

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

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

**ARAZİ KOŞULLARINDA SPEKTROMETRİ YANSIMA  
TEKNİKLERİ İLE ŞEKER PANCARI BİTKİSİNDE AZOT,  
FOSFOR, POTASYUM BESLENME DURUMUNUN TESPİTİ**

**Yaşar Can ARI**

**Danışman  
Prof. Dr. Levent BAŞAYİĞİT**

**ISPARTA - 2019**



© 2019 [Yaşar Can ARI]

TEZ ONAYI

**ARAZİ KOŞULLARINDA SPEKTROMETRİ YANSIMA  
TEKNİKLERİ İLE ŞEKER PANCARI BİTKİSİNDE AZOT,  
FOSFOR, POTASYUM BESLENME DURUMUNUN TESPİTİ**

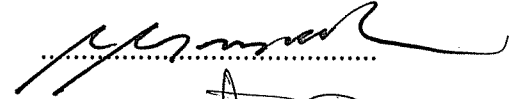
Yaşar Can ARI tarafından hazırlanan bu tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** olarak kabul edilmiştir.

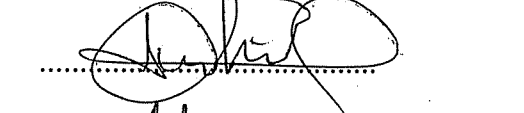
İmza


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

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

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

  
.....

  
.....

  
.....

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

**Prof.Dr. Yusuf UÇAR**  
**Enstitü Müdürü**

## ETİK BEYANI

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

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

28/05/2019

Yaşar Can ARI



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
İÇİNDEKİLER .....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	12
3.1. Materyal .....	12
3.1.1. Araştırma alanının yeri ve coğrafik konum .....	12
3.1.2. Spektrometre ve yazılımlar .....	16
3.2. Yöntem .....	18
3.2.1. Şeker pancarı örneklerinin alınacağı tarlaların belirlenmesi .....	18
3.2.2. Spektral ölçümler ve yaprak örneklerinin alımı .....	20
3.2.3. Spektral verilerin işlenmesi .....	21
3.2.4. Laboratuvar analizleri .....	21
3.2.5. İstatistik analizler .....	22
4. BULGULAR .....	23
4.1. Laboratuvar Analizleri .....	23
4.1.1. Azot (%N) besin elementi içeriği .....	23
4.1.2. Fosfor (%P) besin elementi içeriği .....	27
4.1.3. Potasyum (%K) besin elementi içeriği .....	31
4.2. Spektral Verilere Ait Bulgular .....	35
4.3. İstatistik Değerlendirmeler .....	39
4.3.1. Şeker pancarı azot (%) içeriği tahmin modelleri .....	39
4.3.2. Şeker pancarı fosfor (%) içeriği tahmin modelleri .....	44
4.3.3. Şeker pancarı potasyum (%) içeriği tahmin modelleri .....	49
4.3.4. Yersel spektral ölçümler ile şeker pancarı N, P ve K (%) tahmin modelleri ...	55
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	57
KAYNAKLAR .....	62
ÖZGEÇMİŞ .....	69

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ARAZİ KOŞULLARINDA SPEKTROMETRİ YANSIMA TEKNİKLERİ İLE ŞEKER PANCARI BİTKİSİNDE AZOT, FOSFOR, POTASYUM BESLENME DURUMUNUN TESPİTİ

Yaşar Can ARI

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

Danışman: Prof. Dr. Levent BAŞAYİĞİT

Bu çalışmada, hiperspektral sensör sistemlerinin, tahribatsız tespiti ve şeker pancarı bitki besin elementi değişimlerinin potansiyeli incelenmiştir. Özellikle, hiperspektral vejetasyon verileri için basitleştirilmiş ve çoğaltılabilir bir veri analizi yöntemini kolaylaştırmak amacıyla, şeker pancarının üç besin elementi içeriğinin karşılaştırılması yapılmıştır. Şeker pancarı vejetasyon dönemi içerisinde yaprakların yansıma spektrumu (400-1000 nm) azot, fosfor ve potasyum besin elementi içeriğini bir spektro-radyometre ile kaydedilmiştir. Besin elementine özgü spektral imzalar için analiz edilmiştir. Her dalga boyu için spektral farkın ve yansıma hassasiyetinin hesaplanması, spektral imzaların görünür ve yakın kızılötesi bölgesinde yüksek ilgi alanlarına vurgu yapmıştır. En iyi korelasyon gösteren spektral bantlar, besin elementine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Fizyolojik parametreler ile ilgili spektral bitki örtüsü yansımaları hesaplanmıştır ( $p < 0.05$ ). Şeker pancarında vejetasyon dönemi içerisindeki farklılıklar tespit edilerek çoklu karşılaştırma metoduna göre çeşitli bantlar indirgenerek yüksek belirleme katsayılı ( $r^2$ ) altı ve daha az değişkenli modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller ile şeker pancarı vejetasyon dönemindeki azot, fosfor ve potasyum besin elementleri konsantrasyonları belirlenmiştir. Sonuçlar, üç besin elementinin şeker pancarı içeriğindeki değişimin spektrodijometre ölçümleri kullanılarak ayırt edici bir farklılaşmasının, kombinasyon halinde altı veya daha az bant kullanılarak mümkün olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Spektrodijometre, VNIRS, Azot, Fosfor, Potasyum, Tahmin modeli, Hiperspektral Ölçümler

2019, 69 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **DETERMINATION OF NITROGEN, PHOSPHORUS, POTASSIUM NUTRITION STATUS OF SUGAR BEET PLANT BY SPECTROMETRY REFLECTION TECHNIQUES IN LAND CONDITIONS**

**Yaşar Can ARI**

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

**Supervisor: Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞIT**

This study examines the potential of non-destructive detection and exchange of sugar beet plant nutrients in hyperspectral sensor systems. In particular, a comparison of the three nutrient content of sugar beet was made to facilitate a simplified and reproducible data analysis method for hyperspectral vegetation data. The reflection spectrum (400-1000 nm) of the leaves in the sugar beet vegetation period was replaced by a spectro-radiometer of the nutrient content of nitrogen, phosphorus and potassium. Analyzed for nutrient-specific spectral signatures. Calculation of spectral difference and reflection sensitivity for each wavelength emphasized high interest in the visible and near-infrared region of spectral signatures. Spectral bands showing the best correlation were different depending on the nutrient element. Spectral vegetation reflections related to physiological parameters were calculated ( $p < 0.05$ ). Differences in sugar beet vegetation period were determined and various bands were reduced according to multiple comparison method and models with a high determination coefficient ( $r^2$ ) six and less were developed. Nitrogen, phosphorus and potassium nutrient concentrations in sugar beet vegetation period were determined with developed models. The results showed that a distinctive differentiation of the change in sugar beet content of three nutrients using spectroradiometer measurements is possible using six or fewer bands in combination.

**Key Words:** Spectroradiometer, VNIRS, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Estimation model, Hyperspectral measurements

**2019, 69 pages**

## **TEŞEKKÜR**

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞIT'e teŐekkürlerimi sunarım. Literatür araştırmalarımnda, arazi çalışmalarında ve labarotavuar çalışmalarında yardımcı olan Doktorant Sinan DEMİR'e teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını gördüğüm Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü ğretim üyelerine ve Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakülte yönetimine teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

**Yaşar Can ARI**  
ISPARTA, 2019



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Çalışma alanı coğrafi konum .....	13
Şekil 3.2. Afyonkarahisar ili iklim verileri .....	15
Şekil 3.3. ASD FieldSpec (RS 3) HandHeld spektrometre bitki probu .....	17
Şekil 3.4. Yöntem akış şeması .....	19
Şekil 4.1. Şeker pancarı azot (%) içeriğinin örnekleme zamanına göre değişimi....	27
Şekil 4.2. Şeker pancarı fosfor (%) içeriğinin örnekleme zamanına göre değişimi...	31
Şekil 4.3. Şeker pancarı potasyum (%) içeriğinin örnekleme zamanına göre değişimi .....	35
Şekil 4.4. Şeker pancarı örneklerinin ortalama ilk 5 zamana göre yansıma grafiği...	36
Şekil 4.5. Şeker pancarı örneklerinin ortalama son 5 zamana göre yansıma grafiği .	36
Şekil 4.6. Şeker pancarı yapraklarının örnekleme zamanı başlangıç ve bitiş tarihindeki ortalama yansıma grafiği .....	37
Şekil 4.7. Şeker pancarı yapraklarının örnekleme zamanı başlangıç ve bitiş tarihindeki ortalama türev yansıma grafiği.....	38

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Şeker pancarı örnekleme alanları ve tarihleri .....	20
Çizelge 4.1. Şeker pancarında noksan, yeterli ve fazla besin elementi seviyeleri .....	23
Çizelge 4.2. % Azot içeriklerine ait tanımlayıcı istatistik.....	24
Çizelge 4.3. Şeker pancarı fosfor(%) içeriğinin örnekleme zamanına göre değişimi	24
Çizelge 4.4. % Fosfor içeriklerine ait tanımlayıcı istatistik.....	28
Çizelge 4.5. Şeker pancarı fosfor (%) içeriğinin örnekleme zamanına göre değişimi .....	28
Çizelge 4.6. % Potasyum içeriklerine ait tanımlayıcı istatistik.....	32
Çizelge 4.7. Şeker pancarı potasyum (%) içeriğinin örnekleme zamanına göre değişimi .....	32
Çizelge 4.8. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Mayıs 2018).....	39
Çizelge 4.9. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Haziran 2018) .....	40
Çizelge 4.10. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Haziran 2018) .....	40
Çizelge 4.11. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Temmuz 2018).....	41
Çizelge 4.12. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Temmuz 2018).....	41
Çizelge 4.13. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Ağustos 2018).....	42
Çizelge 4.14. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Ağustos 2018).....	42
Çizelge 4.15. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Eylül 2018) .....	43
Çizelge 4.16. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Eylül 2018) .....	43
Çizelge 4.17. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Ekim 2018) .....	44
Çizelge 4.18. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Mayıs 2018) .....	45
Çizelge 4.19. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Haziran 2018).....	45
Çizelge 4.20. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Haziran 2018).....	46
Çizelge 4.21. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Temmuz 2018).....	46
Çizelge 4.22. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Temmuz 2018).....	47
Çizelge 4.21. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Ağustos 2018) .....	47
Çizelge 4.24. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Ağustos 2018) .....	48
Çizelge 4.25. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Eylül 2018).....	48
Çizelge 4.26. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Eylül 2018).....	49
Çizelge 4.27. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Ekim 2018).....	49
Çizelge 4.28. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Mayıs 2018).....	50
Çizelge 4.29. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Haziran 2018) .....	50
Çizelge 4.30. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Haziran 2018) .....	51
Çizelge 4.31. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Temmuz 2018).....	51
Çizelge 4.32. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Temmuz 2018).....	52
Çizelge 4.33. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Ağustos 2018).....	52
Çizelge 4.34. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Ağustos 2018).....	53
Çizelge 4.35. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Eylül 2018) .....	53
Çizelge 4.36. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Eylül 2018) .....	54
Çizelge 4.37. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Ekim 2018) .....	54
Çizelge 4.38. %N, %P ve %K 6 değişkenli tahmin modelleri.....	55

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AAS	Atomik absorpsiyon spektrometre
ADF	Asit deterjan fiberi
ANOVA	Analyze of varyans (Varyans analizi)
EMS	Elektromanyetik spektrum
GPS	Global position system (Küresel konumlandırma sistemi)
IBM	Uluslar arası iş makineleri
K	Potasyum
MİNİTAB	İstatistik paket programı
N	Azot
NDF	Nötr deterjan fiberi
NIR	Near infrared region (Yakın kızılötesi bölge)
nm	Nanometre
ms	Milisaniye
P	Fosfor
R <sup>2</sup>	Belirleme katsayısı
RMSE	Root mean square error ( Kök hata kareler ortalaması)
SPSS	Statistical package for the social sciences
VNIR	Visible near infrared region (Görünür yakın kızılötesi bölge)

## 1. GİRİŞ

Hiperspektral yansıma teknikleri uzaktan algılama teknolojilerinin bir kolu olarak gelişmiştir. Bu tekniklerin, geleneksel laboratuvar yöntemlerine göre toprak ve bitki analiz yöntemlerinin geliştirilmesi ya da değiştirilmesi için spektroskopik tekniklerin olası alternatifler olduğu düşünülmektedir. Bu spektroskopik tekniklere kütle spektroskopisi (MS), nükleer manyetik rezonans (NMR), görünür (VIS), yakın kızılötesi (NIR) ve orta kızılötesi (MIR) spektroskopisi örnek olarak verilebilir. Ayrıca kızılötesi spektroskopide, tek bir spektrum çeşitli bitki bileşenlerinin eş zamanlı karakterizasyonuna izin verir. Görünür (VIS) ve kızılötesi yansıma spektroskopisi, geleneksel bitki analizi tekniklerine göre; hızlı, zamanında ve daha ucuzdur. Bu nedenle çok sayıda analiz ve bitki numunesi olduğunda daha verimli sonuçlar vermektedir. Üstelik, spektroskopik teknikler pahalı ve zaman alıcı numune ön işlemleri veya (çevreye zararlı) kimyasal ekstraktların kullanılmasını gerektirmez. Görünür (VIS) ve yakın kızılötesi (NIR) spektroskopisi, bazı durumlarda, geleneksel analitik analizlerden daha kolay ve bazen de daha doğru olabilir. Diğer bir avantaj, “hareket halindeyken” arazi kullanımına yönelik tekniklerin potansiyel uyarlanabilirliğidir (Rossel vd., 2006). Bunlar, özellikle çevresel izleme, modelleme ve tarımda kullanılmak üzere daha büyük miktarlarda kaliteli, ucuz mekansal toprak ve bitki verisine ihtiyaç duymaktadır. Bu gereksinimlerin karşılanmasında spektroskopik yöntemlere bir ihtiyaç olduğu için özellikle avantajlıdır.

Hiperspektral yansıma ölçümlerinin yapılmasında kullanılan en yaygın araçlar ise Spektrometrelerdir. Spektrometreler yardımıyla çeşitli dalga boylarındaki meydana gelen yansıma değerleri ölçülmektedir. Bu ölçülen yansıma değerleri ile bitki ve toprak özellikleri arasında bir anlamlı ilişkiler bulunduğu bilinmektedir. Görünebilir yakın kızılötesi bölgede (VNIR) yansıyan enerjinin ölçümünü temel alan bu sistemler ile yapılan ölçümlerin bitkilerin NH, OH ve CH gruplarının gerilmesi ve bükülmesinden kaynaklanan zayıf titreşimler ve bu temel titreşimlerin kombinasyonlarını belirlemede kullanılabilirliğine ait çalışmalar ise devam etmektedir. VNIR teknikler bitkilerin vejetatif kısımlarındaki yansıma değerleri ile kimyasal kompozisyonu arasındaki ilişkinin çeşitli istatistiksel yöntemlerle tahminine dayanmaktadır.

Bitkilerin vejetatif ve generatif gelişimi için gerekli olan besin elementlerinin analitik yollarla belirlenmesine yönelik çalışmalara alternatif olarak yapılan çalışmalar 1970'li yılların başında başlamıştır. Bitkilerin kimyasal kompozisyonunun belirlenmesinde spektrometrik ölçümlerin kullanılabilirliği o zamandan itibaren araştırılmaktadır (Norris vd., 1976; Marten ve vd., 1989; Wessman, 1994; Curran vd., 1995; Lichtenthaler vd., 1998; Başayığit ve Şenol, 2009; Dedeoğlu, 2011; Dedeoğlu ve Başayığit, 2012). Bitkilerin elektromanyetik spektruma verdikleri karakteristik yansımalar spektrometrik ölçülerek her bitkinin kimyasal içeriği belirlenmektedir. Bu karakteristik yansıma tarımsal üretimi yapılan ürünler için kullanımını her geçen gün arttırmaktadır.

Şeker, insan beslenmesinde önemli kalori kaynağı olan ve insan vücudunun işlevsel faaliyetleri için gerekli temel besin maddesidir. Şeker pancarındaki şekerin sakaroz olduğunu 1747 yılında Alman kimyager Andres Marggral bulmuştur. Daha sonra tarımsal olarak üretilen Şeker pancarı ürünlerinin işlenmesine yönelik ilk şeker fabrikası 1802 yılında kurulmuştur. Türkiye'de şeker pancarı yetiştirme denemeleri 1915 yılından itibaren başlanılmıştır. Üretilen Şeker pancarının kök bölgesindeki şekerin çıkarılması için 1926 yılında Uşak ve Alpullu şeker fabrikaları açılmıştır. 1995 yılında 30 adet şeker fabrikası ve Şeker Enstitüsü Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. çatısı altında toplanmıştır (Şatana, 2011).

