent	<b>001</b>	1.43	<b>011</b>	1.85	<b>001</b>	2.24	<b>011</b>	1.38
	<b>002</b>	1.78	<b>012</b>	1.90	<b>002</b>	2.54	<b>012</b>	1.65
	<b>003</b>	1.49	<b>013</b>	1.06	<b>003</b>	2.00	<b>013</b>	2.19
	<b>004</b>	1.97	<b>014</b>	1.23	<b>004</b>	1.99	<b>014</b>	1.12
	<b>005</b>	1.53	<b>015</b>	1.15	<b>005</b>	2.53	<b>015</b>	1.91
	<b>006</b>	1.47	<b>016</b>	1.89	<b>006</b>	2.54	<b>016</b>	2.25
	<b>007</b>	1.78	<b>017</b>	1.07	<b>007</b>	2.50	<b>017</b>	2.15
	<b>008</b>	1.80	<b>018</b>	1.77	<b>008</b>	2.55	<b>018</b>	1.26
	<b>009</b>	2.23	<b>019</b>	1.70	<b>009</b>	2.07	<b>019</b>	2.81
	<b>010</b>	1.55	<b>020</b>	1.91	<b>010</b>	1.81	<b>020</b>	2.00
27.07.2010 Atabey	<b>001</b>	1.66	<b>011</b>	1.80	<b>001</b>	2.31	<b>011</b>	1.68
	<b>002</b>	2.39	<b>012</b>	1.84	<b>002</b>	2.42	<b>012</b>	2.38
	<b>003</b>	1.98	<b>013</b>	1.37	<b>003</b>	1.96	<b>013</b>	2.16
	<b>004</b>	1.07	<b>014</b>	1.55	<b>004</b>	2.72	<b>014</b>	2.41
	<b>005</b>	2.24	<b>015</b>	1.78	<b>005</b>	2.47	<b>015</b>	1.97
	<b>006</b>	1.60	<b>016</b>	3.04	<b>006</b>	1.77	<b>016</b>	2.56
	<b>007</b>	1.64	<b>017</b>	2.68	<b>007</b>	2.38	<b>017</b>	2.05
	<b>008</b>	1.79	<b>018</b>	2.31	<b>008</b>	2.49	<b>018</b>	2.41
	<b>009</b>	2.60	<b>019</b>	2.07	<b>009</b>	1.94	<b>019</b>	1.40
	<b>010</b>	1.91	<b>020</b>	2.69	<b>010</b>	1.85	<b>020</b>	1.55
28.07.2010 Eğirdir	<b>001</b>	1.46	<b>011</b>	1.34	<b>001</b>	2.22	<b>011</b>	1.71
	<b>002</b>	2.02	<b>012</b>	1.12	<b>002</b>	2.14	<b>012</b>	2.15
	<b>003</b>	1.84	<b>013</b>	1.04	<b>003</b>	2.20	<b>013</b>	1.85
	<b>004</b>	1.22	<b>014</b>	1.60	<b>004</b>	2.44	<b>014</b>	2.02
	<b>005</b>	1.24	<b>015</b>	1.64	<b>005</b>	2.21	<b>015</b>	2.18
	<b>006</b>	1.20	<b>016</b>	1.70	<b>006</b>	2.54	<b>016</b>	2.67
	<b>007</b>	1.47	<b>017</b>	1.87	<b>007</b>	2.18	<b>017</b>	2.04
	<b>008</b>	1.67	<b>018</b>	1.84	<b>008</b>	2.76	<b>018</b>	3.29
	<b>009</b>	2.25	<b>019</b>	1.71	<b>009</b>	2.47	<b>019</b>	2.30
	<b>010</b>	1.51	<b>020</b>	2.31	<b>010</b>	2.68	<b>020</b>	2.20

Çizelge 4.10. Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin bakır (Cu) besin elementi sonuçları

Örnekleme Tarihi	Elma Cu (mg kg <sup>-1</sup> )				Kiraz Cu (mg kg <sup>-1</sup> )			
26.07.2010 Senirkent	001	6.07	011	6.22	001	9.34	011	6.67
	002	6.48	012	20.05	002	13.17	012	10.41
	003	6.18	013	4.48	003	10.25	013	7.01
	004	7.70	014	7.00	004	11.03	014	4.69
	005	7.50	015	5.31	005	8.72	015	5.37
	006	12.89	016	10.11	006	11.81	016	6.90
	007	6.73	017	7.39	007	12.52	017	8.41
	008	6.49	018	8.22	008	8.86	018	3.59
	009	17.85	019	10.41	009	12.39	019	7.68
	010	9.07	020	7.85	010	11.25	020	8.93
27.07.2010 Atabey	001	7.67	011	7.49	001	12.47	011	9.58
	002	20.92	012	10.22	002	13.93	012	11.37
	003	7.57	013	10.71	003	12.03	013	7.96
	004	7.67	014	9.14	004	14.71	014	7.70
	005	6.66	015	9.65	005	10.89	015	11.59
	006	10.65	016	8.07	006	13.86	016	9.69
	007	13.42	017	8.92	007	8.25	017	11.96
	008	8.21	018	12.79	008	20.91	018	10.10
	009	35.72	019	11.49	009	11.64	019	9.70
	010	8.00	020	16.54	010	19.83	020	8.41
28.07.2010Eğirdir	001	11.87	011	32.12	001	9.31	011	8.54
	002	16.21	012	9.11	002	12.44	012	8.63
	003	10.16	013	7.54	003	21.23	013	9.63
	004	16.07	014	10.67	004	35.53	014	9.03
	005	14.73	015	12.36	005	10.04	015	32.57
	006	10.92	016	17.46	006	13.11	016	9.38
	007	8.86	017	27.49	007	11.66	017	9.12
	008	16.28	018	13.99	008	9.79	018	11.26
	009	8.84	019	13.01	009	17.89	019	13.21
	010	9.13	020	26.03	010	20.54	020	11.18

**Çizelge 4.11.** Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin mangan (Mn) besin elementi sonuçları

Örnekleme Tarihi	Elma Mn (mg kg <sup>-1</sup> )				Kiraz Mn (mg kg <sup>-1</sup> )			
26.07.2010 Senirkent	<b>001</b>	46.55	<b>011</b>	153.90	<b>001</b>	83.33	<b>011</b>	78.17
	<b>002</b>	62.51	<b>012</b>	100.60	<b>002</b>	78.61	<b>012</b>	111.00
	<b>003</b>	79.65	<b>013</b>	104.90	<b>003</b>	82.03	<b>013</b>	111.50
	<b>004</b>	125.50	<b>014</b>	74.30	<b>004</b>	83.31	<b>014</b>	40.27
	<b>005</b>	89.38	<b>015</b>	125.60	<b>005</b>	62.94	<b>015</b>	85.18
	<b>006</b>	73.89	<b>016</b>	67.08	<b>006</b>	108.6	<b>016</b>	80.24
	<b>007</b>	98.36	<b>017</b>	96.75	<b>007</b>	171.50	<b>017</b>	49.21
	<b>008</b>	111.40	<b>018</b>	126.30	<b>008</b>	105.40	<b>018</b>	47.42
	<b>009</b>	141.90	<b>019</b>	141.90	<b>009</b>	94.13	<b>019</b>	73.40
	<b>010</b>	101.20	<b>020</b>	124.70	<b>010</b>	79.50	<b>020</b>	81.10
27.07.2010 Atabey	<b>001</b>	52.54	<b>011</b>	44.13	<b>001</b>	144.50	<b>011</b>	95.73
	<b>002</b>	121.90	<b>012</b>	80.02	<b>002</b>	178.50	<b>012</b>	70.20
	<b>003</b>	72.85	<b>013</b>	88.53	<b>003</b>	112.20	<b>013</b>	73.63
	<b>004</b>	39.54	<b>014</b>	69.60	<b>004</b>	130.90	<b>014</b>	74.29
	<b>005</b>	76.73	<b>015</b>	193.20	<b>005</b>	120.20	<b>015</b>	88.29
	<b>006</b>	102.3	<b>016</b>	171.80	<b>006</b>	37.18	<b>016</b>	109.20
	<b>007</b>	107.2	<b>017</b>	177.20	<b>007</b>	39.44	<b>017</b>	83.49
	<b>008</b>	70.78	<b>018</b>	172.40	<b>008</b>	53.48	<b>018</b>	121.50
	<b>009</b>	91.06	<b>019</b>	115.60	<b>009</b>	35.48	<b>019</b>	75.95
	<b>010</b>	89.88	<b>020</b>	114.70	<b>010</b>	36.91	<b>020</b>	81.58
28.07.2010 Eğirdir	<b>001</b>	49.17	<b>011</b>	62.29	<b>001</b>	50.92	<b>011</b>	37.88
	<b>002</b>	48.44	<b>012</b>	87.91	<b>002</b>	47.15	<b>012</b>	46.81
	<b>003</b>	76.45	<b>013</b>	57.98	<b>003</b>	38.55	<b>013</b>	58.09
	<b>004</b>	44.02	<b>014</b>	56.94	<b>004</b>	36.17	<b>014</b>	63.41
	<b>005</b>	65.56	<b>015</b>	86.34	<b>005</b>	47.67	<b>015</b>	53.38
	<b>006</b>	90.12	<b>016</b>	60.97	<b>006</b>	22.58	<b>016</b>	45.16
	<b>007</b>	107.80	<b>017</b>	110.90	<b>007</b>	38.28	<b>017</b>	53.66
	<b>008</b>	44.50	<b>018</b>	104.60	<b>008</b>	34.81	<b>018</b>	53.93
	<b>009</b>	65.33	<b>019</b>	64.39	<b>009</b>	27.25	<b>019</b>	28.91
	<b>010</b>	63.06	<b>020</b>	94.28	<b>010</b>	19.71	<b>020</b>	44.73



**Çizelge 4.12.** Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin Bor (B) besin elementi sonuçları

Örnekleme Tarihi	Elma B (mg kg <sup>-1</sup> )				Kiraz B (mg kg <sup>-1</sup> )			
26.07.2011 Senirkent	001	43.65	011	42.54	001	90.63	011	99.43
	002	42.37	012	49.41	002	105.40	012	94.70
	003	41.23	013	41.04	003	92.05	013	90.88
	004	51.45	014	27.23	004	95.26	014	39.86
	005	40.71	015	44.86	005	70.38	015	71.14
	006	37.73	016	47.54	006	88.07	016	88.08
	007	48.54	017	38.30	007	110.70	017	72.41
	008	41.94	018	40.91	008	82.29	018	41.20
	009	46.37	019	54.14	009	88.24	019	64.12
	010	42.98	020	53.54	010	82.98	020	51.95
27.07.2011 Atabey	001	33.66	011	36.38	001	98.92	011	83.27
	002	47.78	012	44.88	002	91.28	012	88.15
	003	41.53	013	47.22	003	82.79	013	84.16
	004	40.14	014	38.36	004	88.92	014	89.78
	005	43.22	015	70.45	005	91.04	015	98.94
	006	49.34	016	49.68	006	67.79	016	83.25
	007	55.33	017	48.30	007	66.15	017	75.28
	008	53.51	018	42.38	008	66.47	018	79.80
	009	48.75	019	46.31	009	73.70	019	76.27
	010	44.91	020	54.40	010	71.37	020	64.00
28.07.2011Eğirdir	001	59.56	011	54.14	001	71.72	011	61.94
	002	60.19	012	52.33	002	89.90	012	67.69
	003	40.44	013	45.78	003	67.17	013	56.36
	004	48.84	014	44.82	004	76.20	014	57.51
	005	56.48	015	65.65	005	71.60	015	75.46
	006	40.65	016	49.42	006	80.61	016	84.28
	007	39.31	017	50.59	007	70.86	017	81.51
	008	39.81	018	47.15	008	73.36	018	86.36
	009	35.02	019	47.83	009	72.84	019	54.68
	010	39.42	020	52.23	010	82.57	020	84.91

#### 4.1.7. Klorofil içeriği

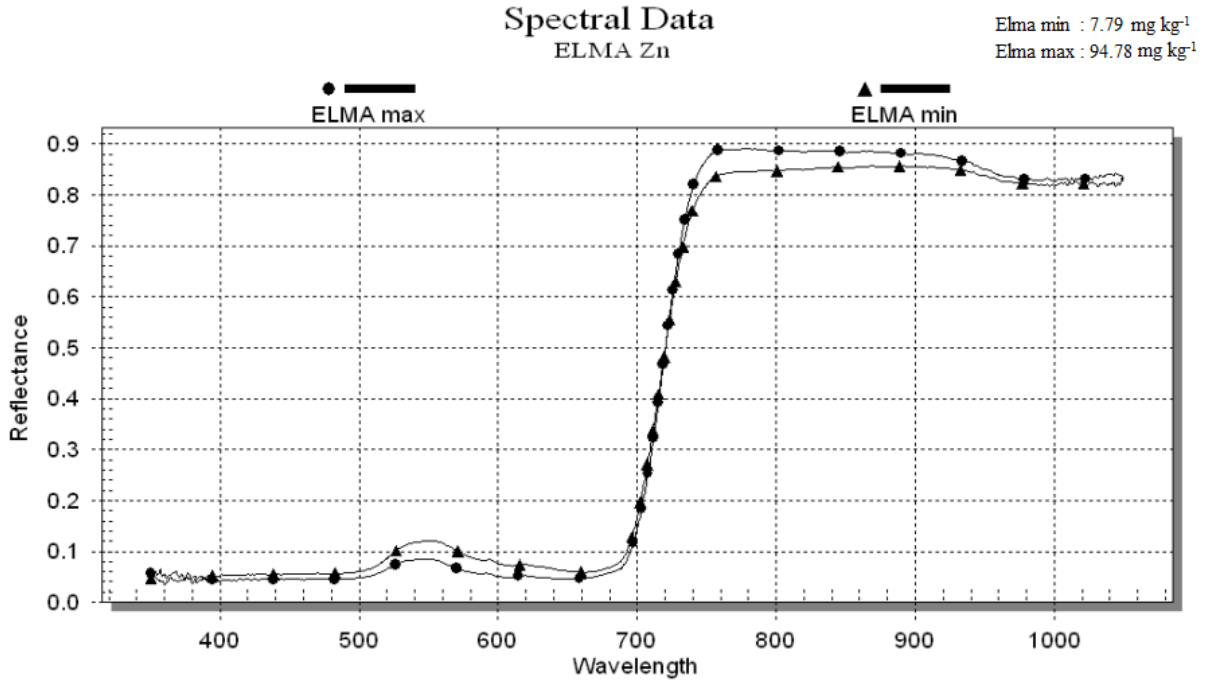
Bölge bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin klorofil a+b analizi sonuçları ve çinko içerikleri Çizelge 4.13’de verilmiştir. Araştırma konusu olan bitki örneklerin klorofil içerikleri çinko noksanlığı gösteren örnekler ile karşılaştırıldığında çinko noksanlığı olmayan örneklere göre düşük bulunmuştur.