Şeker pancarı tarımı enstansif bir tarımdır. Çiftçiyi tarlaya ve köye bağlayan, ileri teknoloji gerektirmesi nedeniyle üreticilerimizin tarımsal bilgi ve kültür düzeylerini yükselten, ailenin tüm fertlerine çalışma imkânı ve istihdam sağlayan, nüfusun kırsal kesimde tutulmasına, iç göçün yavaşlatılmasına ve bölgesel kalkınmışlık farklarının azaltılmasına en büyük katkıyı sağlayan ürünlerin başında gelmektedir. Alternatifi olmayacak kadar büyük öneme haiz olan şeker pancarı üretimi, Türkiye'de tarıma dayalı güçlü sanayinin en önemli ve en başarılı örneğini temsil etmektedir (Dedeoğlu ve Başayığit, 2018).

Ülke ekonomisi için önemli bir üretim potansiyeline sahip şeker pancarında yanlış yetiştirme teknikleri ve üretim girdilerindeki küçük artışlar büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Üretim girdilerinin başında ise gübreleme gelmektedir.

Fazla veya eksik gübre kullanımı verimi ve kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Yeteri kadar ve dengeli beslenme için gübre uygulamaları mutlak gereklidir ve ne kadar gübre uygulanacağına tespiti için toprak analizlerinin yanında yaprak analizlerinin de yapılması ihtiyacıdır (Akgül ve Uçgun, 2004). Ancak bu analizlerin yapılabilmesi tam donanımlı bir laboratuvar altyapısı gerektirmektedir ve oldukça pahalıdır (Başayığı vd., 2008). Azot yetersizliğinde bitkiler genellikle soluk açık yeşil bir görünüm kazanır, ileri noksanlık durumlarında ise yaşlı yapraklardan başlayarak homojen sararmalar başlar. Azot eksikliği özellikle bitkinin vejetatif gelişimini olumsuz etkiler. Yaprak ve gövde sistemi zayıf olur, vejetatif gelişme periyodu kısalmır. Bitkiler erken olgunlaşır, erken çiçek açar ve erken yaşlanır (Bergmann, 1992; Aktaş, 1995). Şeker pancarında azot noksanlığında bitkiler zayıf ve açık yeşil renkte belirtiler göstermektedir. Çimlenme başlangıcında kotiledon yaprakların sarımsı renkli olmasına karşılık, orta yapraklar yeşil rengini korur. Altı yapraklı safhada ise yaşlı yapraklar sararır ve ileri dönemde yapraklarda homojen sararma ortaya çıkar. Yumrular küçük, şeker oranı yüksektir. Fosfor noksanlığında tohumların çimlenmesi düzensizdir. Bitkilerin çıkışıyla birlikte yapraklar normalden küçük olur ve mor ya da siyahımsı kahve lekelerle kaplanır, kenarlarda nekrozlar oluşur. Yaşlı yapraklar sarımsı yeşile döner ve erken ölür. Gelişme geriler ve bitkiler normale göre kısa ancak sert ve dik halledirler. Potasyum noksanlığında yapraklarda rozetleşmeler ortaya çıkar. Yapraklar mavimsi yeşil renkli ve aşağı doğru kıvrık olur. Damarlar arasında sarıdan kırmızımsı kahverengine kadar değişen tonlarda renk açılmaları gözlenir. Renk değişimleri yaşlı yaprakların kenar ve uçlarında başlar, ileri aşamalarda yapraklarda solma ve ölümler söz konusudur (Mahlein vd., 2012).

N, P, K bitkiler üzerindeki bu çok yönlü etkisi nedeniyle bu besin elementiyle beslenme yetersizliği durumunda bitkilerde verim ve ürün kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu da N, P, K noksanlığının gözle görülür etkileri ortaya çıkmadan önce belirlenebilir, erken dönemde tedbirler alınmasının önemini arttırmaktadır. Spektrometrik ölçüm yöntemleri arazide ölçüme dayanan ve kısa sürede verilerin alınabildiği geleneksel laboratuvar yöntemlerine göre nispeten daha ekonomik bir tekniktir. Bu teknikle bitki besin elementlerinin eksiklik durumlarının belirlenebilmesi halinde çok kısa sürede, arazide ve pratik bir şekilde uygulanabilen bir metodun geliştirilmesi için önemli katkı sağlanacaktır. Bu sayede geleneksel laboratuvar yöntemlerine göre çok daha yaygın bir kullanım alanı bulacaktır.

Bu nedenle bitkilerin kimyasal kompozisyonlarını daha hızlı ve daha ucuz bir şekilde belirleyebilmek için 1970'li yılların başından bu yana spektrodijometrik ölçümlerin kullanılabilirliği araştırılmaktadır (Norris vd., 1976; Marten vd., 1989; Wessman, 1994; Curran vd., 1995).

Tez çalışması şeker pancarı bitkisinin daha hızlı ve daha ucuz bir şekilde belirleyebilmek için hiperspektral algılama yöntemleri ile makro besin elementi olan ve noksanlığında önemli kayıplara yol açan azot, fosfor ve potasyum içeriklerinin spektrodijometre ile arazide belirlenmesi ve modellenmesi araştırılmıştır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Stres, mahsul verimliliğini sınırlayan veya biyokütleyi yok eden bir fenomen olarak tanımlanmaktadır (Grime, 1979). Ekolojistler, fizyologlar ve agronomistlerin bitkilerin yaşadığı stresi biyotik ve abiyotik olmak üzere iki ana kategoriye ayırmaları geleneksel hale gelmiştir. Biyotik stresler organizmalar arasındaki etkileşimlerden kaynaklanırken, abiyotik stresler organizmalar ile fiziksel çevre arasındaki etkileşime bağlı olan streslerdir. Açıkçası, biyotik stresler, kaynaklar için organizmalar arasındaki rekabetten, avlanma ve parazitizmden ve bir organizma tarafından salınan ve diğerini etkileyen allelopatik kimyasalların davranışlarından kaynaklanmaktadır.

Günümüz iklim değişikliği senaryolarında, ürünler kuraklık, tuzluluk, yüksek sıcaklık, kirlilik ve besin yetersizlikleri gibi biyotik veya abiyotik streslere daha sık maruz kalmaktadır. Bu stresler mahsul üretimini sınırlar. Abiyotik stres yönetimi, tarımın karşılaştığı en önemli zorluklardan biridir. Abiyotik stres, geniş alanlardaki mahsul seçimini ve tarımsal üretimi sürekli olarak sınırlayabilir ve aşırı olaylar, toplam mahsulün bozulmasına neden olabilir. Abiyotik ve biyotik stresler, bireysel çiftçilerin ve ailelerinin geçim kaynaklarını, ulusal ekonomileri ve gıda güvenliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Pandey vd., 2017).

Abiyotik stresler; tuzluluk, kuraklık, sel, ağır metal toksisitesi, besin eksikliği, yüksek sıcaklık ve düşük sıcaklık gibi potansiyel olumsuz etkileri içerir. Bitkiler, temel bir kaynağın kıtlığından veya yüksek miktarda toksik veya antagonistik bir maddenin varlığından kaynaklanan abiyotik stres yaşayabilir. Abiyotik ve biyotik stresler çoğu zaman ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır (Dedeoğlu ve Başayığit, 2013; Shivhare ve Lata, 2017; Jeandroz ve Lamotte, 2017).

Şeker pancarında hastalıkların spektral yöntemlerle tespit edilmesinin mümkün olduğu belirtilmiştir (Mahlein, 2016; Gogoi vd., 2018). Yakın kızılötesi bölgede Şeker pancarının hasta ve sağlıklı yapraklarındaki yansıma farklı olmaktadır. Şeker pancarı yapraklarındaki hastalıktan kaynaklanan bozulma daha az yansıma göstermesine sebep olmuştur (Laudien vd., 2003). Şeker pancarı hastalıkları dünya çapında şeker pancarı üretiminde ciddi tehditler oluşturmaktadır. Spektrometre



kullanılarak Şeker pancarı patojenleri *Cercospora beticola* (Sacc.), *Erysiphe betae* (Vanha) Weltzien ve *Uromyces betae* (persoon) Lev. ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Şeker pancarında *Cercospora beticola* (Yaprak lekeli hastalığı), *Erysiphe betae* (Külleleme) ve *Uromyces betae* (Şeker pancarı pası) verim ve kalite kaybına sebep olan bu hastalıklar spektrometre ile karakteristik yansıma ölçümleri ile sağlıklı bitkilerden ayrılabilir. Ayrıca spektrometre ile morfolojik olarak belirtiler başlamadan önce tespitinin mümkün olduğu belirtilmiştir (Mahlein vd., 2010).

Araştırmacılar, bitki yaprak besin içeriklerini tahmin etmek için yaprak ve kanopi seviyelerinde hiperspektral ve multispektral verilerini kullanmışlardır. Multispektral veriler, elektromanyetik spektrumun (EMS) belirli bölgelerinde nispeten daha az spektral bantta veya daha geniş bant genişliklerinde kaydedilmektedir. Hiperspektral veriler, görülebilen (400-700 nm), yakın kızılötesi (NIR: 700-1300 nm) ve EMS'nin kısa dalga kızılötesi (SWIR: 1300–2500) bölgelerine kadar birçok dar, yarı sürekli spektral bantta kaydedilmektedir.

Read vd. (2002), azot (N) gübre uygulamalarının pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) yaprak N durumuna göre uyarlanması, N kullanım verimliliğini optimize edebilir ve aşırı gübre kullanımının saha dışındaki etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışma, yaprak klorofiline (Chl) ve dolayısıyla N durumunun pamuktaki duyarlılık oranlarını belirlemek için 350 ila 950 nm aralığında yaprak ve kanopi yansıtmasını karşılaştırmışlardır. İşlemler ve örnekleme tarihlerinde 51 ile 19 g kg<sup>-1</sup> arasında değişen yaprak N değerlerine rağmen, Chl ve N arasında zayıf bir korelasyon elde etmişler (R<sup>2</sup> = 0.32, df = 70). Genel olarak, azot stresi 695 ± 2.5 nm'de (R 695) artmış yansıtma ve R410'da azalmış yansıma göstermesine neden olduğunu belirlemişler. Yaprak azot konsantrasyonundaki değişiklikler en iyi yapraklarda R 695 veya R 755 ile ya da R410 veya R 700 ile ilişkili olduğunu belirlemişler. R 415 ölçüsü, yansıma kırmızı kenarı (690-730 nm) boyunca daha belirgin değişikliklerle karşılaştırıldığında, N stresi altında daha kararlı bir spektral özellik olduğunu belirlemişler. Çoklu regresyon modeli ile yaprak N'deki değişkenliğin %80'ini açıklayan üç spektral dalga bantlı kanopi yansıtma modelini tanımlamışlardır. Sonuçta, pamukta N durumunun uzaktan algılanmasının, spektrumun mor veya mavi bölgesini içeren dar dalga bandı (400 ila 450 nm)

yansıma oranlarını ve ya daha yaygın özellikli kırmızı kenar dalga bandı (690-730 nm) yansıma bölgesi kullanılarak mümkün olduğunu belirlemiştirlerdir.

Osborne vd. (2002), P ve N eksikliğinin göstergesi olan dalga boyu veya dalga boyu kombinasyonlarını ve ayrıca mısırdaki (*Zea mays* L.) etkileşimlerini belirlemek için arazi denemesi yapılmıştır. Diğer stresler ve etkileşimler tam olarak değerlendirmemişlerdir. Arazi deneyi, sulu tarım yapılan mısır sistemindeki dört azot ve fosfor dozunu tesadüf blokları deneme desenine göre yapmışlardır. Dört uygulama dozu N (0, 67, 134 ve 269 kg N ha<sup>-1</sup>) ve P (0, 22, 45 ve 67 kg P ha<sup>-1</sup>) uygulanmıştır. Spektral yansıma ölçümleri, 350-1000 nm aralığındaki dalga boyları kullanılarak, çeşitli büyüme aşamalarında yapılmıştır. Bitki N ve P konsantrasyonu, bitki biyokütlesi, tanedeki N ve P konsantrasyonu ve tane verimi ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, yakın kızılötesi (NIR) ve mavi bölgelerdeki yansıma, V6 ve V8 büyüme aşamaları arasındaki erken sezon P stresi görüldüğü belirlenmiştir. Vejetasyon sonuna doğru P stresi tespit edilmemiştir. Bitki N konsantrasyonu, spektrumun kırmızı ve yeşil bölgelerinde yansıma kullanılarak en iyi tahmin edilirken, tane verimi büyüme aşamasındaki değişen özel dalga boylarındaki yakın kızılötesi bölgesindeki yansıma kullanılarak tahmin edildiğini belirlemişlerdir.

Zhao vd. (2005), azot (N) eksikliğinin sorgum büyümesi, fizyolojisi ve yaprak hiperspektral yansıma özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek için arazi kültür koşulları altında yaptıkları çalışmada, sorgum N konsantrasyonları ve tamamen genişletilmiş yaprakların hiperpektral yansıması N dozları sırasında 3-4 gün aralıklarla ölçümler yapılarak 21 ile 58 gün arasında ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Azot eksikliğinin, yaprak alanını, yaprak klorofil içeriğini ve fotosentez oranını önemli ölçüde azalttığını ve daha düşük biyokütle verimi verdiğini belirlemişlerdir. Azot eksikliğinin stresi, 555 nm (R555) ve 715 nm'de (R715) yaprak yansımasını arttırdığını ve daha kısa dalga boylarına kırmızı kenar bölgesine kaymasına neden olduğunu belirlemişlerdir. Yaprak N konsantrasyonları, R1075 / R735 ( $r^2 = 0.64$  \*\*\*) yansıma oranları ve aynı zamanda yansıtıcı maddenin ilk türevleriyle ( $dR / \lambda$ ) doğrusal olarak ilişkili kırmızı kenarda 730 nm ( $r^2=0.73$ ) veya 740 nm ( $r^2=0.82$ ) merkezlidir. Yaptıkları çalışma sonucunda, spesifik yansıma oranları veya ilk türevleri ( $dR / d\lambda$ ) ile sorgum klorofil içeriği ve bitki N

konsantrasyonunun hızlı ve tahribatsız tahmini yersel hiperspektral ölçümlerin kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Zhang vd. (2006), Çin'in Zhejiang Eyaleti, Jiashan ve Yuhang kentlerinde, kanopi spektral yansımaları kullanarak, pirinç bitkisinin azot durumunu tahmin etmenin uygulanabilirliğini incelemek için iki arazi deneyi yapmışlardır. Farklı azot (N) seviyelerinde yetiştirilen pirincin kanopi spektral yansımaları, birkaç önemli büyüme aşamasında belirlemeyi başarmışlardır. İstatistiksel analizler, farklı N uygulama seviyelerinin bir sonucu olarak, farklı büyüme aşamalarındaki azot (N) konsantrasyonlarında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Spektral yansımaları ölçümleri, pirincin N statüsünün görünür ve NIR (kıızılötesi yakın) bölgelerindeki yansımaları ile ilişkili olduğunu gösterdiği için, 1 nm bant genişliğindeki pirinç gözlemleri daha sonra IKONOS (uydu görüntüsü) ile görünür ve NIR spektral bölgelerinde bant genişliğine dönüştürülmüştür. Pirincin N durumunu tahmin etmek için belirli bantlar seçilerek bitki örtüsü endeksleri kullanmışlardır. Sonuçlar, simüle edilmiş IKONOS bantları için oran bitki örtüsü endeksine (RVI) ve normalize edilmiş fark bitki örtüsü endeksine (NDVI) dönüştürülen kanopi yansıtma ölçümlerinin, simüle edilmiş IKONOS bantlarındaki yansıtma ölçümlerinden daha iyi bir pirinç N durumu öngördüğünü göstermişlerdir. RVI ve NDVI kullanılarak geliştirilen regresyon modellerinin kesinliği,  $R^2$ 'nin 0.82 ile 0.94 arasında değiştiği ve farklı bir bölgeden gelen deneysel verilerle doğrulandığında, sonuçları 0.55 ile 0.70 arasında değişen  $R^2$  ile tatmin etmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda teorik olarak uzaktan algılanan verileri kullanarak, N durumunu izlemenin mümkün olduğunu belirtmişlerdir.