**Çizelge 4.13.** Elma ve kirazağaçlarından alınan yaprak örneklerinin klorofil a+b ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ve çinko ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) besin elementi sonuçları

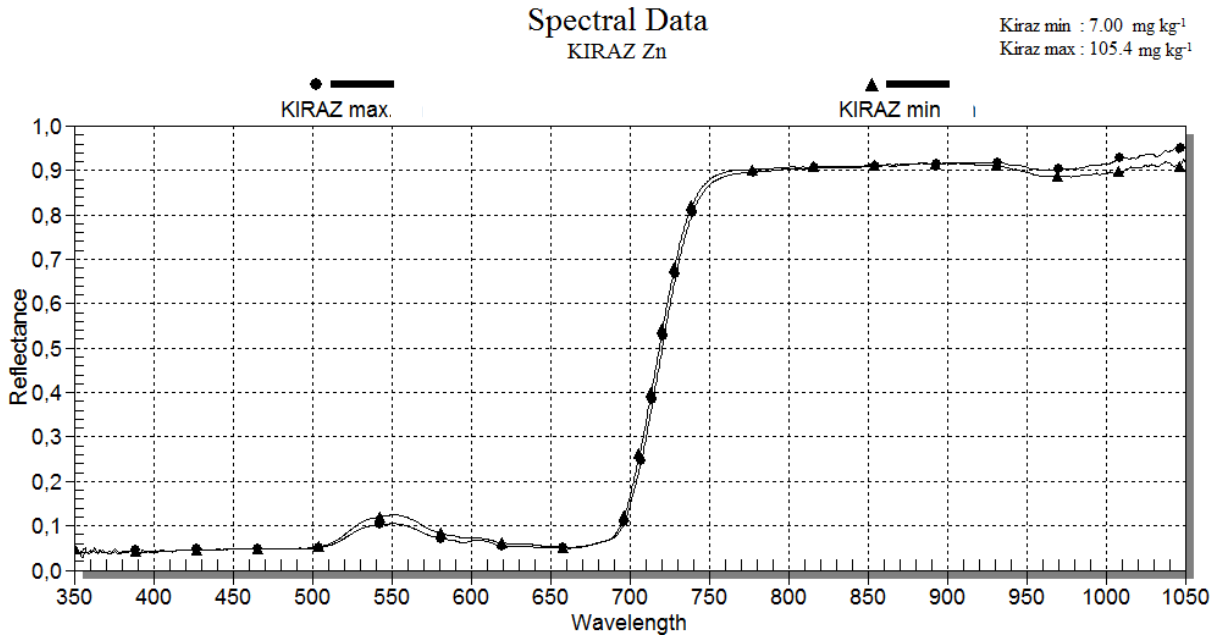
Senirkent				Atabey				Eğirdir			
Elma		Kiraz		Elma		Kiraz		Elma		Kiraz	
<i>Kl a+b</i>	<i>Zn</i>	<i>Kl a+b</i>	<i>Zn</i>	<i>Kl a+b</i>	<i>Zn</i>	<i>Kl a+b</i>	<i>Zn</i>	<i>Kl a+b</i>	<i>Zn</i>	<i>Kl a+b</i>	<i>Zn</i>
1.39	7.79	1.72	7.00	1.85	9.72	2.26	10.34	2.58	18.55	1.61	11.01
1.46	7.93	1.88	7.76	2.12	10.35	1.90	10.65	2.69	20.65	1.72	11.14
3.62	8.25	1.90	7.81	2.18	10.82	1.55	10.68	2.64	22.28	1.84	11.36
2.15	9.23	1.98	9.99	2.07	11.54	1.57	10.81	2.68	25.39	1.93	11.59
2.46	10.25	1.99	10.10	1.83	11.58	1.85	11.09	2.79	27.52	1.97	12.02
2.51	10.53	1.99	10.18	2.23	12.85	1.61	11.83	2.63	28.35	1.96	12.80
2.62	11.42	2.08	11.54	2.39	14.46	1.88	11.98	2.52	35.36	1.98	12.98
2.62	11.57	2.23	11.93	2.17	14.89	1.99	12.04	1.99	41.70	2.96	13.47
3.37	11.70	2.43	12.25	2.34	15.33	1.98	12.47	1.97	50.37	2.05	13.49
2.66	11.98	1.74	12.43	2.49	16.25	2.02	13.07	2.95	52.58	2.25	13.66
2.68	12.35	2.27	12.87	2.26	16.62	2.05	13.09	3.64	54.94	2.25	16.70
2.95	13.81	2.29	13.21	2.31	16.66	2.14	13.16	2.67	56.68	2.27	17.12
3.55	14.38	2.54	13.71	2.39	16.90	2.15	14.42	2.36	59.20	2.30	17.46
3.19	16.57	2.43	24.98	2.78	16.97	2.45	14.43	2.52	67.80	2.32	17.88
3.11	18.15	2.51	53.50	2.81	18.67	2.65	14.51	2.95	70.79	2.40	18.58
3.25	19.45	2.82	57.10	3.33	22.54	2.78	15.08	3.13	74.14	2.44	20.02
3.08	26.02	2.85	63.29	3.45	23.04	3.12	17.10	3.25	94.78	2.77	20.56
3.15	39.77	2.88	69.90	3.29	28.45	3.55	19.64	3.50	102.20	2.49	21.03
3.29	42.15	3.35	76.46	3.49	29.03	3.41	25.88	3.52	109.20	2.73	22.58
3.61	50.10	3.55	105.40	3.42	29.04	3.48	31.49	3.67	127.10	2.79	27.9

#### 4.2. Spektral Verilerin İşlenmesi

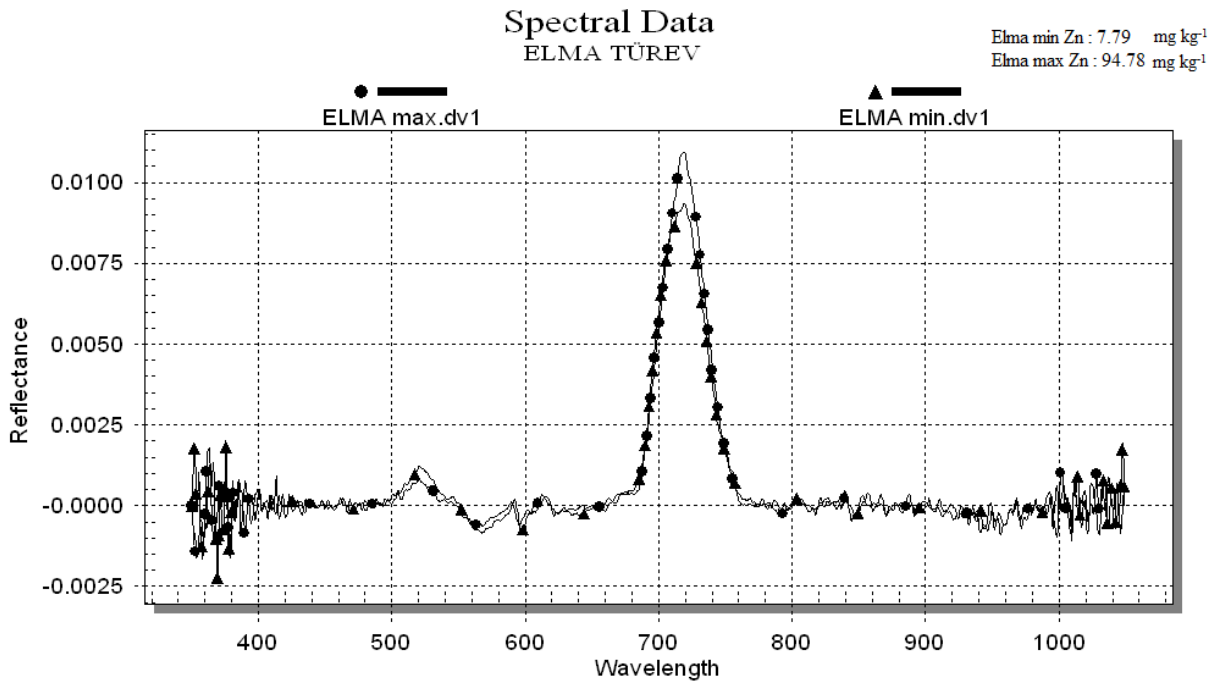
Araştırma konusu olan yaprak örneklerinden 3 tekerrürlü olarak elde edilen spektral eğrilerin ortalamaları alınmıştır. Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin Zn besin elementi seviyeleri incelenmiş ve en düşük Zn içeriği ile en yüksek Zn içeriğine ait yansıma eğrileri karşılaştırılmıştır (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2). Çinko besin elementi seviyesinde meydana gelen azalışa bağlı olarak özellikle görünür bölgede (400-700 nm) meydana gelen yansımalarda artış olduğu, bunun yanında kızılötesi bölgede (700-960 nm) yansıma azalışı meydana geldiği bulunmuştur. Ortalaması alınan eğrilerin her bir dalga boyu için yansıma yüzdeleri çıkartılmış ve istatistik analizler için uygun formatta kaydedilmiştir. Son olarak en düşük ve en yüksek Zn içeriğine ait spektral eğrilerin türev verisi oluşturulmuştur (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4) ve türev grafiğinde oluşan kırılma değerlerinden Zn besin elementi ile ilişkili olabileceği tahmin edilen dalga boyları seçilmiştir.



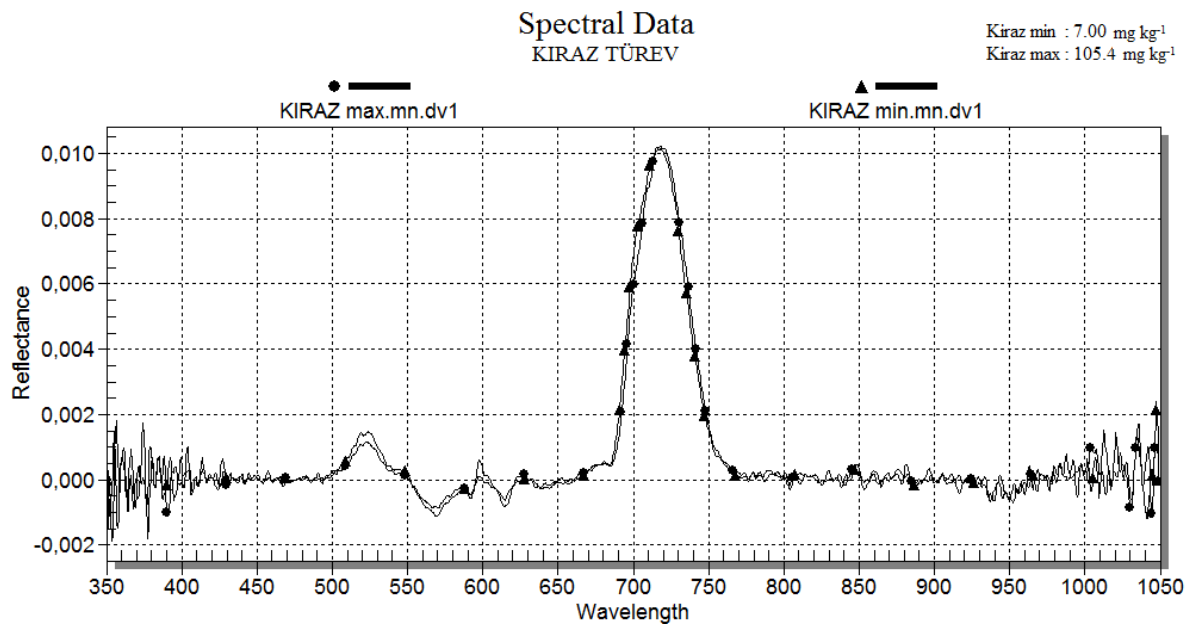
**Şekil 4.1.** Elma ağaçlarında en düşük (7.79 mg kg<sup>-1</sup>) ve en yüksek (94.78 mg kg<sup>-1</sup>) çinko besin elementi seviyesine ait spektral eğrilerin karşılaştırılması



**Şekil 4.2.** Kiraz ağaçlarında en düşük (7.00mg kg<sup>-1</sup>) ve en yüksek (105.4 mg kg<sup>-1</sup>) çinko besin elementi seviyesine ait spektral eğrilerin karşılaştırılması



Şekil 4.3.Elma ağaçlarında en düşük (7.79 mg kg<sup>-1</sup>) ve en yüksek (94.78 mg kg<sup>-1</sup>) çinko besin elementi seviyesine ait spektral eğrilerden oluşturulmuş türev verileri



Şekil 4.4.Kiraz ağaçlarında en düşük (7.00 mg kg<sup>-1</sup>) ve en yüksek (105.4 mg kg<sup>-1</sup>) çinko besin elementi seviyesine ait spektral eğrilerden oluşturulmuş türev verileri

Türev verilerinden elde edilen grafiklerde en fazla kırılma olan dalga boyları 465, 520, 570, 600, 620, 650, 720, 730, 800 ve 850 nm olarak belirlenmiştir.

### 4.3. İstatistik Analizler

Klorofil pigmenti ile Zn besin elementi arasındaki doğrusal ilişkinin derecesinin belirlenmesi amacıyla örneklerin tamamında korelasyon analizi yapılmıştır. Elma ve kiraz yaprak örneklerinin laboratuvar analizi sonuçlarından elde edilen Zn besin elementi seviyeleri ile klorofil pigmenti içeriği arasında %56 oranında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.01$ ). Nitekim bitki besin elementi stresi altında klorofil üretiminde aksaklık oluştuğu, klorofil üretiminin azalması ile görünür bölgeyi kapsayan klorofil yutma bantlarında daha az yutulma olduğu ve özellikle spektrumun kırmızı bölgesinde daha fazla bir yansıtma meydana geldiği bilinmektedir (Maktav ve Sunar, 1991). Bu durum çinkonun bitkilerde birçok enzimin yapısına girmesi ve kimi enzimleri aktive etme yeteneğine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca buna bağlı olarak bitkilerde klorofil içeriğinin çinko noksanlığında olağan üstü azaldığı belirtilmektedir (Kacar ve Katkat, 2007).

Yapılan araştırmalar özellikle görünür yakın kızılötesi bölgede klorofil konsantrasyonunun belirlenebildiğini ve buna bağlı olarak bitki besin elementi içeriğinin tahmin edilebildiğini göstermektedir (Thomas ve Gausman, 1966; Graeff ve ark., 2001; Silva ve Beyl, 2005; Başayığıt ve ark., 2009 ).Nitekim azot besin elementi içeriğinin tahmininde 560, 650, 730 ve 760 nm dalga boylarının belirleyici bir özelliği olduğu belirtilmiştir (Jain ve Ray, 2007). Fotosentetik pigmentlerin hiperspektral yansıma teknikleri ile belirlenmesi amacıyla yapılan ölçümler, laboratuvar analizleri ve istatistik analizler neticesinde de klorofil konsantrasyonunun 530-600 nm dalga boylarında belirlenebildiğini bildirilmiştir (Blackburn , 2006).

Bu çalışmada yaprak örneklerine ait spektral yansıma verileri ve laboratuvar analizi sonucu elde edilen Zn 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 (Zn içeriği) en fazla 6 bantta en yüksek  $r^2$  değerli matematiksel tahmin modelleri ile tahmin edilmiştir (Çizelge 4.14 ve 4.15).