Reyniers ve Vrindts (2006), yüksek çözünürlüklü multispektral verileri IKONOS uydu görüntüsü ve multispektral radyometre verisi kullanarak yaptıkları çalışmada, buğday N durumunun uydu görüntüsü ve yersel ölçümlerle kıyaslanmasını araştırmışlardır. Üç buğday tohumuna beş farklı azot dozu uygulanarak deneme alanındaki bitkilerde meydana gelen azot değişimlerini saptamaya çalışmışlardır. Hektara uygulanan kilogram azot içeriği ile NDVI değerleri uydu verisinde 0.76 ve multispektral radyometre verisinde 0.86 korelasyon göstermiştir. Deneme alanından elde edilen buğday tanelerinin azot içeriğinin belirlenmesinde uydu verisinde 0.86 ve multispektral radyometre verisinde 0.91 korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma

sonucunda her iki uzaktan algılama verisinin buğday azot stresini belirtmek için kullanılabileceğini, ancak multispektral radyometre ile yerden yapılan ölçümlerin daha doğru olduğunu belirtmişlerdir.

Albayrak (2008), Isparta'da yapay sainfoin (*Onobrychis sativa Lam.*) meralarında azot (N), fosfor (P), potasyum (K), asit deterjan lifi (ADF) ve nötr deterjan lifi (NDF) içeriğini spektrometre kullanarak mera kalitesine etki eden parametrelerin tahmin edilmesinde yersel hiperspektral ölçümlerin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Kanopi yansıma ölçümleri, portatif bir spektrometre kullanılarak Mayıs ve Haziran aylarında, 2007 ve 2008 yıllarında yapılmıştır. Sainfoin merası N, P, K, ADF ve NDF içerikleri R780 / 650 ( $0.61 \leq r^2$ ) ve 760/630 ( $0.70 \leq r^2$ ) yansıma oranları ve yansıma ilk türevleri ile doğrusal olarak bağıntılıdır. Her bir yem değişkeni ile yansıma veya birinci türevlerin yansıma arasındaki doğrusal denklemler, R780 ve R760 dalga boylarında yüksek  $r^2$ 'ye (sırasıyla  $0.68 \leq r^2 \leq 0.83$  ve  $0.79 \leq r^2 \leq 0.90$ ) tahmin edilmiştir. Yem kalitesine etki eden parametreler N ( $R^2=0.87$ ), P ( $r^2=0.91$ ), K ( $r^2=0.83$ ), ADF ( $r^2=0.93$ ) ve NDF ( $r^2=0.86$ ) yüksek doğrulukta tahmin edilmiştir. Yaptığı çalışma sonucunda mavi, yeşil, kırmızı ve NIR / Red ve NDVI oranlarına yakın kızılötesi dalga bantlarındaki kanopi yansımasının sainfoin meralarında yem kalitesi değişkenlerinin tahmininde kullanılabileceğini belirtmiştir.

Başayığit ve Şenol (2009), spektrometre kullanarak farklı yaprak döken meyve bahçelerinin (armut, kiraz, şeftali ve kayısı) bazı makro ve mikro besin içeriğinin tahmin olasılığını araştırmışlardır. Çalışmada bitki probu ve foreoptik lens ( $10^\circ$  açılı) spektrometre aparatı kullanılarak mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bantlardan elde edilen hiperspektral yansıma değerlerini kullanmışlardır. Çoklu regresyon analiz yöntemi hiperspektral yansıma verileri ile N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu içeriğini tahmin etmek için kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları, spektral yansıma değerleri ile besin içerikleri arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir. Spektrometreden elde edilen değerlerin, tarladaki yaprak döken meyve bahçelerinin yapraklarının N, P, K, Mg ve Mn içeriğini tahmin etmede kullanılabileceğini ve bu amaçla elektromanyetik spektrumdaki 440, 520, 600 ve 720 nm'deki yansımaların, bazı yaprak döken bahçe bitkilerinde K içeriği ile güçlü bir ilişkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Zhai vd. (2013), Çin'in Yixing bölgesinde yaptıkları çalışmada, mevcut azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) içeriğini tahmin etmek için kısmi en küçük kareler regresyonunu (PLSR) ve vektör makinesi regresyon (SVMR) yöntemlerini karşılaştırmayı araştırmışlardır. FieldSpec Pro FR taşınabilir spektrometre kullanılarak 95 adet yaprak örneği laboratuvar koşullarında yansıtma ölçümleri yapılmıştır. Görünür ve yakın kızılötesi (Vis-NIR) yansıtma spektroskopisi kullanılarak pirinç, mısır, susam, soya fasulyesi, çay, ot, çalı ve çardak bitkilerinin yapraklarında N, P, K konsantrasyonları belirlemek için kimyasal analizler yapılarak belirlenmiştir. PLSR ve SVMR yöntemleri, elde edilen numunelerin N, P ve K içeriğini spektral yansımadan tahmin etmek için kalibre edilmek için kullanılmıştır. Kalibre edilen modellerin performansını değerlendirmek için bağımsız bir veri seti ile çapraz doğrulama yapılmıştır. SVMR yöntemi kullanılarak geliştirilen modeller için, 0.706 (N), 0.722 (P) ve 0.704 (K) belirleme katsayıları ( $R^2$ ) elde etmişlerdir. PLSR yöntemi kullanılarak geliştirilen modellerin için, 0.663 (N), 0.643 (P) ve 0.541 (K) belirleme katsayıları ( $R^2$ ) elde etmişlerdir. SVMR yönteminin PLSR yönteminden daha iyi bir tahmin doğruluğu elde etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, laboratuvar tabanlı Vis-NIR yansıtma verileriyle birleştirilen SVMR yönteminin biyokimyasal bileşenlerin içeriğini tahmin etme potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Ramoelo vd. (2013), Savana ekosistemlerinde uzaktan algılama kullanarak otların yaprak N ve P konsantrasyonlarını tahmin etmek için yaptıkları çalışmada, bu alanlar toprak ve bitki nemi, toprak besinleri, otlama basınçları ve insan faaliyetlerinde çeşitli ve heterojen yapıda olduğu için hiperspektral uzaktan algılama ve çevresel değişkenleri (iklimsel, edafik ve topografik) entegre ederek, N ve P konsantrasyonlarını tahmin etmek için doğrusal olmayan kısmi en küçük kareler regresyonunun (PLSR) performansını test etmişlerdir. Veriler, daha büyük Kruger Ulusal Parkı bölgesindeki bir arazi kullanım gradyanı boyunca yerinde ölçülen hiperspektral spektrumlar ile çevresel değişkenler ve ölçülen otların N ve P konsantrasyonlarından oluşturulmuştur. Hiperspektral değişkenler arasında doğrusal olmayan PLSR'nin sonuçları, geleneksel doğrusal PLSR'ninkilerle karşılaştırmışlardır. Doğrusal olmayan PLSR kullanıldığında, hiperspektral ve çevresel değişkenleri entegre etmek, en yüksek ot N ( $R^2= 0.81$ ; RMSE= 0.08) ve P ( $R^2= 0.80$ ; RMSE =0.03) tahmin doğrulukla tahmin edilmiştir. Çalışma, korunan ve

ortak savana ekosistemlerinin etkin yönetimi ve planlanması için çok önemli bir çaba olan ot kalitesini tahmin etmek için spektrodadyometre ölçümleri entegre bir modelleme yaklaşımının önemini vurgulamışlardır.

Abdel-Rahman vd. (2017), yersel hiperspektral verileri kullanarak İsviçre pazı (*Beta vulgaris* subspecies *cycla*) yapraklarının makro ve mikro besin konsantrasyonlarını tahmin etmek için kısmi en küçük kareler (PLRS) regresyon algoritmasının potansiyel kullanımını araştırmışlardır. İsviçre pazıları yağmur suyu gübre, musluk suyu gübre ve arıtılmış atık su muameleleri yapmışlardır. Bu üç muamele altındaki İsviçre pazısının kanopi seviyesindeki hiperspektral ölçümler ekimden 2.5 ay sonra elde tutulan bir spektrodadyometre kullanılarak ölçülmüştür. İsviçre pazı yapraklarındaki üç makro besin maddesinin (N, P ve K) ve üç mikro besin maddesinin (Zn, Cu ve Fe) konsantrasyonları belirlenmiştir. Makro ve mikro besin konsantrasyonlarını tahmin etmek için regresyon modelleri kullanılarak incelenmiştir. Sonuçlar, makro ve mikro besin konsantrasyonlarındaki yüksek farklılıkların PLS regresyon modelleri kullanılarak yüksek doğrulukta tahmin ( $R^2=0.73-0.99$ ) etmişlerdir. Aynı zamanda İsviçre pazı yapraklarındaki makro besin konsantrasyonlarının mikro besin konsantrasyonlarına göre daha doğru tahmin edildiğini ve PLS regresyon modeli daha iyi performans gösterdiğini göstermişlerdir. Çalışmanın sonuçları, farklı uygulama ve muameleler altında İsviçre pazı yapraklarındaki bitki besin elementi konsantrasyonunun tahmini için geliştirmenin mümkün olduğunu göstermiştir.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

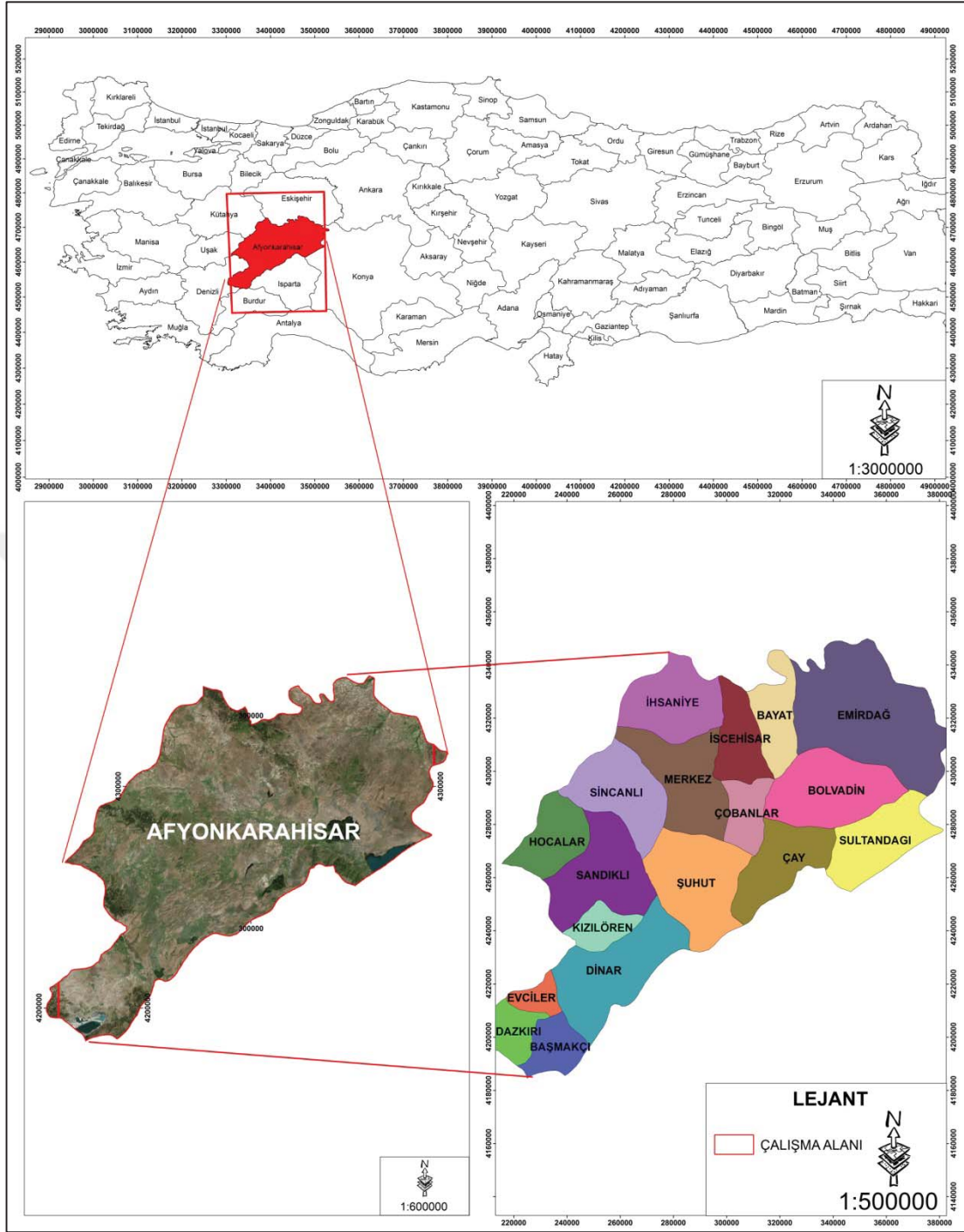
#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma alanının yeri ve coğrafik konum

Araştırma, büyük bir bölümü Ege Bölgesinin iç batı ege bölümü olarak adlandırılan kesiminde bulunan Afyonkarahisar ilinde yapılmıştır. İlin doğusunda kalan topraklar İç Anadolu Bölgesinin özelliklerini göstermektedir. Güneybatıda kalan Basmakçı, Dinar, Dazkırı ve Evciler ilçelerini içine alan çok küçük bir parçada Akdeniz Bölgesinin Göller yöresi bölümünün karakteristiği görülmektedir. Afyonkarahisar ili, kuzeyden güneye doğru uzanarak, Batı Anadolu ile İç Anadolu Bölgelerini birleştiren yüksek alanın güney parçasını oluşturmaktadır. İlin kuzeyinde Eskişehir, doğusunda Konya, güneyinde Isparta, güneybatısında Denizli, batıda Uşak, kuzeybatıda Kütahya illeriyle sınırlı bulunmaktadır. Afyonkarahisar 36 Kuzey zonunda ve 209,834- 388,429 m doğu, 4200462- 4348782 m kuzey (Universal Transverse Mercator= UTM) koordinatları arasında kalmaktadır (Şekil 3.1).

Afyonkarahisar ilinin yüzölçümü 14295 km<sup>2</sup> olup, ilin denizden yüksekliği 1021 m'dir. İl arazisinin % 47.5'ini dağlar, % 32.6 'sını platolar ve % 19.9'unu ovalar oluşturmaktadır. Afyonkarahisar ilinde merkez ilçe ile birlikte toplam 18 ilçe, 107 belediye ve 389 köy bulunmaktadır (Ay ve Yazıcı, 2009).

Afyonkarahisar ili İç Batı Anadolu eşiğinin orta derecede yükseltiyeye sahip dağları ve dağlık alanlar arasında yer yer daralan ve genişleyen ovalardan oluşmaktadır. Dağlar arasındaki alüvyonlu ovalar, yerleşme ve tarım için elverişlidir. Fakat il topraklarının büyük bir bölümü akarsular tarafından parçalanmış plato görünümündedir. Arazinin parçalı olma nedeni, eski masiflerin Tersiyer'de meydana gelen kıvrımlara çeşitli yön vermesi, kırılmalar, kıvrımların volkan topraklarıyla örtülü olması ve bu volkanik toprakların dış kuvvetlere karşı dayanıksız olmasındandır (Akgül, 2006; Ay ve Yazıcı, 2009; Akal vd., 2013).



Şekil 3.1. Çalışma alanı coğrafi konum

Afyonkarahisar ilinde toprak özellikleri incelendiğinde, ilde alüvyal ve kahverengi orman toprakları olmak üzere iki ana toprak grubu bulunmaktadır. Alüvyal topraklar Afyonkarahisar merkezi ile Bolvadin, Çay, Dinar ve Şuhut ilçelerinde görülür. Kahverengi orman toprakları ilin batısında Ahır Dağı ile doğusunda bulunan Sultan Dağı ve kuzeyinde bulunan Şam Dağı'nın bazı bölümlerinde görülmektedir. Kestane renkli topraklar Dinar, Sandıklı ve Şuhut ilçelerinin bazı bölümlerinde görülür.