Çizelge 4.14.Elma yaprak örneklerinin çinko besin elementi tahmin modelleri

LOKASYON: SENİRKENT		TAHMİN
BANT SAYISI	MODEL	R <sup>2</sup>
1 Bant	$Zn = -234,4 + (288 * 879nm)$	R <sup>2</sup> = 0,3898
2 Bant	$Zn = -291,8 + (11158 * 879nm) + (-10806 * 878nm)$	R <sup>2</sup> = 0,5558
3 Bant	$Zn = -316,3 + (13782 * 879nm) + (-11303 * 878nm) + (-2113 * 829nm)$	R <sup>2</sup> = 0,6989
4 Bant	$Zn = -304,4 + (13650 * 879nm) + (-10546 * 878nm) + (-2156 * 829nm) + (-613 * 979nm)$	R <sup>2</sup> = 0,8242
5 Bant	$Zn = -236,2 + (12305 * 879nm) + (-9611 * 878nm) + (-1820 * 829nm) + (-3936 * 979nm) + (3320 * 982nm)$	R <sup>2</sup> = 0,8863
6 Bant	$Zn = -271 + (11573 * 879nm) + (-9625 * 878nm) + (-5719 * 829nm) + (-4256 * 979nm) + (3765 * 982nm) + (4567 * 833nm)$	R <sup>2</sup> = 0,9188
Lab. Analiz	Min: 7,79	Maks.:50,10 Ort:17,67
LOKASYON: ATABEY		TAHMİN
BANT SAYISI	MODEL	R <sup>2</sup>
1 Bant	$Zn = 92,06 + (-92 * 1019nm)$	R <sup>2</sup> = 0,2662
2 Bant	$Zn = 126,19 + (-1357 * 1019nm) + (1219 * 1025nm)$	R <sup>2</sup> = 0,6602
3 Bant	$Zn = 142,17 + (-2041 * 1019nm) + (2227 * 1025nm) + (-343 * 1047nm)$	R <sup>2</sup> = 0,7690
4 Bant	$Zn = 170,78 + (-2559 * 1019nm) + (2951 * 1025nm) + (-570 * 1047nm) + (-148 * 608nm)$	R <sup>2</sup> = 0,8692
5 Bant	$Zn = 188,53 + (2767 * 1019nm) + (3183 * 1025nm) + (613 * 1047nm) + (-3779 * 608nm) + (3567 * 606nm)$	R <sup>2</sup> = 0,9155
6 Bant	$Zn = 206,31 + (-2868 * 1019nm) + (3535 * 1025nm) + (674 * 1047nm) + (-5384 * 608nm) + (5164 * 606nm) + (-213 * 1008nm)$	R <sup>2</sup> = 0,9453
Lab. Analiz	Min.:9,72	Maks.:29,04 Ort.:17,29
LOKASYON: EĞİRDİR		TAHMİN
BANT SAYISI	MODEL	R <sup>2</sup>
1 Bant	$Zn = -75,752 + (3241 * 379nm)$	R <sup>2</sup> = 0,6261
2 Bant	$Zn = 20,961 + (5516 * 379nm) + (-4564 * 410nm)$	R <sup>2</sup> = 0,8030
3 Bant	$Zn = 1,502 + (4446 * 379nm) + (-7398 * 410nm) + (4263 * 414nm)$	R <sup>2</sup> = 0,8461
4 Bant	$Zn = 11,414 + (4308 * 379nm) + (-10323 * 410nm) + (5971 * 414nm) + (1114 * 354nm)$	R <sup>2</sup> = 0,8885
5 Bant	$Zn = -11,254 + (3496 * 379nm) + (-12853 * 410nm) + (7640 * 414nm) + (1348 * 354nm) + (1925 * 390nm)$	R <sup>2</sup> = 0,9147
6 Bant	$Zn = 4,413 + (3897 * 379nm) + (-12381 * 410nm) + (8945 * 414nm) + (1104 * 354nm) + (2410 * 390nm) + (-2894 * 394nm)$	R <sup>2</sup> = 0,9380
Lab. Analiz	Min.:18,55	Maks.:127,10 Ort.:56,98

Çizelge 4.15.Kiraz yaprak örneklerinin çinko besin elementi tahmin modelleri

LOKASYON: SENİRKENT		TAHMİN
BANT SAYISI	MODEL	R <sup>2</sup>
1 Bant	Zn=-97,90+(3274*373nm)	R <sup>2</sup> = 0,6051
2 Bant	Zn=-25,21+(4254*373nm)+(-2741*382nm)	R <sup>2</sup> = 0,7600
3 Bant	Zn=-61,42+(3339*373nm)+(-2133*382nm)+(325*550nm)	R <sup>2</sup> = 0,8222
4 Bant	Zn=-42,77+(3475*373nm)+(-1181*382nm)+(484*550nm)+(-2047*365nm)	R <sup>2</sup> = 0,8886
5 Bant	Zn=-20,82+(3809*373nm)+(-43*382nm)+(577*550nm)+(-2506*365nm)+(-1988*356nm)	R <sup>2</sup> = 0,9265
6 Bant	Zn=24,63+(3250*373nm)+(1170*382nm)+(622*550nm)+(-2157*365nm)+(-2082*356nm)+(-2030*377nm)	R <sup>2</sup> = 0,9679
Lab. Analiz	Min.:7,00	Maks.:105,4
Ort.:28,31		
LOKASYON: ATABEY		TAHMİN
BANT SAYISI	MODEL	R <sup>2</sup>
1 Bant	Zn=7,3562+(88*514nm)	R <sup>2</sup> = 0,1842
2 Bant	Zn=-0,8446+(724*514nm)+(-357*573nm)	R <sup>2</sup> = 0,5404
3 Bant	Zn=24,9093+(883*514nm)+(-425*573nm)+(-628*424nm)	R <sup>2</sup> = 0,6732
4 Bant	Zn=28,4075+(785*514nm)+(-373*573nm)+(-1537*424nm)+(910*386nm)	R <sup>2</sup> = 0,7504
5 Bant	Zn=8,9170+(842*514nm)+(-400*573nm)+(-2901*424nm)+(973*386nm)+(1648*429nm)	R <sup>2</sup> = 0,8244
6 Bant	Zn=19,2251+(863*514nm)+(-419*573nm)+(-3727*424nm)+(966*386nm)+(1876*429nm)+(436*368nm)	R <sup>2</sup> = 0,8754
Lab. Analiz	Min.:10,34	Maks.:31,49
Ort.:14,69		
LOKASYON: EĞİRDİR		TAHMİN
BANT SAYISI	MODEL	R <sup>2</sup>
1 Bant	Zn=32,751+(-345*353nm)	R <sup>2</sup> = 0,3538
2 Bant	Zn=7,633+(-438*353nm)+(673*437nm)	R <sup>2</sup> = 0,5820
3 Bant	Zn=17,267+(-563*353nm)+(4731*437nm)+(-4094*449nm)	R <sup>2</sup> = 0,8219
4 Bant	Zn=21,358+(-547*353nm)+(6006*437nm)+(-5649*449nm)+(187*351nm)	R <sup>2</sup> = 0,8611
5 Bant	Zn=18,408+(-636*353nm)+(5832*437nm)+(-6711*449nm)+(234*351nm)+(1272*663nm)	R <sup>2</sup> = 0,8992
6 Bant	Zn=19,247+(-652*353nm)+(5913*437nm)+(-6314*449nm)+(178*351nm)+(1808*663nm)+(-884*504nm)	R <sup>2</sup> = 0,9440
Lab. Analiz	Min.:11,01	Maks.:27,90
Ort.:16,17		

İstatistik analiz bulguları neticesinde elma yaprak örneklerinin 6 dalga boyu (bant) kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde en yüksek doğruluk katsayısı ( $r^2$ ) %94,53 ile Atabey ilçesinde yapılan örneklemelemlerde elde edilmiştir. Atabey ilçesini sırasıyla %93,80 ile Eğirdir ve %91,88 ile Senirkent ilçeleri takip etmiştir.

Kiraz yaprak örneklerinin istatistik analiz bulguları neticesinde 6 dalga boyu (bant) kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde en yüksek doğruluk katsayısı ( $r^2$ ) %96,79 ile Senirkent ilçesinde yapılan örneklemelemlerde elde edilmiştir. Senirkent ilçesini sırasıyla %94,40 ile Eğirdir ve %87,54 ile Atabey ilçeleri izlemiştir.

Yapılan araştırmalara göre spektral yöntemler kullanılarak mısırdaki azot ve fosfor eksikliği ile karşılıklı etkileşimleri 350-1000 nm dalga boylarında elde edilen değerler ile stepwise çoklu lineer regresyon analizi kullanılarak belirlenebilmektedir (Osborn ve ark., 2002).

Arpa bitkisinde doğal tarla koşullarında N ve P içerikleri 400-750 nm dalga boylarında belirlenebilmektedir ve referans olarak kullanılan kimyasal yöntemler ile elde edilen yansıma değerleri arasında yapılan regresyon analizleri sonucu %81 doğrulukla N ve %74 doğrulukla P içeriği tespit edilmektedir (Christensen ve ark., 2004).

Baklagil yem bitkilerinin N, P, K, ADF ve NDF içerikleri uygun dalga boyu kombinasyonları seçilerek (440, 550, 640 ve 760 nm) regresyon analizi ile sırasıyla  $r^2$ ; 0.77, 0.79, 0.64, 0.70 ve 0.77 belirtme katsayıları ile tahmin edilebilmektedir (Albayrak ve ark., 2009).

Elma ağaçlarında N, Mg, Fe, Zn ve klorofil miktarını belirlemek için ölçülen yansıma değerleri ile analiz sonuçları arasında yapılan regresyon analizi neticesinde  $r^2$  değerlerinin sıra ile 0.99, 0.68, 0.94, 0.92 ve 0.98 olarak bulunduğu, P, K, Ca, Cu ve Mn için ise  $r^2$  değerlerinin 0.97, 0.99, 0.71, 0.92 ve 0.99 olarak belirlendiği ifade edilmiştir (Başayığıt ve ark., 2009).

Araştırmada farklı lokasyonlardan alınan örneklerin tamamına ait spektral yansıma verileri ve bu lokasyonlara ait örneklerin laboratuvar analizi sonucu elde edilen Zn seviyeleri stepwise çoklu lineer regresyon analiz yöntemiyle karşılaştırıldığında en fazla 6 bantta elde edilen en yüksek  $r^2$  değerli matematiksel tahmin modelleri Çizelge 4.16'da verilmiştir.



**Çizelge 4.16.**Farklı lokasyonlardan alınan elma ve kiraz yaprak örneklerinin tamamına ait çinko besin elementi tahmin modelleri

LOKASYON: SENİRKENT-EĞİRDİR-ATABEY (ELMA)		TAHMİN
BANT SAYISI	MODEL	R <sup>2</sup>
1 Bant	Zn=83,24+(-721*605nm)	R <sup>2</sup> = 0,1434
2 Bant	Zn=83,28+(-18565*605nm)+(17663*603nm)	R <sup>2</sup> = 0,2864
3 Bant	Zn=-253,21+(395*605nm)+(21510*603nm)+(395*902nm)	R <sup>2</sup> = 0,3964
4 Bant	Zn=-273,08+(-22310*605nm)+(21038*603nm)+(400*902nm)+(672*352nm)	R <sup>2</sup> = 0,4751
5 Bant	Zn=-282,51+(-23455*605nm)+(22160*603nm)+(3868*902nm)+(659*352nm)+(-3454*886nm)	R <sup>2</sup> = 0,5205
6 Bant	Zn=-295,05+(-17819*605nm)+(16943*603nm)+(8475*902nm)+(440*352nm)+(-6989*886nm)+(-1118*984nm)	R <sup>2</sup> = 0,6288
Lab. Analiz	Min.:7,79	Maks.:94,78
LOKASYON: SENİRKENT-EĞİRDİR-ATABEY (KIRAZ)		TAHMİN
BANT SAYISI	MODEL	R <sup>2</sup>
1 Bant	Zn=-248,97+(-249*1049nm)	R <sup>2</sup> = 0,1274
2 Bant	Zn=-33,24+(-943*1049nm)+(1032*995nm)	R <sup>2</sup> = 0,3955
3 Bant	Zn=-109,01+(-544*1049nm)+(1675*995nm)+(-952*1026nm)	R <sup>2</sup> = 0,4713
4 Bant	Zn=-123,11+(-339*1049nm)+(2024*995nm)+(-1435*1026nm)+(-1074*382nm)	R <sup>2</sup> = 0,5561
5 Bant	Zn=-83,89+(23*1049nm)+(1951*995nm)+(-1805*1026nm)+(-1990*382nm)+(1694*398nm)	R <sup>2</sup> = 0,6463
6 Bant	Zn=-100,57+(-203*1049nm)+(1861*995nm)+(-1467*1026nm)+(-1434*382nm)+(2581*398nm)+(-1430*393nm)	R <sup>2</sup> = 0,6905
Lab. Analiz	Min.:7,00	Maks.:105,4

Farklı lokasyonların bir arada stepwise çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmesi neticesinde elma ağaçlarından alınan örneklerin 6 dalga boyu (bant) kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde en yüksek doğruluk katsayısı ( $r^2$ ) %62.88 olarak bulunmuştur. Kiraz ağaçlarından alınan örneklerin 6 dalga boyu (bant) kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde ise en yüksek doğruluk katsayısı ( $r^2$ ) %69,05 olarak elde edilmiştir.

Çalışmada örneklerin spektral yansıma verilerinden elde edilen türev grafiklerinde belirlenen kırılmalardan Zn ile ilişkili olabileceği tahmin edilen dalga boyları (465, 520, 570, 600, 620, 650, 720, 730, 800 ve 850 nm) seçilmiştir. Dalga boylarının seçiminde yalnızca Zn noksanlığı belirlenen örneklerin en düşük ve en yüksek Zn seviyeleri karşılaştırılmıştır. Seçilen dalga boyları ile çalışılan lokasyonlara ait örneklerin laboratuvar analizi sonucu elde edilen Zn seviyeleri stepwise çoklu lineer

regresyon analiz yöntemiyle karşılaştırılmıştır ve 10 bantta elde edilen en yüksek  $r^2$  değerli matematiksel tahmin modelleri üretilmiştir (Çizelge 4.17 ve 4.18).

**Çizelge 4.17.**Farklı lokasyonlardan alınan elma yaprak örneklerinin 465, 520, 570, 600, 620, 650, 720, 730, 800 ve 850nm dalga boyunda çinko besin elementi tahmin modelleri.

LOKASYON	ELMA MODEL	TAHMİN R <sup>2</sup>
Senirkent	-21,88+(788*850nm)+(-1419*465nm)+ (2978*570nm)+(-3405*730nm)+(2632*720nm)+(-6201*600nm)+ (-3001*620nm)+(5565*650nm)+(1188*520nm)+(399*800nm)	R <sup>2</sup> = 0,7185
Eğirdir	95,13+(-770*465nm)+(-2385*570nm)+ (1539*620nm)+ (2727*600nm)+(-257*720nm)+(-1686*650nm)+ (-462*850nm)+(363*730nm)+(503*520nm)+(270*800nm)	R <sup>2</sup> = 0,7574
Atabey	53,650+(-4633*570nm)+(150*520nm)+ (6490*465nm)+(-8932*650nm)+(-1832*800nm)+(1831*850nm)+ (1938*620nm)+(5601*600nm)+(383*720nm)+(-180*730nm)	R <sup>2</sup> = 0,7833

**Çizelge 4.18.**Farklı lokasyonlardan alınan kiraz yaprak örneklerinin 465, 520, 570, 600, 620, 650, 720, 730, 800 ve 850nm dalga boyunda çinko besin elementi tahmin modelleri.

LOKASYON	KIRAZ MODEL	TAHMİN R <sup>2</sup>
Senirkent	-121,470+(-2540*520nm)+(-14302*465nm)+ (-879*730nm)+(-12645*600nm)+(6481*570nm)+(21858*650nm)+ (582*720nm)+(61*620nm)+(-1928*850nm)+(2463*800nm)	R <sup>2</sup> = 0,9694
Eğirdir	-71,69+(732*520nm)+(-786*570nm)+ (38*720nm)+ (-603*465nm)+(-47*730nm)+(1004*850nm)+ (-892*800nm)+(862*600nm)+(-701*620nm)+(361*650nm)	R <sup>2</sup> = 0,7378
Atabey	-150,02+(-1842*730nm)+(1284*620nm)+ (41*520nm)+(-750*850nm)+(-2581*650nm)+(-2355*570nm)+ (1538*720nm)+(1987*600nm)+(1546*800nm)+(1753*465nm)	R <sup>2</sup> = 0,5072

Türev verilerinden seçilen 10 dalga boyunun istatistik analizleri neticesinde elma ağaçlarında en yüksek doğruluk katsayısı ( $r^2$ ) %78,33 ile Atabey ilçesinde yapılan örneklemlerde elde edilmiştir. Atabey ilçesini %75,74 ile Eğirdir ve %71,85 ile Senirkent ilçeleri takip etmiştir. Kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin Zn besin elementi seviyeleri ile türev verilerinden seçilen 10 dalga boyunun istatistik analizleri neticesinde en yüksek doğruluk katsayısı ( $r^2$ ) %96,94 ile Senirkent ilçesinde yapılan örneklemlerde elde edilmiştir. Senirken ilçesini %73,78 ile Eğirdir ve %50,72 ile Atabey ilçeleri takip etmiştir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Isparta yöresinde meyve yetiştiriciliğinin yoğun bir şekilde yapıldığı Senirkent, Eğirdir ve Atabey ilçelerinde elma ve kiraz ağaçlarında görülen Zn noksanlığının arazi koşullarında görülebilir yakın kızılötesi spektrometrik yöntem ile belirlenebilirliği araştırılmıştır.