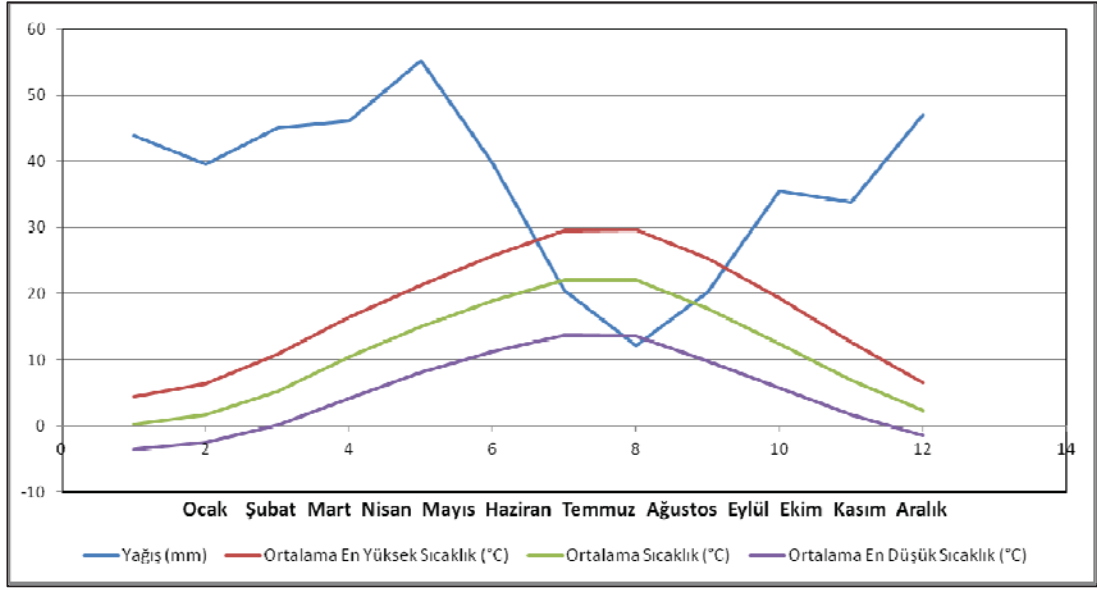


Ayrıca Dinar ilçesi ve çevresinde kırmızı kestane renkli topraklar ile en güneydeki Dazkırı ilçesi ve çevresinde kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları görülen diğer toprak gruplarıdır (Uçar, 2007; Ay ve Yazıcı, 2009; Akal vd., 2013).

Afyonkarahisar'ın toprakları çeşitli büyük toprak gruplarına ayrılır. Bu büyük toprak grupları: Alüvyal Topraklar (A), Hidromorfik Alüvyal Topraklar (H), Kolüvyal Topraklar (K), Kahverengi Orman Toprakları (M), Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları (N), Kestane Renkli Topraklar (C), Kırmızı Kestane Renkli Topraklar (D), Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları (E), Kahverengi Topraklar (B), Kireçsiz Kahverengi Topraklar (U), Irmak Taşkın Yatakları (IY), Çıplak Kaya ve Molozlar (ÇK) olmak üzere büyük toprak grupları ve arazi tipleri görülür (Serteser, 2001).

Afyonkarahisar Ege bölgesinde olmasına rağmen Ege iklimiyle bağdaşmamaktadır. Yükselti ve denizden uzaklık sebebiyle Afyonkarahisar'ın iklim şartlarında İç Anadolu iklimine benzerlik gösterir. Daha çok kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları sıcak ve kurak bir step iklimi görülür. İlkbahar ve sonbaharda yağışlar yağmur şeklindedir. Afyonkarahisar'da bulunan 17189 ve 17862 istasyon no'lu Merkez ve Dinar istasyon değerleri kullanılmıştır. Buna göre uzun yıllar ortalama yıllık sıcaklığı 11.3 °C, uzun yıllar ortalama en yüksek sıcaklık 17.3 °C, uzun yıllar ortalama en düşük sıcaklık 5,1 °C, uzun yıllar ortalama yıllık güneşlenme süresi 81,8 saat ve yıllık toplam yağış miktarı mm'dir. 50 cm toprak derinliğinde yıllık ortalama sıcaklık 13,5°C, en düşük toprak sıcaklığı 2.55 °C ile Şubat ayında, en yüksek toprak sıcaklığı ise 21.5 C° Ağustos ayında gerçekleşmektedir. Aylık uzun yıllar ortalama yağış (mm), aylık ortalama en yüksek, en düşük ve ortalama sıcaklık Şekil 3.2'de verilmiştir (MGM, 2019).

Tarıma elverişli olmayan arazi ise toplam arazinin % 56'sını oluşturmaktadır. İl alanının % 29'unu çayır ve meralar, % 21'ini ormanlar, % 31'ini kuru tarım alanları oluşturmaktadır. İlde bazı tarım alanlarında sulama yapılabilmektedir. Tarıma elverişli arazinin % 13'ü sulanan arazidir. Bölgede meyve üretiminin yanında tahıl üretimi ve endüstri bitkileri üretimi de yapılmaktadır (TÜİK, 2018).



Şekil 3.2. Afyonkarahisar ili iklim verileri

Afyonkarahisar ili, iller ve bölgeler arası önemli karayollarının ve dört ayrı demiryolu hattının birleştiği tek il konumunda olmasına rağmen, özel sektör yatırımlarından yeterince pay alamamıştır. İlde son 10-15 yıla kadar kamuya ait sanayi kuruluşları dışında özel sektör sanayi yatırımları olmamıştır. Afyonkarahisar’da çalışan nüfus tarım, hizmetler ve sanayi kesiminde toplanmıştır. Çimento, beton travers, Kızılay Maden Suyu İşletmesi, Afyonkarahisar Alkaloid Fabrikası, Seka, Şeker Fabrikası ve Şeker Makine Fabrikası ilin önemli sanayi kuruluşlarıdır.

Türkiye şeker pancarı üretiminde dünyada beşinci, Avrupa’da ise üçüncü sırada yer alarak önemli bir aktör konumundadır. Şeker pancarı Türkiye’nin tarımsal alanda rekabet edebileceği önemli ürünlerden birisidir. Yarattığı katma değer ve istihdam ile Türkiye’nin bölgeler arası gelişmişlik farklarının azaltılmasında önemli katkı sunmaktadır.

Şeker pancarı tarımının yaklaşık %70’lik bölümü karasal iklim görülen Orta Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde yetiştirilmektedir. Şeker pancarı tarımında toprak şeker varlığını %20-22 oranında etkiler. Şeker pancarı derin kök salan bir bitki olarak, kaymak ve kabuk bağlamayan, taban suyu 1 metreden yüksek, iyi havalandan, derin yapılı, iyi su tutan ve nötre yakın pH (6,5-7,5) topraklarda yüksek verim alınmaktadır. Şeker pancarı derin kök sistemine sahip bir bitkidir. Bundan dolayı

sonbaharda toprak pulluk tabanının altına kadar işlenmelidir. Toprak 0-5 cm sıcaklığı 5-7 °C olduğu dönemde ekim yapılır. Ekilen şeker pancarı tohumlarının çimlenmesinden sonra vejetasyon süresince çapalama, seyretme, yabancı otların kontrolü, gübreleme, hastalık ve zararlılarla mücadele ve sulama bitki isteklerine göre bakım işleri yapılır (KWS, 2019).

Türkiye geneli şeker pancarı ekimi 2017 yılında 3.392.171 dekar alanda yapılmıştır. Afyonkarahisar ilinde 18 ilçenin 16'sında Şeker pancarı yetiştirilmektedir. Afyonkarahisarda 4.657.350,1 dekar tarım arazisi bulunmaktadır. 2017 yılında toplam tarım alanının 158769 dekarında şeker pancarı ekilmiştir. Bu da Afyonkarahisar ilinin toplam tarım alanının %3.4'ünde şeker pancarı tarımı yapılmıştır. 2017 yılında en yüksek Şeker pancarı ekilen ilçeleri Emirdağ (55778 da), Sandıklı (23912 da) ve Dinar (17020 da)'dır. Türkiye geneli Şeker pancarı üretiminin %4.95'i Afyonkarahisar ilinde yapılmıştır (TÜİK, 2018).

### **3.1.2. Spektrometre ve yazılımlar**

Spektral yansıma, bir yaprak klipsi tutuculu (ASD FieldSpec Pro FR spektrometresi, Analitik Spektral Cihazlar, Boulder , ABD) foreoptik bir bitki probu kullanılarak, elde tutulan bir spektrometre ile ölçülmüştür . Spektral ölçümler, 325 nm ile 1075 nm arasında ve 1 nm'lik aralıkla yapılmıştır. Yansıtıcı spektrum verilerin uçlarında gürültülü olduğu için, 400 nm ve 1000 nm arasındaki değerler analiz edilmiştir. Foreoptik kontak probu 10 mm görüş alanına ve entegre 100 W halojen reflektör lambasına sahiptir. Cihaz 10 dakika önceden 90 derece ısıtılmıştır. Spektral verilerin kalitesini ve homojenliğini artırmak için yapılmıştır. Cihaz optimizasyonu ve yansıma kalibrasyonu, numune alımından önce yapılmıştır. 25 karanlık akım ölçümünün ortalaması, 25 baryum sülfat beyaz referans (Spectralon, Labsphere, North Sutton, NH, ABD) ölçümlerinin ortalamasına kalibre edilmiştir. Dahili ışık kaynağı nedeniyle entegrasyon süresi sürekli tarama başına 17 ms'ye ayarlanmıştır. Son olarak, beyaz yansıtma standardı için elde edilen verilere kaydedilen numune verilerinin oranı belirlenerek yansıma spektrumları elde edilmiştir. Her numune sepktral ölçümü ortalama 3 yansıma spektrumunu temsil etmiştir. Cihazın kalibrasyonunda, her 10 okumada bir defa, beyaz referans olan alçı bloktan imal edilmiş spektralon kullanılmıştır. Yansıma spektrumları, bitki probu

foreoptik ile sabit ışık ve sıcaklık koşulları altında değerlendirildiğinden, spektrumu pürüzsüz hale getirmek ve sinyal gürültüsünü azaltmak için ön işlem gerek görülmemiştir (Dedeoğlu ve Başayığit, 2013) (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. ASD FieldSpec (RS 3) HandHeld spektroyometre bitki probu

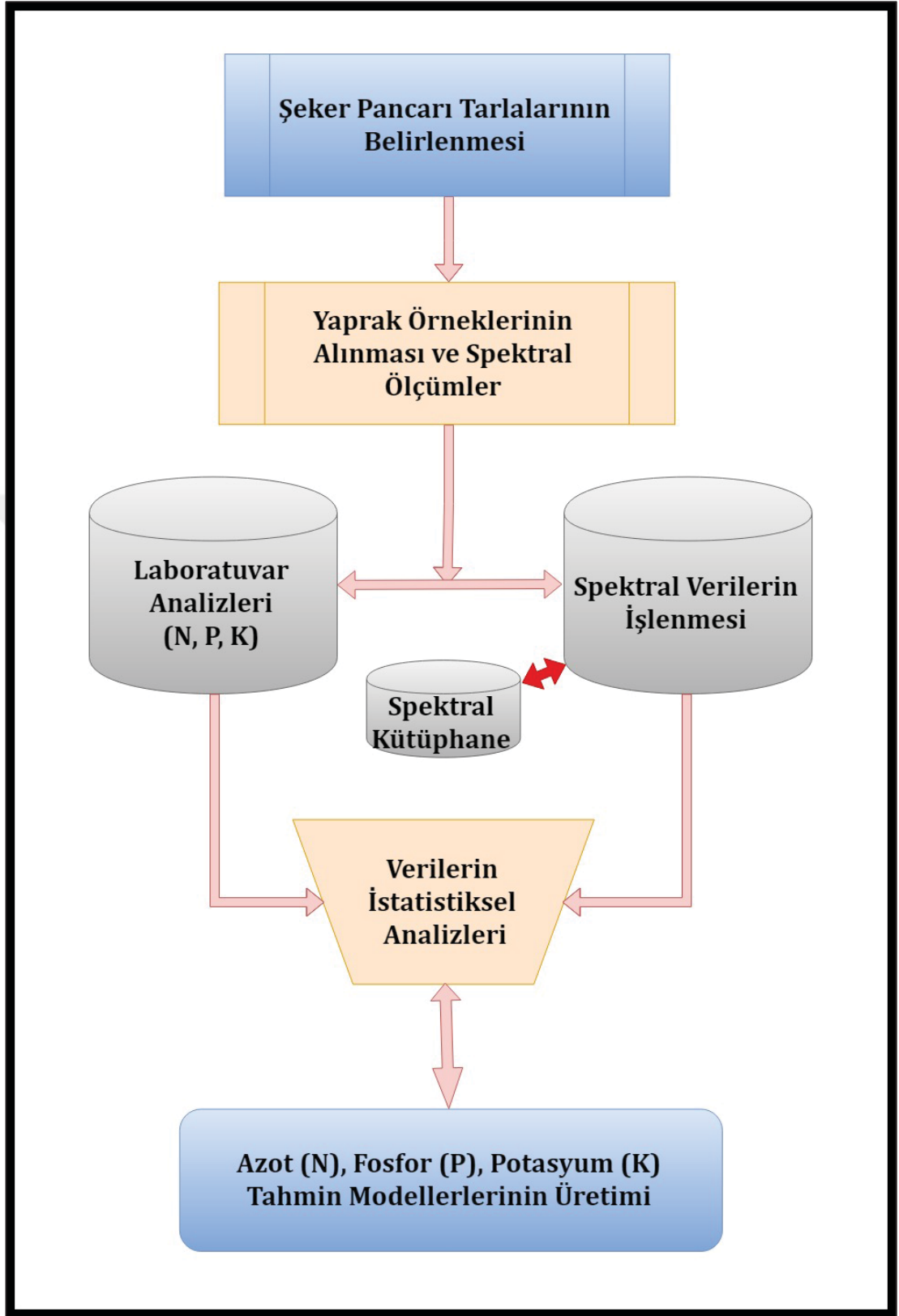
CBS ve Uzaktan Algılama Laboratuvarına lisanslı ViewSpecPro, Megellan eXplorist XL Conversion Manager, Minitab 17 ve SPSS 23 yazılım ve donanımlar kullanılmıştır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Şeker pancarı örneklerinin alınacağı tarlaların belirlenmesi

Araştırmada öncelikle çalışmanın yürütüleceği şeker pancarı tarlalarının belirlenmesi için Afyonkarahisar ilinde şeker pancarı tarımının yoğun olarak yapıldığı Emirdağ, Sandıklı, Dinar, Bolvadin, Şuhut ve Merkez ilçelerinde ön etüt çalışmaları yapılmıştır. İlçelerde N, P ve K düzeylerinin belirlenmesi için karakterisitk özellikleri olan ve uygun kültürel işlemler yapılan parseller seçilmiştir. Çalışma alanındaki şeker pancarı üretimi yapılan alanların 2018 yılı ekim kotası uygulanmayan parseller seçilmiştir. Çalışmanın sağlıklı şekilde yürütülmesi ve spektrometre ölçümleri için Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Uzaktan Algılama ve CBS laboratuvarında şeker pancarı örneklerinin deformasyona uğramaması gözönünde bulundurularak Dinar ilçesindeki 12 adet tarım parseli seçilerek üreticilerden gerekli izinler alınmıştır. Çalışma alanı 2017 yılında üretim izni verilen Afyonkarahisar ilinin 158569 dekar arazinin 17020 dekarı Dinar ilçesinde gerçekleşmiştir. Afyonkarahisar ilindeki şeker pancarı ekim alanının %10.7'sini Dinar ilçesi kapsamaktadır (TÜİK, 2018). Arazide belirlenen şeker pancarı tarlalarının bölgelere ait koordinatları el GPS'i kullanılarak belirlenmiştir. Bu sayede spektrometre ölçümleri ve örnekleme için vegetasyon dönemindeki gidişlerin farklı alanlardan yapılmamasının önüne geçilerek, birinci tip hata azaltıcı önlemler alınmıştır (Başayığit vd., 2015).

Çalışma 6 temel aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; Şeker pancarı örnekleme bahçelerinin belirlenmesi, yaprak örneklerinin alınması ve laboratuvar koşullarında spektral okumaların yapılması, laboratuvar analizleri, spektral verilerin işlenmesi, istatistiksel analizler ve matematiksel tahmin modellerinin üretimidir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Yöntem akış şeması

### 3.2.2. Spektral ölçümler ve yaprak örneklerinin alımı

Çalışma alanında şeker pancarı tarımı 15-27 Mart 2018 tarihinde ekim yapılmasıyla başlanmıştır. 1 Ekim- 15 Kasım 2018 tarihleri arasında hasat işlemi tamamlanmıştır. Şeker pancarında ilk çapalama 28 Nisan 2018 ve 10 Mayıs 2018 tarihleri arasında tamamlanmıştır. Şeker pancarı ikinci çapalama ve son azot gübresi uygulaması 11-20 Mayıs 2019 tarihleri arasında yapılmıştır. Bu tarihlerden sonra yapılan kültürel işlemler çalışma alanı bölgesinde benzer şekillerde hasat tarihine kadar devam etmiştir. Çalışmada kullanılacak şeker pancarı yaprak örnekleri belirlenen 12 parselde 3'er tekerrür alınacak şekilde 15'er gün aralıklarla olacak şekilde planlanmıştır (Çizelge 3.1). Çalışma alanından alınan Şeker pancarı numuneleri spektral okuma yapmak için laboratuvara taşınmıştır. Örnekler saf su ile yıkanmış ve yansımaya etki edecek çevresel faktörlerden kaynaklı hataların önüne geçilmiştir.

Çalışmada kullanılacak 12 parselden üç örnek alınarak soğuk zincir ile spektrometre okumalarının yapılması için laboratuvara götürülmesi planlanmıştır. Şeker pancarının toprak üstü aksamından alınan örneklerin hastalık ve zararlı bulaşıklığı olmayan, aynı dönemde genetik bozulmalara uğramamış, temiz ve sağlıklı olmasına özen gösterilmiştir. Alınan örnekler parsel numaralarına göre kese kağıdında ve taşınabilir soğutucu içerisinde saklanarak spektral analiz ve kimyasal analiz yapılacak laboratuvara taşınmıştır (Dedeoğlu ve Başayığit, 2013).

Çizelge 3.1. Şeker pancarı örnekleme alanları ve tarihleri

Dinar Parsel No	Parsel Koordinat		Şeker Pancarı Örnekleme Zamanları
	X	Y	
1	36243137	4224594	
2	36243154	4224609	30 Mayıs 2018
3	36242757	4224687	15 Haziran 2018
4	36242361	4224815	30 Haziran 2018
5	36242464	4227526	15 Temmuz 2018
6	36241803	4227283	30 Temmuz 2018
7	36241504	4227422	15 Ağustos 2018
8	36242166	4227977	30 Ağustos 2018
9	36239048	4227899	15 Eylül 2018
10	36239145	4228011	30 Eylül 2018
11	36239127	4228230	15 Ekim 2018
12	36239295	4228308	



### **3.2.3. Spektral verilerin işlenmesi**

Spektrum özellikleri 325-1075 nm EMS aralıkları gürültü nedeniyle yüksek seviyede olan gürültülü kısımlar çıkarılmıştır (Curran, 1994, Mutanga ve Skidmore, 2005 , Zhao vd., 2005 , Zhai vd., 2013 ). Bu nedenle, 1050 dalga boyundan sadece 400-1000 nm arası (spektrumları enterpolasyondan sonra) analiz için düzenlenmiştir.

Spektral verilerin işlenmesine öncelikle yapraklarda yapılan 3 adet spektrometre ölçümleri sonucu elde edilen yansıma değerlerinin ortalamaları alınarak başlanmıştır. Böylelikle her bir bitkiye ait bir yansıma eğrisi elde edilmiştir. Spektral ölçümler vejetasyon süreci dikkate alınarak 15 gün aralıklar ile 10 defa yapılmıştır. Ölçümler sonucu yansımalarda meydana gelen değişimlerin vurgulanması ve ileri ki dönemlerde bant (dalga boyu) seçimi yapmak amacıyla spektral veriler alınmıştır.

### **3.2.4. Laboratuvar analizleri**

Şeker pancarı yaprak örneklerinin kimyasal analizleri Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü 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 N, P ve K besin elementinin vejetasyon sürecindeki değişimleri belirlenmiştir.

#### **3.2.4.1. Azot belirlemesi**

Azot elementi belirlemesi “Modifiye Edilmiş Kjeldahl Yaş Yakma Yöntemi” ile yapılmıştır (Kacar,1995).

#### **3.2.4.2. Fosfor belirlemesi**

Fosfor elementi belirlemesi “Vanadomolibdofosforik Sarı Renk Yöntemi” ile yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2008).



### 3.2.4.3. Potasyum belirlenmesi

Potasyum (K) besin elementinin belirlenmesi bitki örneklerine yaş yakma metodunun uygulanması ile “Atomik Absorpsiyon Spektrometrik Yöntemi” ile yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2008).

### 3.2.5. İstatistikî analizler

İstatistiksel analizler, şeker pancarına ait spektral veriler ve laboratuvar analizi sonucu elde edilen N, P ve K besin elementi seviyeleri tanımlayıcı istatistikler (ortalama değerler ve standart sapmalar), tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey testi ile *Minitab 17* yazılımında % 95 güven ile yapılmıştır. Veriler daha önce Kolmogorov-Smirnov ve Levene testleri ( $p>0.05$ ) kullanılarak normal ve homojenlik açısından kontrol edilmiş ve doğrulanmıştır (Minitab, 2014). Tahmin Modelleri çoklu karşılaştırma testi olan stepwise çoklu lineer regresyon analiz yöntemiyle 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.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Laboratuvar Analizleri

Şeker pancarı yaprak örneklerine ait laboratuvar analizleri sonucu elde edilen besin elementi seviyeleri Jones vd., (1991) ve Karaman vd., (2012)'ine göre değerlendirilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Şeker pancarında noksan, yeterli ve fazla besin elementi seviyeleri (Jones vd., 1991; Karaman vd., 2012)

	Şeker Pancarı		
	Noksan	Yeterli	Fazla
<b>N, %</b>	<4.30	4.30-5.00	>5.00
<b>P</b>	<0.45	0.45-1.10	>1.1
<b>K</b>	0.50-1.99	2.00-6.00	>6.00
<b>Ca</b>	0.10-0.49	0.50-1.50	>1.50
<b>Mg</b>	0.05-0.24	0.24-1.00	>1.00
<b>Fe, ppm</b>	50-59	60-140	>140
<b>Zn</b>	5-9	10-80	>80
<b>Mn</b>	10-25	26-360	>360
<b>B</b>	20-30	31-200	>200
<b>Mo</b>	0.10-0.19	0.20-2.00	2.10-20

#### 4.1.1. Azot (%N) besin elementi içeriği

Şeker pancarı örnekleme zamanına göre analiz edilen azot (%N) içeriğine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.2'de verilmiştir. Şeker pancarı tarlalarından alınan örneklerde spektral yansıma değeri alındıktan sonra yapılan analiz sonucunda %N içeriği Çizelge 4.3'de verilmiştir. 15 Mayıs tarihinde alınan örneklerde noksanlık görülmemiştir. Sonraki örnekleme zamanlarında kısmi olarak azot noksanlığı belirlenmiştir. Vejetasyon dönemi sonuna doğru örneklerin azot içeriği lineer olarak azalma olduğu belirlenmiştir. 15 Ekim tarihinde bitki yapraklarında tüm örneklerde noksanlık meydana gelmiştir. Şeker pancarı örnekleme zamanına göre değişimi grafiği verilmiştir (Şekil 4.1.).

Çizelge 4.2. % Azot içeriklerine ait tanımlayıcı istatistik

Örnekleme Zamanı	Analiz Sonuçları						
	N	Ort.	Mak.	Min.	Aralık	SD	Varyans
30.05.2018	36	4.653	4.985	4.114	0.871	0.251	0.0632
15.06.2018	36	4.149	4.618	3.680	0.938	0.293	0.0858
30.06.2018	36	4.149	4.618	3.680	0.938	0.293	0.0858
15.07.2018	36	4.208	4.931	3.156	1.775	0.377	0.1423
30.07.2018	36	4.069	4.693	3.517	1.176	0.304	0.0925
15.08.2018	36	4.192	4.816	3.296	1.520	0.403	0.1623
30.08.2018	36	3.873	4.475	3.195	1.280	0.353	0.1246
15.09.2018	36	3.747	4.498	3.059	1.439	0.339	0.1148
30.09.2018	36	3.249	3.900	2.976	0.924	0.231	0.0533
15.10.2018	36	2.909	3.307	2.344	0.963	0.267	0.0713

Çizelge 4.3. Şeker pancarı örnekleme zamanına göre azot (%) içeriği

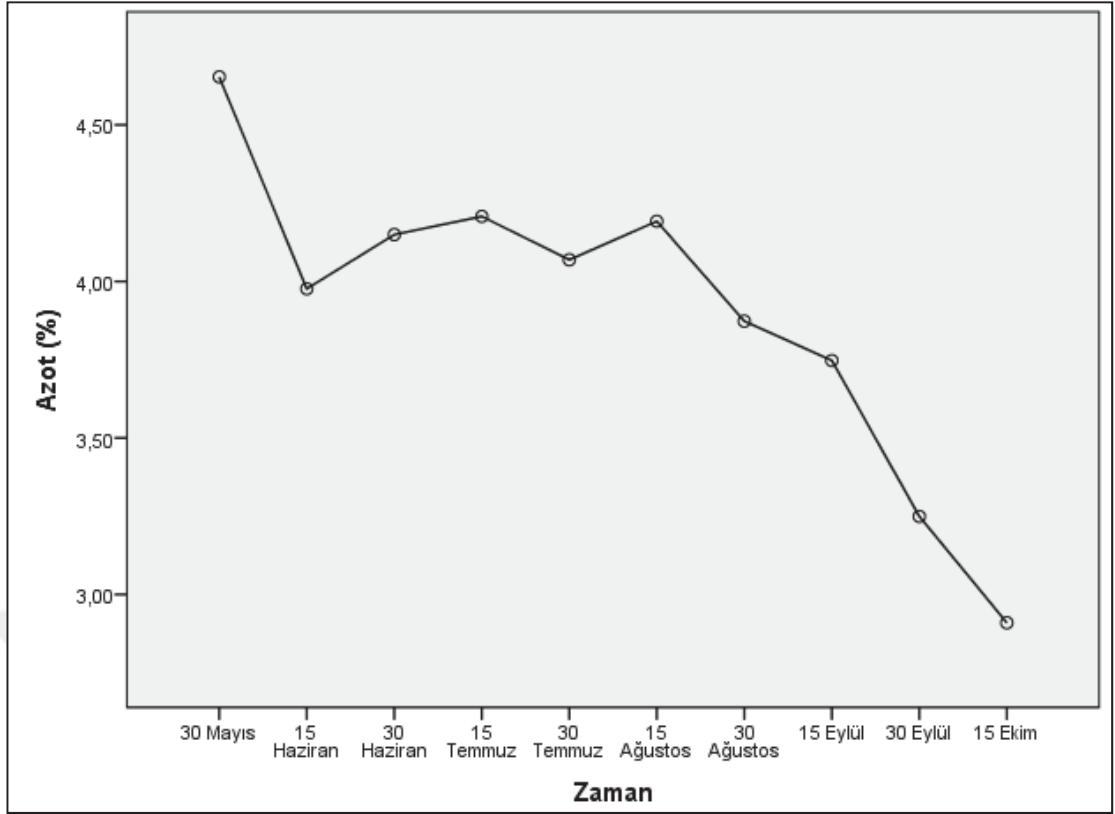
	Azot (%N)					
	001		013		025	
30.05.2018	002	4.11	014	4.74	026	4.76
	003	4.35	015	4.93	027	4.46
	004	4.95	016	4.84	028	4.61
	005	4.73	017	4.98	029	4.23
	006	4.84	018	4.90	030	4.76
	007	4.62	019	4.94	031	4.49
	008	4.77	020	4.85	032	4.24
	009	4.70	021	4.98	033	4.80
	010	4.18	022	4.92	034	4.52
	011	4.33	023	4.53	035	4.76
	012	4.59	024	4.60	036	4.88
	15.06.2018	001	4.61	013	4.25	025
002		4.00	014	4.16	026	3.65
003		4.30	015	4.20	027	3.59
004		3.15	016	3.93	028	3.41
005		3.11	017	3.95	029	3.78
006		3.13	018	3.94	030	3.60
007		3.58	019	4.62	031	4.60
008		3.57	020	4.19	032	4.06
009		3.57	021	4.41	033	4.33
010		3.85	022	4.40	034	4.24
011		4.00	023	4.26	035	4.53
012		3.93	024	4.33	036	4.39

Çizelge 4.3. Şeker pancarı örnekleme zamanına göre azot (%) içeriği (devamı)

30.06.2018	001	4.61	013	4.37	025	3.79
	002	4.28	014	4.45	026	3.68
	003	4.45	015	4.41	027	3.74
	004	4.33	016	4.62	028	3.96
	005	4.40	017	4.58	029	3.83
	006	4.37	018	4.60	030	3.90
	007	3.71	019	3.85	031	4.37
	008	3.70	020	4.14	032	4.12
	009	3.70	021	3.99	033	4.25
	010	4.09	022	3.87	034	3.98
	011	4.17	023	4.22	035	4.46
	012	4.13	024	4.04	036	4.22
15.07.2018	001	4.92	013	4.20	025	4.75
	002	4.93	014	3.97	026	4.41
	003	4.93	015	4.09	027	4.58
	004	3.16	016	3.93	028	4.47
	005	3.87	017	3.82	029	4.05
	006	3.51	018	3.87	030	4.26
	007	4.28	019	4.07	031	4.60
	008	4.13	020	3.92	032	4.32
	009	4.20	021	3.99	033	4.46
	010	4.39	022	4.14	034	3.86
	011	4.44	023	4.32	035	4.04
	012	4.41	024	4.23	036	3.95
30.07.2018	001	4.17	013	4.43	025	4.25
	002	3.78	014	3.79	026	4.64
	003	3.97	015	4.11	027	4.45
	004	3.78	016	4.65	028	3.92
	005	3.92	017	3.80	029	3.63
	006	3.85	018	4.22	030	3.78
	007	3.91	019	4.21	031	3.95
	008	4.25	020	4.08	032	4.12
	009	4.08	021	4.14	033	4.03
	010	4.44	022	3.67	034	3.52
	011	4.69	023	4.18	035	3.88
	012	4.56	024	3.92	036	3.70
15.08.2018	001	4.80	013	4.27	025	4.62
	002	4.52	014	4.58	026	4.06
	003	4.66	015	4.43	027	4.34
	004	4.10	016	3.64	028	4.56
	005	4.09	017	4.35	029	4.51
	006	4.09	018	3.99	030	4.54
	007	3.76	019	3.67	031	3.68
	008	3.30	020	3.95	032	4.40
	009	3.53	021	3.81	033	4.04
	010	3.38	022	4.39	034	4.82
	011	4.60	023	4.54	035	4.05
	012	3.99	024	4.46	036	4.43

Çizelge 4.3. Şeker pancarı örnekleme zamanına göre azot (%) içeriği (devamı)

30.08.2018	001	3.89	013	3.67	025	3.80
	002	3.20	014	3.36	026	4.09
	003	3.54	015	3.52	027	3.95
	004	3.53	016	4.06	028	3.76
	005	3.92	017	4.28	029	3.34
	006	3.72	018	4.17	030	3.55
	007	3.37	019	4.47	031	3.53
	008	3.38	020	4.25	032	4.14
	009	3.38	021	4.36	033	3.84
	010	4.26	022	4.26	034	4.14
	011	3.92	023	4.09	035	4.23
	012	4.09	024	4.18	036	4.19
15.09.2018	001	4.17	013	3.86	025	3.52
	002	3.87	014	3.80	026	3.06
	003	4.02	015	3.83	027	3.29
	004	3.38	016	3.30	028	3.75
	005	3.14	017	3.74	029	3.60
	006	3.26	018	3.52	030	3.68
	007	3.80	019	3.73	031	3.59
	008	3.34	020	4.14	032	3.75
	009	3.57	021	3.93	033	3.67
	010	3.91	022	4.50	034	3.81
	011	3.74	023	4.34	035	4.10
	012	3.83	024	4.42	036	3.96
30.09.2018	001	3.59	013	3.46	025	3.43
	002	3.64	014	3.90	026	3.30
	003	3.62	015	3.68	027	3.37
	004	3.34	016	3.13	028	3.06
	005	3.39	017	3.46	029	3.25
	006	3.36	018	3.30	030	3.16
	007	3.06	019	3.10	031	3.13
	008	2.98	020	3.01	032	3.02
	009	3.02	021	3.05	033	3.07
	010	3.05	022	3.26	034	3.12
	011	3.28	023	2.98	035	3.04
	012	3.17	024	3.12	036	3.08
15.10.2018	001	2.93	013	3.12	025	2.78
	002	2.64	014	2.98	026	2.91
	003	2.78	015	3.05	027	2.84
	004	2.55	016	3.04	028	3.22
	005	2.51	017	3.05	029	3.23
	006	2.53	018	3.04	030	3.22
	007	2.98	019	2.57	031	3.14
	008	2.83	020	2.34	032	3.31
	009	2.91	021	2.46	033	3.22
	010	3.16	022	2.67	034	3.14
	011	3.27	023	2.59	035	2.88
	012	3.21	024	2.63	036	3.01



Şekil 4.1. Şeker pancarı azot (%) içeriğinin örnekleme zamanına göre değişimi

#### 4.1.2. Fosfor (%P) besin elementi içeriği

Şeker pancarı örnekleme zamanına göre analiz edilen fosfor (%P) içeriğine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.4'de verilmiştir. Şeker pancarı tarlalarından alınan örneklerde spektral yansımaya değeri alındıktan sonra yapılan analiz sonucunda %P içeriği Çizelge 4.5'de verilmiştir. 15 Haziran ve 15 Temmuz tarihinde alınan örneklerde noksanlık belirlenmiştir. Sonraki örnekleme zamanlarında fosfor noksanlığı belirlenmemiştir. Vejetasyon dönemi sonuna doğru örneklerin fosfor içeriğinin yaklaşık olarak yeterli seviyede devam ettiği belirlenmiştir. 15 Ekim tarihinde bitki yapraklarında tüm örneklerde noksanlık meydana gelmiştir. Şeker pancarı örnekleme zamanına göre değişimi grafiği verilmiştir (Şekil 4.2.).