Araştırma sonucunda elma ve kiraz ağaçlarının yaprak örneklerinde Zn içerikleri ile yaprakların spektral yansıma değerleri arasında görünür yakın kızılötesi (400-900 nm) yansıma bölgelerinde istatistik olarak yüksek bir ilişki bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca Zn besin elementi noksanlığından kaynaklanan ve insan gözü ile algılama yapılması mümkün olmayan klorofil deformasyonu sonucu oluşan kloroz koşullarının da yakın kızılötesi bölgeden ölçülen spektral yansıma değerleri ile belirlenebildiği sonucuna varılmıştır. Belirlenen bu sonuçları laboratuvar analizleri ile spektral yansıma değerleri arasında uygulanan istatistik analizler de desteklemektedir.

İstatistik analizler neticesinde elma ve kiraz ağaçlarında örnekleme yapılan lokasyonların her biri kendi içerisinde bağımsız değerlendirildiğinde yüksek doğruluk katsayılı (elma;  $91.88 < r^2 < 94.53$ , kiraz;  $87.54 < r^2 < 96.79$ ) tahmin modelleri elde edilmiştir. Ancak örnekleme yapılan lokasyonlardan alınan örnekler birleştirilerek değerlendirildiğinde doğruluk katsayısının düştüğü görülmektedir (elma;  $r^2 < 62.88$ , kiraz;  $r^2 < 69.05$ ). Bu düşüşün nedeni ise farklı lokasyonlarda bitkilerin organik yapısını etkileyen farklı ekolojik ve kültürel koşulların bulunmasıdır.

Araştırmada Zn noksanlığının belirlenmesinde kullanılacak dalga boylarının seçilmesi amacıyla spektral yansımaların türev grafikleri elde edilmiştir. Yalnızca Zn besin elementi noksanlığı belirlenen örneklerin en düşük ve en yüksek Zn seviyeleri karşılaştırılmıştır ve türev grafiğinde meydana gelen kırılmalardan 10 farklı dalga boyu (465, 520, 570, 600, 620, 650, 720, 730, 800 ve 850 nm) seçilmiştir. Türev grafiklerinden seçilen dalga boyları Zn besin elementini belirlemede yüksek doğruluk katsayılı tahmin modelleri (elma;  $71.85 < r^2 < 78.33$ , kiraz;  $50.72 < r^2 < 96.94$ ) vermiştir. Elde edilen doğruluk katsayıları neticesinde Zn besin elementi seviyesini tahmin etmede 465, 520, 570, 600, 620, 650, 720, 730, 800 ve 850 nm dalga boylarının arazi koşullarında kullanılacağı belirlenmiştir.

Elma ve kiraz ağaçlarında Zn noksanlığının yanında diğer bitki besin elementlerinin noksanlıkları yada yüksek dozları nedeniyle meydana gelebilen etkileşimlerin spektral yansımalar üzerinde oluşturduğu etkiler önemli bulunmuştur.

Elma ve kiraz ağaçlarından alınan yaprak örneklerinin kimyasal analizleri neticesinde aynı örneklerin spektral yansımaları karşılaştırıldığında özellikle N ve Fe besin elementi düzeylerinin spektral yansımaları etkilediği belirlenmiştir ve yansımalarda meydana gelen değişimin hangi besin elementinden kaynaklandığı bilinmemektedir. Bu yüzden anılan bitki besin elementlerinin kontrollü koşullarda ayrı ayrı çalışılması gerektiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak elma ve kiraz ağaçlarında Zn noksanlığının, görünür yakın kızılötesi spektroskopik yöntem ile arazi koşullarında belirlenebilirliğine yönelik ümit verici sonuçlara ulaşılmıştır. Ancak ekolojik koşulların değişmesinin ve tarımsal uygulama farklılıklarının spektral yansımaları etkilemesi, ve besin elementleri arasındaki interaksiyonlar konunun daha fazla araştırılması gerektiğini göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- Albayrak, S., Başayığıt, L. and Türk, M. 2011. Use of Canopy and Leaf Reflectance Indices for the Detection of Quality Variables of *Vicia* Species. *Int. Journal of Remote Sensing*.
- 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.
- Albayrak, S., Başayığıt, L. and 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.
- Anonim. 2008, TÜİK Tarımsal İstatistik Kayıtları.
- Anonim. 2010. Isparta İli Coğrafyası, <http://www.cografya.gen.tr/tr/isparta.html> [Ziyaret Tarihi 6 Nisan 2011].
- Arnon, D. I., 1949. Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts Polyphenoloxidase in Beta Vulgaris. *Plant Physiol.* 24: 1-5.
- Ausmus, B.S. and Hilty, J.W. 1972. Reflectance Studies of Healthy, Maize Dwarf Mosaic Virus-Infected, and *Helminthosporium Maydis*-Infected Corn Leaves, *Remote Sensing of Environment* 2, pp. 77–81.
- Basayigit, L., Albayrak, S. and 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*, Vol. 21, No. 2 (2009), 1302-1308.
- Başayığıt, L., Albayrak, S., Şenol, H. ve Akgül, H. 2008. Spektrometre Verileri İle Bitki Besin Elementi İçeriğinin Tahmin Edilebilirliği, 4. *Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, Konya*.
- Blackburn, G. A. 2006. Hyperspectral remote sensing of plant pigments, *Journal of Experimental Botany*, Vol. 58,(4): 855–867.
- Bresler, E., Charter, D. L. 1982. Saline and Sodic Soils. Principles Dynamics Modelling. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York., p.227.
- Chandrasekharan, R. 2005. Optical Properties of Leaves, *PHY 598 OS*, Final Report.
- Chang, C.-W., Laird, D.A., Mausbach, M.J., Hurburg Jr., C.R. 2001. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy Principal Components Regression Analysis of Soil Properties. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 65:480-490.
- Chen, M., Glaz, B., Gilbert, A. R., Daroub, H. S., Barton, E. F. and Wan, Y. 2002. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy Analysis of Phosphorus in Sugarcane Leaves. *Published in Agron, J.* 94:1324–1331
- Christensen, L., Bennedsen, B., Jørgensen, R., Nielsen, H. 2004. Modeling Nitrogen and Phosphorous Content at Early Growth Stages in Spring Barley Using Spectral Line Scanning. *Biosystem Engineering*.

- Curran, P. J., Windham, W. R., and Gholz, H.L. 1995. Exploring the Relationship Between Reflectance Red Edge and Chlorophyll Concentration in Slash Pine Leaves, *Tree Physiology*, 15, 203-206.
- Çakırlar, H., ve Topçuoğlu, S.F. 1985. Stres Terminolojisi. Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği, *Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi, Erzurum*.
- Dinç, U., Yeğingil, İ., Peştemalcı, V., Dinç, A. O., Kandırmaz, H. M. 2001. Uzaktan Algılamanın Temel Esasları ve Bazı Uygulamalar. Lisans Üstü Yaz Okulu, *Ders Notları*.
- Downton, W. J. S., Grant, W. J. R. and Robinson, S. P. 1985. *Plant Physiol.* 78:85-89.
- Erdal, İ. 2005. Leaf Nutrient Concentrations of Apple Orchards in Isparta Province, *Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*.
- Fairbrother, T. E. and Brink, G. E. 1990. Determination of Cell Wall Carbohydrates in Forages by Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Animal Feed Science and Technology*, 28, 293-302.
- Fitzgerald, E. 1972. Multispectral Scanning Systems and Their Potential Application to Earth Resource Surveys, Vol: 2, *European Space Research Organisation*, ESRD No: 1673.
- Gang Li., Wanb, S., Zhoua, J., Yanga, Z. and Qina, P. 2008. Leaf Chlorophyll Fluorescence, Hyperspectral Reflectance, Pigments Content,
- Genç, H., Genç, L., Turhan, H., Smith, S.E. and Naition, J.L. 2008. "Vegetation Indices as Indicators of Damage by the Sunn Pest (Hemiptera: Scutelleridae) to Field Grown Wheat", *African Journal of Biotechnology*, 7, 2, 173-180.
- 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
- Graeff, S., Steffens, D., and Schubert, S. 2001. Use of Reflectance Measurements for The Early Detection of N, P, Mg and Fe Deficiencies in *Zea mays* L. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164:445-450.
- Hart, W.G. 1980. Remote Sensing in Horticulture. Proceedings of the International Society of Citriculture. 168-171.
- Havaux, M., Erenez, M. and Lannoye, R. 1988. *J. Plant Physiol.* 133-555.
- Jacquemoud, S. and Ustin, S. I. 2001. Leaf Optical Properties: A state of the art. Proc. 8th Int. Symp. "Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing" (Aussois, France, Jan. 8-12). CNES, 2001, pp 223-232.
- Jain, N. and Ray, S. 2007. Use of hyperspectral data to assess the effects of different nitrogen applications on a potato crop, *Springer Science+Business Media*, Vol 8:225-239
- James, D. W., Hanks, R. J. and Jurinak, J. J. 1982. *Modern Irrigated Soils*. John Wiley and Sons Printed in the USA, 235.