Çizelge 4.4. % Fosfor içeriklerine ait tanımlayıcı istatistik

Örneklem Zamanı	Analiz Sonuçları						
	N	Ort.	Mak.	Min.	Aralık	SD	Varyans
30.05.2018	36	0.456	0.627	0.270	0.357	0.099	0.0097
15.06.2018	36	0.350	0.564	0.221	0.343	0.086	0.0075
30.06.2018	36	0.716	1.074	0.452	0.622	0.144	0.0208
15.07.2018	36	0.396	0.648	0.249	0.399	0.110	0.0121
30.07.2018	36	0.651	1.025	0.410	0.615	0.180	0.0324
15.08.2018	36	0.802	1.046	0.536	0.510	0.162	0.0263
30.08.2018	36	0.611	0.794	0.424	0.371	0.097	0.0095
15.09.2018	36	0.895	1.228	0.697	0.531	0.140	0.0195
30.09.2018	36	0.929	1.067	0.808	0.259	0.065	0.0042
15.10.2018	36	0.774	0.955	0.529	0.427	0.118	0.0139

Çizelge 4.5. Şeker pancarı örneklem zamanına göre fosfor (%) içeriği

	Fosfor (%P)					
	001	002	003	004	005	006
30.05.2018	0.31	0.30	0.31	0.42	0.41	0.42
	013	014	015	016	017	018
	0.47	0.44	0.46	0.54	0.50	0.52
	025	026	027	028	029	030
	0.63	0.61	0.62	0.47	0.47	0.47
	031	032	033	034	035	036
	0.49	0.50	0.49	0.60	0.58	0.59
	037	038	039	040	041	042
	0.56	0.55	0.56	0.26	0.28	0.27
	043	044	045	046	047	048
	0.22	0.22	0.22	0.32	0.32	0.32
	049	050	051	052	053	054
0.44	0.44	0.44	0.32	0.33	0.32	
055	056	057	058	059	060	
0.70	0.70	0.70	0.79	0.82	0.80	

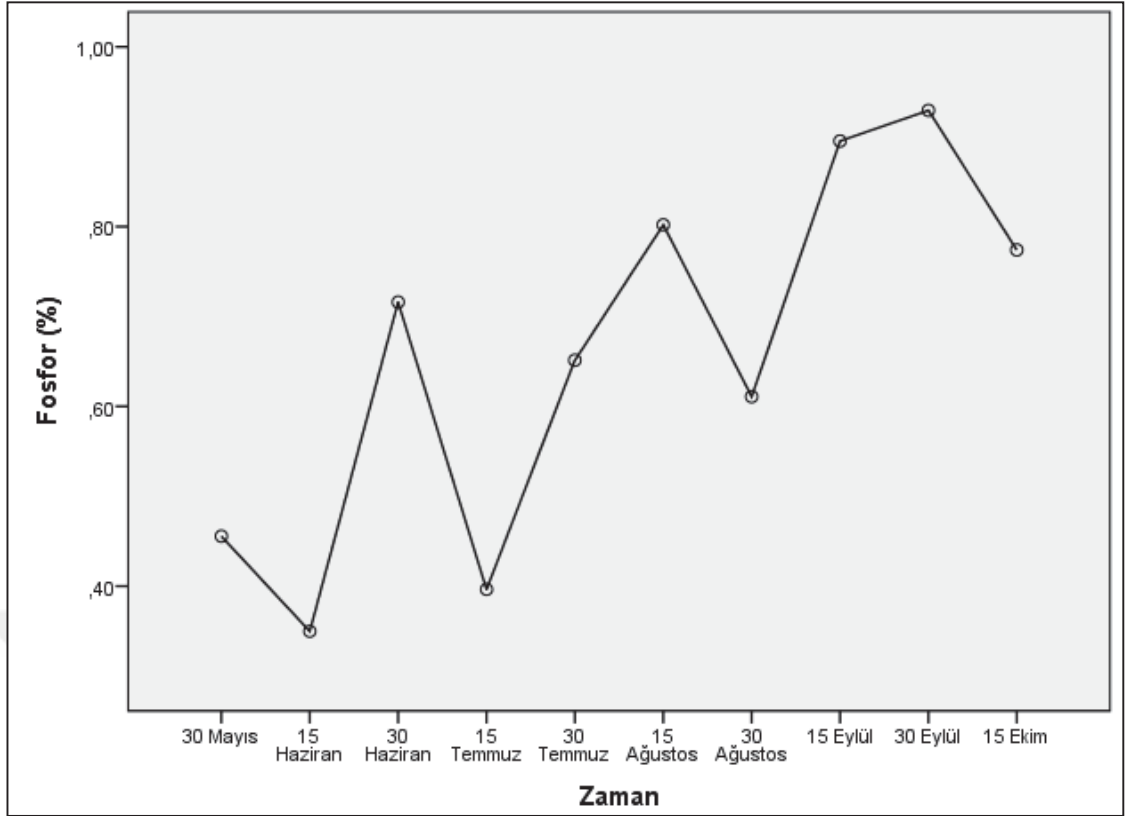
Çizelge 4.5. Şeker pancarı örnekleme zamanına göre fosfor (%) içeriği (devamı)

30.06.2018	007	0.78	019	0.54	031	0.64
	008	0.75	020	0.48	032	0.67
	009	0.76	021	0.51	033	0.65
	010	0.81	022	0.63	034	1.07
	011	0.77	023	0.63	035	1.03
	012	0.79	024	0.63	036	1.05
15.07.2018	001	0.39	013	0.44	025	0.31
	002	0.41	014	0.43	026	0.29
	003	0.40	015	0.44	027	0.30
	004	0.51	016	0.36	028	0.49
	005	0.49	017	0.37	029	0.51
	006	0.50	018	0.37	030	0.50
	007	0.35	019	0.26	031	0.63
	008	0.35	020	0.25	032	0.65
	009	0.35	021	0.25	033	0.64
	010	0.42	022	0.25	034	0.31
	011	0.45	023	0.26	035	0.34
	012	0.43	024	0.25	036	0.33
30.07.2018	001	0.42	013	0.59	025	0.65
	002	0.42	014	0.54	026	0.65
	003	0.42	015	0.57	027	0.65
	004	0.41	016	0.54	028	0.58
	005	0.51	017	0.54	029	0.56
	006	0.46	018	0.54	030	0.57
	007	0.49	019	0.94	031	1.03
	008	0.50	020	0.92	032	0.99
	009	0.50	021	0.93	033	1.01
	010	0.65	022	0.80	034	0.71
	011	0.61	023	0.82	035	0.75
	012	0.63	024	0.81	036	0.73
15.08.2018	001	1.03	013	0.75	025	0.57
	002	1.04	014	0.75	026	0.58
	003	1.04	015	0.75	027	0.57
	004	1.02	016	0.72	028	0.55
	005	0.97	017	0.72	029	0.54
	006	0.99	018	0.72	030	0.54
	007	0.93	019	0.74	031	0.83
	008	0.90	020	0.79	032	0.90
	009	0.91	021	0.76	033	0.86
	010	0.72	022	1.05	034	0.69
	011	0.72	023	1.02	035	0.73
	012	0.72	024	1.03	036	0.71



Çizelge 4.5. Şeker pancarı örnekleme zamanına göre fosfor (%) içeriği (devamı)

30.08.2018	001	0.79	013	0.62	025	0.65
	002	0.79	014	0.60	026	0.65
	003	0.79	015	0.61	027	0.65
	004	0.68	016	0.58	028	0.67
	005	0.68	017	0.57	029	0.65
	006	0.68	018	0.57	030	0.66
	007	0.56	019	0.64	031	0.47
	008	0.54	020	0.65	032	0.44
	009	0.55	021	0.64	033	0.46
	010	0.70	022	0.59	034	0.44
	011	0.68	023	0.59	035	0.42
	012	0.69	024	0.59	036	0.43
15.09.2018	001	0.91	013	0.73	025	0.95
	002	0.93	014	0.73	026	0.93
	003	0.92	015	0.73	027	0.94
	004	0.83	016	0.77	028	0.93
	005	0.77	017	0.76	029	0.96
	006	0.80	018	0.77	030	0.94
	007	0.83	019	0.70	031	1.06
	008	0.82	020	0.72	032	1.08
	009	0.82	021	0.71	033	1.07
	010	0.92	022	0.93	034	1.23
	011	0.93	023	0.90	035	1.18
	012	0.92	024	0.92	036	1.20
30.09.2018	001	0.96	013	1.03	025	0.86
	002	0.93	014	1.07	026	0.91
	003	0.94	015	1.05	027	0.89
	004	0.92	016	0.98	028	1.03
	005	0.96	017	0.98	029	1.00
	006	0.94	018	0.98	030	1.01
	007	0.82	019	0.93	031	0.89
	008	0.81	020	0.93	032	0.82
	009	0.81	021	0.93	033	0.85
	010	0.92	022	0.94	034	0.86
	011	0.96	023	0.93	035	0.89
	012	0.94	024	0.94	036	0.88
15.10.2018	001	0.67	013	0.86	025	0.70
	002	0.65	014	0.89	026	0.74
	003	0.66	015	0.87	027	0.72
	004	0.72	016	0.75	028	0.66
	005	0.72	017	0.79	029	0.68
	006	0.72	018	0.77	030	0.67
	007	0.84	019	0.88	031	0.55
	008	0.84	020	0.86	032	0.53
	009	0.84	021	0.87	033	0.54
	010	0.95	022	0.96	034	0.75
	011	0.91	023	0.93	035	0.76
	012	0.93	024	0.94	036	0.75



Şekil 4.2. Şeker pancarı fosfor (%) içeriğinin örnekleme zamanına göre değişimi

#### 4.1.3. Potasyum (%K) besin elementi içeriği

Şeker pancarı örnekleme zamanına göre analiz edilen potasyum (%K) içeriğine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.6'da verilmiştir. Şeker pancarı tarlalarından alınan örneklerde spektral yansıma değeri alındıktan sonra yapılan analiz sonucunda %K içeriği Çizelge 4.7'de verilmiştir. Örnekleme tarihlerine göre alınan örneklerde noksanlık belirlenmemiştir. Vejetasyon dönemi sonuna doğru örneklerin potasyum içeriğinin yaklaşık olarak sabit şekilde devam ettiği belirlenmiş ancak hasat dönemi öncesinde potasyum içeriği noksanlık sınırına yaklaşmıştır. 15 Ekim tarihinde bitki yapraklarında tüm örneklerde noksanlık sınır değerlerine yaklaşan bir düşme belirlenmiştir. Şeker pancarı örnekleme zamanına göre değişimi grafiği verilmiştir (Şekil 4.3).

Çizelge 4.6. % Potasyum içeriklerine ait tanımlayıcı istatistik

Örneklem Zamanı	Analiz Sonuçları						
	N	Ort.	Mak.	Min.	Aralık	SD	Varyans
30.05.2018	36	4.792	6.836	2.774	4.061	1.085	1.1781
15.06.2018	36	4.220	6.011	2.287	3.725	1.099	1.2074
30.06.2018	36	3.891	5.718	2.688	3.030	0.900	0.8095
15.07.2018	36	4.304	5.839	3.254	2.585	0.618	0.3817
30.07.2018	36	4.021	6.804	2.571	4.233	1.097	1.2043
15.08.2018	36	3.358	5.026	2.052	2.974	0.762	0.5807
30.08.2018	36	4.131	6.690	2.846	3.844	1.008	1.0162
15.09.2018	36	4.222	7.486	2.749	4.737	1.220	1.4877
30.09.2018	36	5.005	6.609	3.855	2.755	0.673	0.4529
15.10.2018	36	2.969	4.429	2.163	2.266	0.605	0.3662

Çizelge 4.7. Şeker pancarı örneklem zamanına göre potasyum (%) içeriği

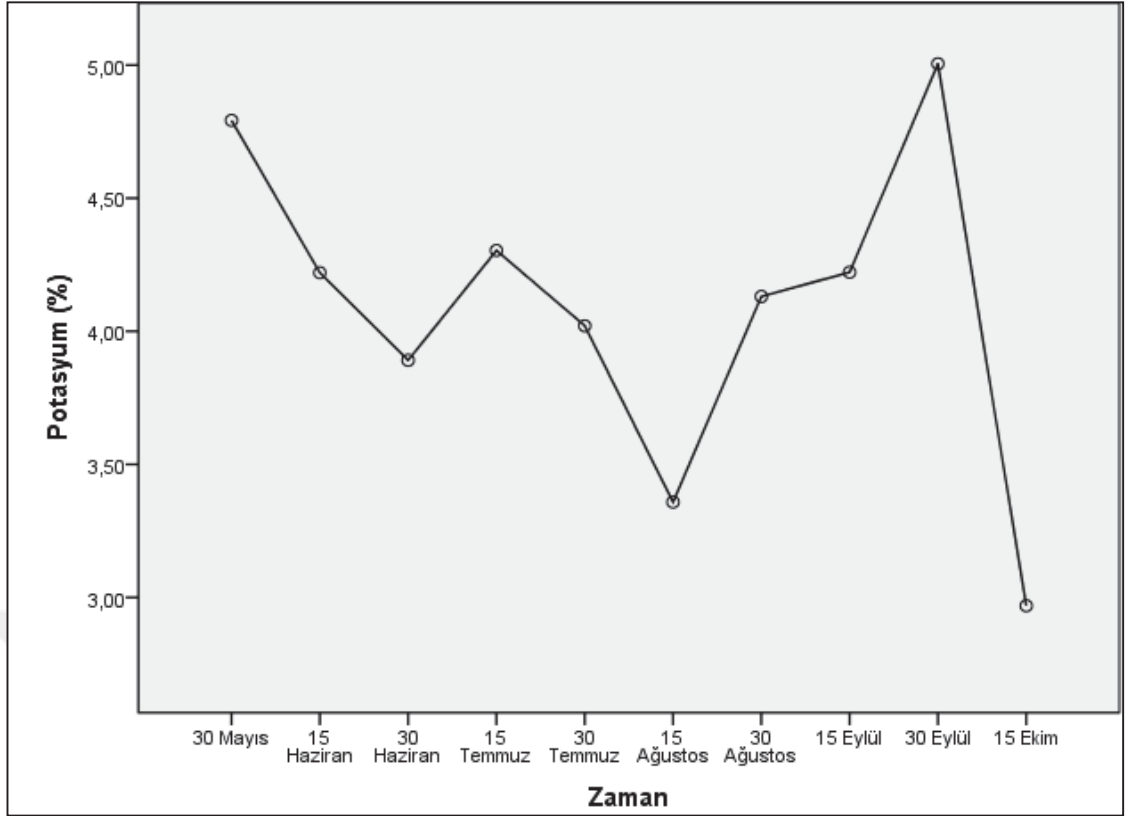
Örneklem Zamanı	Potasyum (%K)					
	001	002	003	004	005	006
30.05.2018	013	014	015	016	017	018
	019	020	021	022	023	024
	025	026	027	028	029	030
	031	032	033	034	035	036
	037	038	039	040	041	042
	043	044	045	046	047	048
	049	050	051	052	053	054
	055	056	057	058	059	060
	061	062	063	064	065	066
	067	068	069	070	071	072
	073	074	075	076	077	078
	079	080	081	082	083	084
15.06.2018	085	086	087	088	089	090
	091	092	093	094	095	096
	097	098	099	100	101	102
	103	104	105	106	107	108
	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120
	121	122	123	124	125	126
	127	128	129	130	131	132
	133	134	135	136	137	138
	139	140	141	142	143	144
	145	146	147	148	149	150
	151	152	153	154	155	156
30.06.2018	157	158	159	160	161	162
	163	164	165	166	167	168
	169	170	171	172	173	174
	175	176	177	178	179	180
	181	182	183	184	185	186
	187	188	189	190	191	192

Çizelge 4.7. Şeker pancarı örnekleme zamanına göre potasyum (%) içeriği (devamı)

30.06.2018	007	4.23	019	3.17	031	3.46
	008	3.67	020	3.10	032	3.09
	009	3.95	021	3.13	033	3.27
	010	3.32	022	5.48	034	4.22
	011	3.24	023	5.37	035	3.88
	012	3.28	024	5.43	036	4.05
15.07.2018	001	4.31	013	4.61	025	4.07
	002	4.57	014	4.54	026	4.33
	003	4.44	015	4.58	027	4.20
	004	3.63	016	3.85	028	5.69
	005	3.25	017	3.99	029	4.87
	006	3.44	018	3.92	030	5.28
	007	3.39	019	4.20	031	4.52
	008	3.63	020	4.33	032	4.49
	009	3.51	021	4.26	033	4.50
	010	5.10	022	3.93	034	3.76
	011	5.84	023	4.18	035	4.22
	012	5.47	024	4.06	036	3.99
30.07.2018	001	5.03	013	3.43	025	3.05
	002	3.93	014	3.75	026	3.07
	003	4.48	015	3.59	027	3.06
	004	3.59	016	2.57	028	5.58
	005	3.48	017	2.63	029	5.70
	006	3.54	018	2.60	030	5.64
	007	2.94	019	6.80	031	4.01
	008	2.92	020	5.51	032	3.99
	009	2.93	021	6.16	033	4.00
	010	3.64	022	4.73	034	3.89
	011	3.25	023	5.40	035	3.62
	012	3.45	024	5.07	036	3.75
15.08.2018	001	2.63	013	3.13	025	2.26
	002	3.03	014	3.41	026	2.53
	003	2.83	015	3.27	027	2.40
	004	3.03	016	3.73	028	2.05
	005	2.94	017	3.68	029	2.56
	006	2.99	018	3.71	030	2.31
	007	4.14	019	4.00	031	3.69
	008	4.26	020	4.01	032	3.86
	009	4.20	021	4.00	033	3.78
	010	5.03	022	3.26	034	2.51
	011	4.66	023	3.51	035	2.71
	012	4.84	024	3.38	036	2.61

Çizelge 4.7. Şeker pancarı örnekleme zamanına göre potasyum (%) içeriği (devamı)

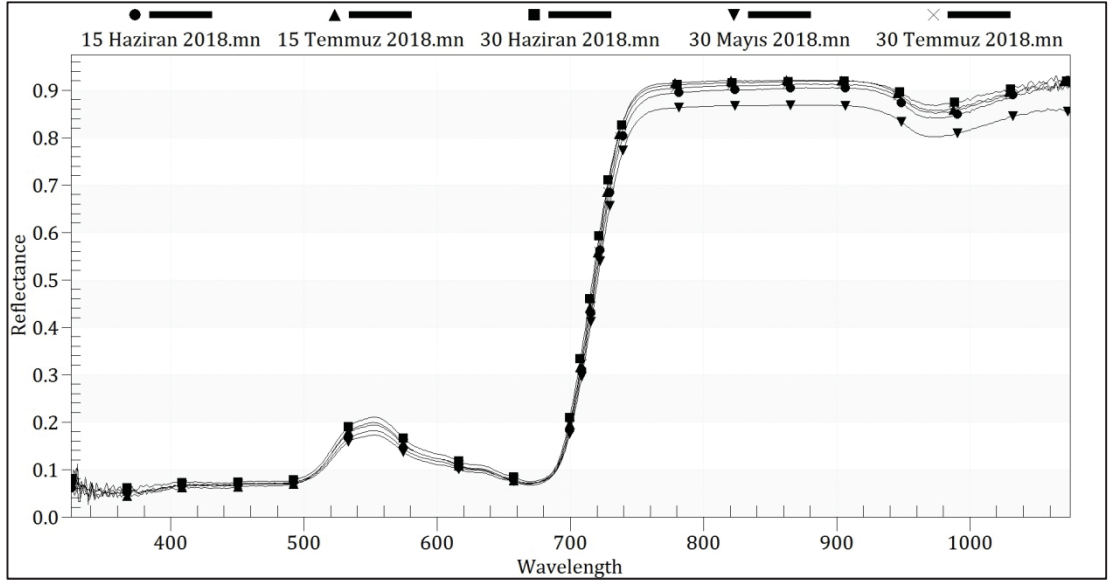
30.08.2018	001	3.57	013	4.86	025	4.89
	002	4.04	014	5.53	026	5.20
	003	3.80	015	5.19	027	5.04
	004	4.56	016	3.28	028	6.28
	005	4.05	017	3.37	029	6.69
	006	4.30	018	3.32	030	6.48
	007	4.60	019	2.85	031	2.92
	008	3.96	020	3.10	032	3.28
	009	4.28	021	2.97	033	3.10
	010	3.94	022	4.16	034	3.55
	011	3.67	023	3.64	035	3.16
	012	3.81	024	3.90	036	3.36
15.09.2018	001	3.54	013	5.21	025	4.65
	002	3.72	014	4.67	026	4.21
	003	3.63	015	4.94	027	4.43
	004	6.63	016	3.14	028	5.63
	005	7.49	017	2.75	029	5.39
	006	7.06	018	2.95	030	5.51
	007	3.08	019	3.29	031	4.23
	008	2.90	020	3.23	032	3.77
	009	2.99	021	3.26	033	4.00
	010	5.81	022	3.10	034	4.17
	011	3.73	023	3.10	035	3.87
	012	4.77	024	3.10	036	4.02
30.09.2018	001	5.84	013	5.01	025	4.46
	002	5.09	014	5.14	026	4.99
	003	5.47	015	5.07	027	4.72
	004	6.27	016	4.99	028	4.96
	005	6.61	017	4.65	029	4.32
	006	6.44	018	4.82	030	4.64
	007	4.62	019	5.61	031	4.29
	008	4.96	020	5.64	032	4.24
	009	4.79	021	5.63	033	4.27
	010	5.53	022	3.85	034	4.52
	011	5.72	023	4.51	035	4.28
	012	5.63	024	4.18	036	4.40
15.10.2018	001	2.93	013	3.01	025	2.16
	002	2.61	014	3.19	026	2.17
	003	2.77	015	3.10	027	2.17
	004	3.40	016	2.89	028	2.24
	005	3.33	017	2.83	029	2.34
	006	3.37	018	2.86	030	2.29
	007	3.54	019	3.31	031	2.35
	008	3.33	020	3.46	032	2.19
	009	3.43	021	3.38	033	2.27
	010	2.81	022	4.43	034	2.58
	011	3.07	023	4.28	035	2.79
	012	2.94	024	4.36	036	2.69



Şekil 4.3. Şeker pancarı potasyum (%) içeriğinin örnekleme zamanına göre değişimi

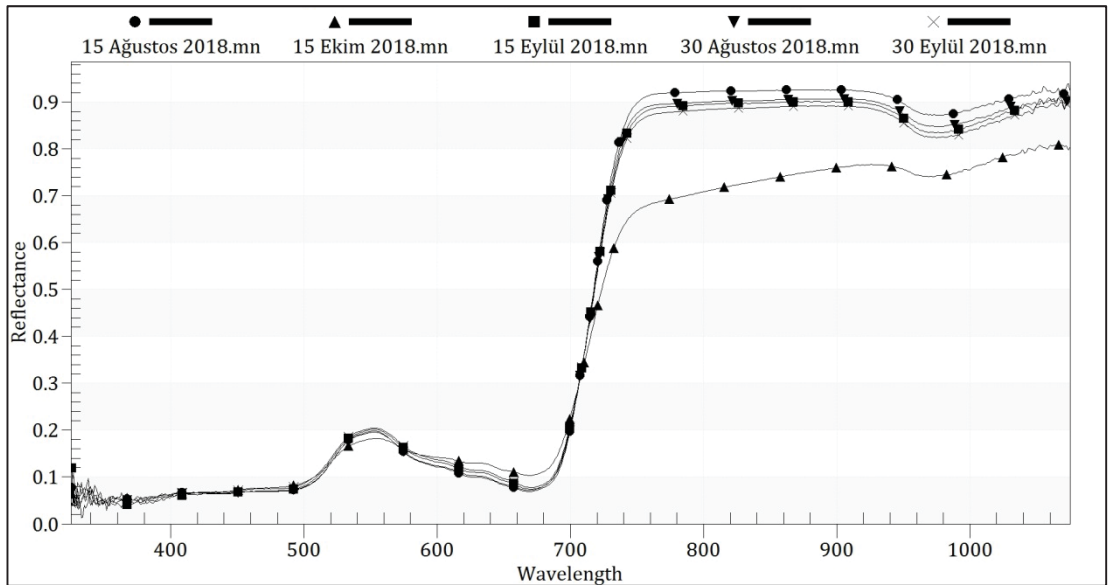
#### 4.2. Spektral Verilere Ait Bulgular

Araştırma konusu olan yaprak örneklerinden 3 tekerrürlü olarak elde edilen spektral eğrilerin ortalamaları alınmıştır. Şeker pancarı yapraklarındaki vejetasyon dönemi içerisinde alınan örneklerin ortalama yansımaya grafikleri elde edilmiştir. Şeker pancarında N, P ve K besin içeriğinin dönemsel olarak belirlenmesi için örnekleme başlangıç ve bitiş tarihlerinde elde edilen yansımaya grafikleri oluşturulmuştur. Yansımaya değerleri kullanılarak ortalama yansımaya ve türev yansımaya grafikleri oluşturulmuştur. Örnekleme zamanına göre ortalama yansımalar ilk 5 ve son 5 örnekleme zamanına göre grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 4.4-4.7). Şeker pancarı yaprak örneklerinin 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) yansımaya azalışı meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 4.6). Ortalaması alınan eğrilerin her bir dalga boyu için yansımaya yüzdeleri çıkartılmış ve istatistik analizler için uygun formatta kaydedilmiştir.



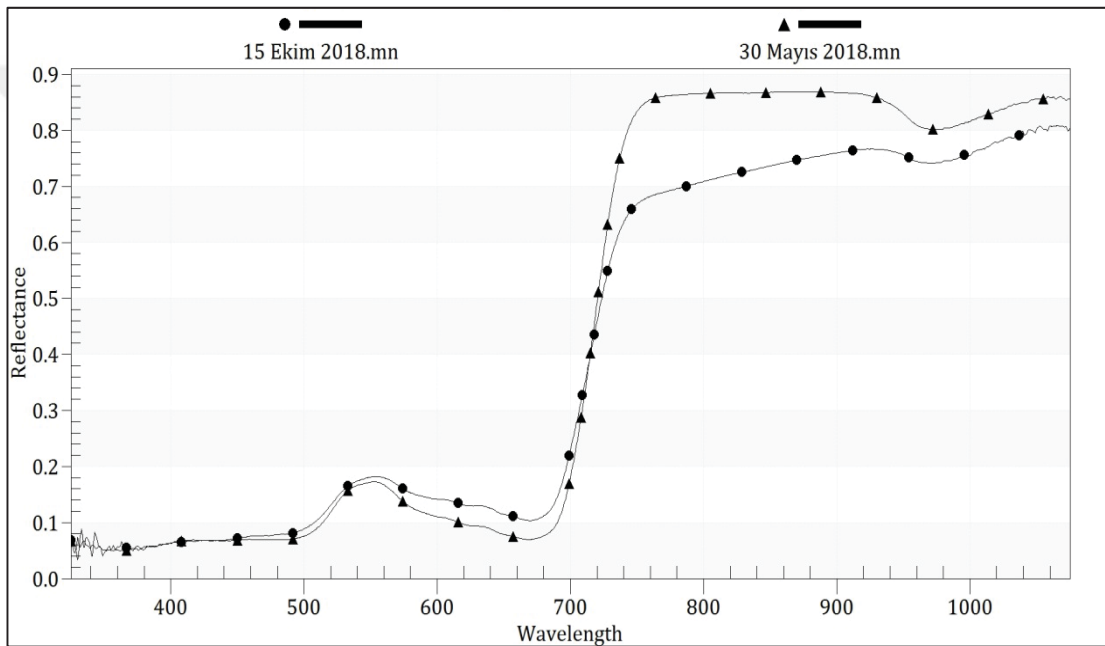
Şekil 4.4. Şeker pancarı örneklerinin ortalama ilk 5 zamana göre yansıma grafiği

Şeker pancarı örneklerinin spektrometre ölçümlerinin ilk 5 örnekleme zamanına göre birbirine benzer yansıma göstermektedir. Bu dönemler arasında şeker pancarı vejetasyon gelişim döneminde olmasından dolayı 30 Mayıs tarihinden sonraki örneklerin yakın kızılötesi bölgede daha yüksek yansıma yaptığı bitkilerde meydana gelen gelişim değerleri ve yansıma değerleri arasında önemli ilişkiler olduğunu ve bunun yansıma karakteristikleri ile yapılabileceği belirlenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.5. Şeker pancarı örneklerinin ortalama son 5 zamana göre yansıma grafiği

Şeker pancarı örneklerinin spektrometre ölçümlerinin son 5 örnekleme zamanına göre birbirine benzer yansıma göstermektedir. Bu dönemler arasında şeker pancarı vejetasyon gelişim döneminin sonunda olmasından dolayı 15 Ağustos tarihinden sonraki örneklerin yakın kızılötesi daha düşük yansıma yaptığı bitkilerde meydana gelen vejetatif gelişimin sonuna gelindiği ve yansıma değerleri arasında önemli ilişkiler olduğunu ve bunun yansıma karakteristikleri ile yapılabileceği belirlenmiştir. Şeker pancarı bitkileri 700 nanometreden sonra göstermiş oldukları yansıma değerleri ile dönemsel değişimlerin izlenmesinde karakteristik yansıma göstermiştir (Şekil 4.5).

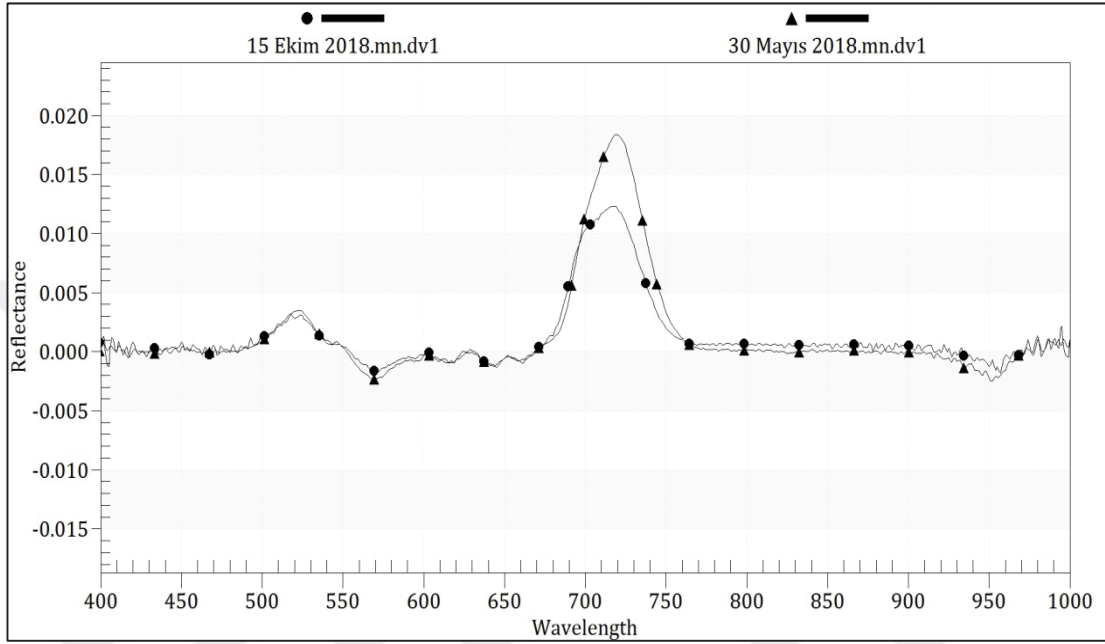


Şekil 4.6. Şeker pancarı yapraklarının örnekleme zamanı başlangıç ve bitiş tarihindeki ortalama yansıma grafiği

Şeker pancarı örnekleme başlangıç ve bitiş zamanlarında göstermiş oldukları yansıma grafiği incelendiğinde 500 ve 700 nanometre aralığında yansıma değerleri yükselmiştir. Bu durum bitkilerdeki klorofil miktarındaki değişimlerden kaynaklanmaktadır. Bitkiler 400 ve 700 nanometre arasındaki dalga boylarında fotosentez için kullanılmaktadır. Klorofil miktarı bitkilerin bu bölgedeki yansımalarını önemli oranda etkilemektedir (Sims ve Gamon, 2002). Klorofil a ve b vejetasyon sonu itibarıyla meydana gelen bozunmalardan kaynaklı olarak daha yüksek yansıma vermiştir. Bu durum şeker pancarı klorofil içeriğindeki bozunmadan dolayı absorpsiyonu düşürmüş yansıma artmıştır. Aynı şekilde 700 ve 1000 nanometre aralığında meydana gelen yansımadaki düşüşün nedeni de klorofil miktarındaki



düşüş ve ligninleşen dokuların artmasından kaynaklı olarak yapraklar yakın kızıl ötesi bölgedeki absorpsiyonu artmıştır. Şeker pancarı yapraklarının ilk ve son örneklemelerindeki yansıma değerleri bitki bünyesindeki meydana gelen değişimlerin izlenmesinde etkili ve hızlı bir yöntem olarak kullanılabilceğini göstermektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.7. Şeker pancarı yapraklarının örnekleme zamanı başlangıç ve bitiş tarihindeki ortalama türev yansıma grafiği

Başlangıç ve bitiş tarihinde ölçülen yansıma değerlerinin 1. derece türevleri alınmıştır. Şeker pancarı örneklerinin birincil türevlerini alma yansımaları ve pikleri daha belirgin ve ayrıt edilebilir hale getirmiştir. Türev verilerinden elde edilen grafiklerde en fazla kırılma olan dalga boyları 430, 560, 600, 630, 680, 720, 730, 740, 800, 850, 900 ve 950 nm olarak belirlenmiştir. Meydana gelen kırılmalarda 550 ve 700 nanometre arasındaki türev grafiğinde bitki klorofil içeriği ve vejetasyonun sonuna yaklaşılmışından dolayı türev değerleri daha yüksektir. Yine aynı şekilde 700 ve 1000 nanometre arasındaki türev grafiğinde bitki klorofil içeriği ve vejetasyonun sonuna yaklaşılmışından dolayı bu bölgedeki absorpsiyon arttığı için 15 Ekim tarihindeki örnekler daha düşük yansıma verdiği için birinci derece türevlerinde de düşük kırınım vermiştir. Şeker pancarı yansıma değerlerinde yapılan birinci derece türev ile 560 ve 720 nanometrede farklılıklar daha belirgin olmuştur (Şekil 4.7).