- Jones, J.R., Wolf, B. and Mills, H. A. 1991. *Plant Analysis Handbook*, Micro Macro Publishing Inc.
- Kacar, B. ve İnal, A. 2008. *Bitki Analizleri*. Nobel Yayın, No: 1241, 892, ISBN 978-605-395-036-3, Ankara.
- Kacar, B. ve Katkat, A.V. 2007. *Bitki Besleme*. Nobel Yayın, No:849, 659, Ankara.
- Kacar, B. 1995. *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara.
- Kacar, B., Katkat, A. V., Öztürk, Ş. 2002. *Bitki Fizyolojisi*. 975-564-133-5
- Kalaji, M.H. and Pietkiewicz, S. 1993. *Acta Physiol. Plant.* 15:89-93.
- Kocaçalışkan, İ. 2003. *Bitki Fizyolojisi*.
- Laudien, R., Bareth, G. and Doluschitz, R. 2003. Analysis Hyper Spectral Field Data for Detection of Sugar Beet Diseases. EFITA 2003 *Conference, Deprecen. Hungary*.
- Lichtenthaler, H. K., Wenzel, O., Buschmann, C. and Gitelson, A. 2006. Plant Stress Detection by Reflectance and Fluorescence.
- Maktav, D., Sunar, F. 1991. Uzaktan Algılama-Kantitatif Yaklaşım (*Remote Sensing-A Quantitative Approach; Swain/Davis*), Çeviri Kitap, Hürriyet Ofset, İstanbul.
- Marten, G. C., Shenk, J. S., and Barton, F.E. 1989. Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of Forage Quality. *USDA Handbook*, vol. 643. Washington, DC: US Department of Agriculture, 1-96 pp.
- Martinello, P., Paoletti R. and Berardo, N. 1997. Effect of Phonological Stages on Dry Matter and Quality Components in Lucerne, *European Journal of Agronomy*.
- Merzlyak, M. N., Giletson, A.A., Chivkunova, O. B., Solovchenko, A.E. and Pogosyan, S. I. 2003. Application of Reflectance Spectroscopy for Analysis of Higer Plant Pigments. *Russian Journal of Plant Physiology* 50:704-710.
- Mündel, H.H. and Schaalje, G. B. 1988. Use of Near Infrared Reflectance Spectroscopy to Screen Soybean Lines for Plant Nitrogen, *Crop Science*, 28,157-162.
- Norris, K. H., Barnes, R. F., Moore, J. E., and Shenk, J.S. 1976. Predicting Forage Quality by Infrared Reflectance Spectroscopy, *Journal of Animal Science*, 43(4), 889-897.
- Oktay, M., Çolakoğlu, H. ve Hakerlerler, H. 1998. Bitkide Çinko. I. Ulusal Çinko Kongresi, 31-45.
- Osbourne, B. G., Fearn, T. and Hindle, P.H. 1993. *Practical NIR Spectroscopy With Applications in Food and Beverage Analysis* (Singapore: Longman).
- 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.

- Paljakoff ve Mayber, A. 1981. Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants. P. 389 (L.G. Paleg and D. Aspinall eds.). *Academic Press. Australia.*
- Pasquini, C. 2003. Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications. *J. Braz. Chem. Soc.* Vol. 14:2, 198-219.
- Penuelas, J., and Filella, I. 1998. Visible and Near-Infrared Reflectance Techniques for Diagnosing Plant Physiological Status. *Trends Plant Sci.* 3: 151-156.
- Penuelas, J., Pinol, J., Ogaya, R. and Filella, I. 1997. "Estimation of Plant Water Concentration by the Reflectance Water Index WI (R900/R970)", *International Journal of Remote Sensing*, 18, 2869-2875.
- Pugnaire, F.I., Endolz, L.S. and Pardos, J. 1994. Handbook of Plant and Crop Stress (M. Pessarakli, ed.). p. 247, Marcel Dekker, New York.
- Rao, G.R. 1981. *Ind. J. Espt. Biol.* 19:768-772.
- Robinson, S. P., Downton, W. J. S. and Millhouse, J.A. 1983. Photosynthesis and Ion Content of Leaves and Isolated Chloroplast in Relation to Ionic Compartmentation in Leaves, *Agric., Biochem. Biology*, 228:197-206.
- Sahrma, D.A. 1980. Effect of Using Salinity Water to Supplement Canal Water Irrigation on the Crop Growth of Rice. *Curr. Agric.*, 4:79-82.
- Seelig, H.D., Hoehn, A., Stodieck, L.S., Klaus, D.M., Adams III, W.W., Emery, W.J. 2007. "Relations of Remote Sensing Leaf Water Indices to Leaf Water Thickness in Cowpea, Bean, and Sugarbeet Plants", *Remote Sensing of Environment*.
- Shenk, J. S., Westerhaus, M. O. and Hoover M. R. 1979. Analysis of Forage by Infrared Reflectance, *Journal of Dairy Science*, 62, 807-812.
- Silva, T. A., Beyl, C.A. 2005. Changes Spectral Reflectance of Wheat Leaves in Response to Specific Macronutrients Deficiency. *Advances in Spaces Research, COSPAR Publication.* 35: 305-317.
- Slatyer, R.O. 1967. *Plant-Water Relationship.* Academic Press, New York.
- Thomas, J.R. and Gausman, H.W. 1966. Leaf Reflectance vs. Leaf Chlorophyll and Carotenoid Concentrations for Eight Crops, *Agron. J.*, vol. 69, pp. 799-802.
- Viscarra Rossel, R.A., Walvoort, D.J.J., McBratney, A.B., Janik, L.J., Skjemstad J.O. 2006. Visible, Near Infrared, Mid-Infrared or Combined Diffuse Reflectance Spectroscopy for Simultaneous Assessment of Various Soil Properties. *Geoderma* 131:1-2, 59-75.
- Wessman, C. A. 1994. Estimating Canopy Biochemistry Through Imaging Spectroscopy. In J. Hill, and J. Me'gier (Eds), *Imaging Spectroscopy a Tool for Environmental Observation* (pp. 57-69). Brussels: ECSC, EEC, EAEC.
- Xu, H.R., Ying, Y.B., Fu, X.P. and Zhu, S.P. 2007. Near-Infrared Spectroscopy in Detecting Leaf Miner Damage on Tomato Leaf, *Biosystems Engineering* 96 (4), 447-454.



Zhao, D., Reddy, K. R., Kakani, V.G., Read, J.J., Koti, S. 2005. Selection of optimum reflectance ratios for estimating leaf nitrogen and chlorophyll concentrations of field-grown cotton, *Agronomy journal*, v. 97, no. 1, p. 89-98.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Mert DEDEOĞLU  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Ankara/16.10.1985  
**Telefon** : 0507 244 03 17  
**Faks** : 0332 241 01 08  
**e-mail** : mdedeoglu@selcuk.edu.tr

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Yenimahalle Mobil Lisesi, Yenimahalle, Ankara	2002
Üniversite	: Süleyman Demirel Üniversitesi, Kampüs, Isparta	2009
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Kampüs, Konya	
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011	Selçuk Üniversitesi	Arş. Gör.

### UZMANLIK ALANI

Toprak Bilimi, Toprak Etüt ve Haritalama, Uzaktan Algılama ve CBS

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

### YAYINLAR