### 4.3. İstatistik Değerlendirmeler

#### 4.3.1. Şeker pancarı azot (N) içeriği tahmin modelleri

Yaprak örneklerine ait spektral yansıma verileri ve laboratuvar analizi sonucu elde edilen N seviyeleri, tahmin modellerinin oluşturulması amacıyla çoklu karşılaştırma testi olan stepwise çoklu lineer regresyon analiz yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Stepwise çoklu lineer regresyon analizi ile bağımsız değişkenler (dalga boyu) kullanılarak bağımlı değişken (N) en fazla 6 bantta en yüksek  $r^2$  değerli ve RMSE değerleri matematiksel tahmin modelleri ile tahmin edilmiştir. Örnekleme zamanları arasında yapılan varyans analizi (Tukey) sonucu örnekleme zamanları arası farklılıklar bulunmuştur. Bu nedenle her örnekleme dönemi için farklı N tahmin modelleri geliştirilmiştir (Çizelge 8-17).

Çizelge 4.8. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Mayıs 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMS E
1 band	$\%N = 5.284 + (-8.78 * 456nm)$	$y = 0.0887x + 4.2412$	0.09	0.00
2 band	$\%N = 5.218 + (-177.4 * 456nm) + (171.4 * 470nm)$	$y = 0.4548x + 2.5378$	0.46	0.00
3 band	$\%N = 0.97 + (-199.1 * 456nm) + (186.6 * 470nm) + (5.34 * 765nm)$	$y = 0.6435x + 1.6561$	0.64	0.02
4 band	$\%N = 0.181 + (-168.5 * 456nm) + (153.5 * 470nm) + (11.46 * 765nm) + (-5.40 * 986nm)$	$y = 0.7177x + 1.3042$	0.72	0.06
5 band	$\%N = -0.381 + (-184.5 * 456nm) + (75.9 * 470nm) + (13.55 * 765nm) + (-7 * 986nm) + (94.1 * 479nm)$	$y = 0.7762x + 1.0381$	0.78	0.02
6 band	$\%N = 0.099 + (-133.6 * 456nm) + (147.2 * 470nm) + (12.61 * 765nm) + (-6.22 * 986nm) + (100.9 * 479nm) + (-129.2 * 461nm)$	$y = 0.8286x + 0.8004$	0.83	0.02

Çizelge 4.9. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Haziran 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%N = 8.883 + (-13.38 * 712nm)$	$y = 0.6569x + 1.3661$	0.66	0.01
2 band	$%N = 7.591 + (-13.25 * 712nm) + (18.39 * 428nm)$	$y = 0.7174x + 1.1218$	0.72	0.01
3 band	$%N = 6.793 + (-9.25 * 712nm) + (100.7 * 428nm) + (-88.5 * 457nm)$	$y = 0.7967x + 0.8138$	0.80	0.03
4 band	$%N = 6.634 + (-8.60 * 712nm) + (57.0 * 428nm) + (-191.7 * 457nm) + (150.9 * 438nm)$	$y = 0.8652x + 0.5399$	0.87	0.02
5 band	$%N = 6.035 + (-7.31 * 712nm) + (84.3 * 428nm) + (-266.5 * 457nm) + (155.3 * 438nm) + (45.3 * 671nm)$	$y = 0.9142x + 0.3372$	0.92	0.02
6 band	$%N = 5.690 + (-7.18 * 712nm) + (76.4 * 428nm) + (-209.2 * 457nm) + (179.9 * 438nm) + (54.7 * 671nm) + (-78.9 * 464nm)$	$y = 0.9293x + 0.274$	0.93	0.04

Çizelge 4.10. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Haziran 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	R <sup>2</sup>	RMSE
2 band	$%N = 2.208 + (67.3 * 456nm) + (-42.6 * 470nm)$	$y = 0.4377x + 2.3274$	0.44	0.03
3 band	$%N = 2.049 + (205.9 * 456nm) + (-49.5 * 470nm) + (-126.6 * 765nm)$	$y = 0.5357x + 1.9259$	0.54	0.00
4 band	$%N = 2.058 + (401.4 * 673nm) + (-56.8 * 421nm) + (-244.1 * 676nm) + (-64.8 * 662nm)$	$y = 0.65x + 1.4553$	0.65	0.02
5 band	$%N = 1.991 + (438.5 * 673nm) + (-65.9 * 421nm) + (-275.8 * 676nm) + (-68.3 * 662nm) + (9.15 * 407nm)$	$y = 0.6808x + 1.322$	0.68	0.02
6 band	$%N = 2.273 + (412.2 * 673nm) + (-62.8 * 421nm) + (-254.1 * 676nm) + (-65.3 * 662nm) + (21.08 * 407nm) + (-17.79 * 402nm)$	$y = 0.7416x + 1.071$	0.74	0.01

Çizelge 4.11. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Temmuz 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%N = 2.491 + (27.69 * 409nm)$	$y = 0.3238x + 2.8453$	0.32	0.00
2 band	$%N = 12.13 + (31.34 * 409nm) + (-10.77 * 923nm)$	$y = 0.4443x + 2.3381$	0.44	0.00
3 band	$%N = 11.56 + (33.17 * 409nm) + (-54.2 * 923nm) + (43.8 * 825nm)$	$y = 0.5662x + 1.8887$	0.57	0.38
4 band	$%N = 7.37 + (33.24 * 409nm) + (-5.9 * 923nm) + (109.5 * 825nm) + (-109.3 * 863nm)$	$y = 0.6503x + 1.4193$	0.65	0.31
5 band	$%N = 9.95 + (16.07 * 409nm) + (-14.0 * 923nm) + (117.6 * 825nm) + (-113.0 * 863nm) + (30.5 * 425nm)$	$y = 0.7126x + 1.1805$	0.71	0.17
6 band	$%N = 14.37 + (23.64 * 409nm) + (-2.4 * 923nm) + (106.6 * 825nm) + (-118.4 * 863m) + (48.3 * 425nm) + (-24.09 * 415nm)$	$y = 0.7679x + 0.9659$	0.77	0.06

Çizelge 4.12. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Temmuz 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%N = 5.229 + (-18.2 * 407nm)$	$y = 0.0949x + 3.6827$	0.10	0.00
2 band	$%N = 5.051 + (-31.8 * 407nm) + (16 * 415nm)$	$y = 0.1409x + 3.4935$	0.14	0.01
3 band	$%N = 4.929 + (-26.5 * 407nm) + (35.5 * 415nm) + (-22.8 * 412nm)$	$y = 0.2034x + 3.2469$	0.20	0.03
4 band	$%N = 2.95 + (-20.8 * 407nm) + (38 * 415nm) + (-34.4 * 412nm) + (3.43 * 726nm)$	$y = 0.2629x + 3.0032$	0.27	0.02
5 band	$%N = 5.68 + (-17.6 * 407nm) + (42.1 * 415nm) + (-36.4 * 412nm) + (4.74 * 726nm) + (-4.58 * 977nm)$	$y = 0.3015x + 2.8513$	0.30	0.05
6 band	$%N = 5.05 + (-12.5 * 407nm) + (38.5 * 415nm) + (-40.9 * 412nm) + (1.97 * 726nm) + (-83.3 * 977nm) + (81.1 * 960nm)$	$y = 0.6878x + 1.2913$	0.69	0.13

Çizelge 4.13. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Ağustos 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%N = 2.492 + (25.3 * 449nm)$	$y = 0.1352x + 3.624$	0.14	0.01
2 band	$%N = 1.654 + (101.5 * 449nm) + (-65.1 * 416nm)$	$y = 0.3679x + 2.6497$	0.37	0.00
3 band	$%N = 2.048 + (159.1 * 449nm) + (-55.4 * 416nm) + (-70.4 * 477nm)$	$y = 0.4606x + 2.2647$	0.46	0.02
4 band	$%N = 2.114 + (150 * 449nm) + (-80.2 * 416nm) + (-182.1 * 477nm) + (143.5 * 462nm)$	$y = 0.5507x + 1.8748$	0.55	0.05
5 band	$%N = 2.379 + (188.6 * 449nm) + (-50.5 * 416nm) + (-222.6 * 477nm) + (151.2 * 462nm) + (-37.7 * 410nm)$	$y = 0.6385x + 1.5211$	0.64	0.03
6 band	$%N = 2.768 + (162.1 * 449nm) + (-50.4 * 416nm) + (-266.4 * 477nm) + (123.8 * 462nm) + (-46.0 * 410nm) + (104.3 * 445nm)$	$y = 0.7242x + 1.1567$	0.72	0.00

Çizelge 4.14. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Ağustos 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%N = 5.106 + (-14.45 * 649nm)$	$y = 0.1843x + 3.1587$	0.18	0.00
2 band	$%N = 4.477 + (-23.76 * 649nm) + (21.20 * 407nm)$	$y = 0.3946x + 2.3451$	0.40	0.00
3 band	$%N = 4.999 + (-325.8 * 649nm) + (27.05 * 470nm) + (280.7 * 765nm)$	$y = 0.6508x + 1.3508$	0.65	0.01
4 band	$%N = 5.365 + (-265.4 * 649nm) + (37.66 * 407nm) + (236.9 * 646nm) + (-34.0 * 467nm)$	$y = 0.7016x + 1.157$	0.70	0.01
5 band	$%N = 5.348 + (-259.3 * 649nm) + (35.86 * 407nm) + (238.7 * 646nm) + (-117.5 * 467nm) + (80 * 447nm)$	$y = 0.7694x + 0.8947$	0.77	0.01
6 band	$%N = 5.324 + (-256.6 * 649nm) + (38.14 * 407nm) + (351.2 * 646nm) + (-127.3 * 467nm) + (73.1 * 447nm) + (-98.1 * 642nm)$	$y = 0.8164x + 0.7203$	0.82	0.05

Çizelge 4.15. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Eylül 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$\%N = 3.115 + (6.46 * 687nm)$	$y = 0.0435x + 3.5843$	0.04	0.00
2 band	$\%N = 3.068 + (23.89 * 687nm) + (-25.8 * 424nm)$	$y = 0.1869x + 3.0498$	0.19	0.02
3 band	$\%N = 3.096 + (18.85 * 687nm) + (-61.6 * 424nm) + (44.3 * 414nm)$	$y = 0.3728x + 2.3536$	0.37	0.02
4 band	$\%N = 3.149 + (-9.02 * 687nm) + (-77.2 * 424nm) + (35.4 * 414nm) + (35.6 * 457nm)$	$y = 0.4192x + 2.1731$	0.42	0.02
5 band	$\%N = 3.319 + (9.78 * 687nm) + (-74.4 * 424nm) + (56.1 * 414nm) + (64.3 * 457nm) + (-57.9 * 427nm)$	$y = 0.5199x + 1.7966$	0.52	0.01
6 band	$\%N = 3.391 + (25.6 * 687nm) + (-56.9 * 424nm) + (58.5 * 414nm) + (107.2 * 457nm) + (100.9 * -72.5) + (-70.1 * 473nm)$	$y = 0.6214x + 1.4147$	0.62	0.02

Çizelge 4.16. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Eylül 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$\%N = 3.898 + (-3.65 * 697nm) +$	$y = 0.1022x + 2.9175$	0.10	0.00
2 band	$\%N = 3.577 + (-29.31 * 697nm) + (30.70 * 525nm)$	$y = 0.4009x + 1.9474$	0.40	0.00
3 band	$\%N = 3.367 + (-27.60 * 697nm) + (26.18 * 525nm) + (9.69 * 414nm)$	$y = 0.4683x + 1.7284$	0.47	0.00
4 band	$\%N = 3.367 + (-28.41 * 697nm) + (50.9 * 525nm) + (19.20 * 414nm) + (-36.4 * 515nm)$	$y = 0.5724x + 1.3894$	0.57	0.00
5 band	$\%N = 2.959 + (-44.49 * 697nm) + (107.2 * 525nm) + (8.99 * 414nm) + (-103.0 * 515nm) + (36.50 * 679nm)$	$y = 0.7116x + 0.937$	0.71	0.00
6 band	$\%N = 2.616 + (-33.15 * 697nm) + (134.5 * 525nm) + (6.29 * 414nm) + (-178.3 * 515nm) + (27.05 * 679nm) + (54.0 * 472nm)$	$y = 0.7641x + 0.7615$	0.76	0.03

Çizelge 4.17. Azot (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Ekim 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%N = 1.589 + (1.836 * 817nm)$	$y = 0.3628x + 1.8538$	0.36	0.00
2 band	$%N = 1.195 + (224.6 * 817nm) + (-222.4 * 816nm)$	$y = 0.5422x + 1.3$	0.53	0.17
3 band	$%N = 2.338 + (277.4 * 817nm) + (-228.2 * 816nm) + (-48.2 * 829nm)$	$y = 0.5937x + 1.188$	0.60	0.04
4 band	$%N = 2.210 + (342.9 * 817nm) + (-130.9 * 816nm) + (-173.2 * 829nm) + (-38.04 * 769nm)$	$y = 0.7357x + 0.7586$	0.74	0.06
5 band	$%N = 2.676 + (382.3 * 817nm) + (-115.2 * 816nm) + (-113.9 * 819nm) + (-64.0 * 769nm) + (-89.0 * 842nm)$	$y = 0.7938x + 0.6239$	0.79	0.14
6 band	$%N = 2.969 + (403.3 * 817nm) + (-116.0 * 816nm) + (-109.4 * 829nm) + (-72.5 * 769nm) + (-105.0 * 842nm) + (-8.94 * 407nm)$	$y = 0.8067x + 0.5308$	0.82	0.19

#### 4.3.2. Şeker pancarı fosfor (P) içeriği tahmin modelleri

Yaprak örneklerine ait spektral yansıma verileri ve laboratuvar analizi sonucu elde edilen P 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 (P) en fazla 6 bantta en yüksek r<sup>2</sup> değerli ve RMSE deperleri matematiksel tahmin modelleri ile tahmin edilmiştir. Örnekleme zamanları arasında yapılan varyans analizi (Tukey) sonucu örnekleme zamanları arası farklılıklar bulunmuştur. Bu nedenle her örnekleme dönemi için farklı P tahmin modellerli geliştirilmiştir (Çizelge 18-27).

Çizelge 4.18. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Mayıs 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%P = 0.931 + (-3.32 * 696nm)$	$y = 0.2267x + 0.3528$	0.22	0.00
2 band	$%P = 0.862 + (-4.34 * 696nm) + (3.17 * 404nm)$	$y = 0.2932x + 0.3215$	0.30	0.00
3 band	$%P = 0.843 + (-2.48 * 696nm) + (19.67 * 404nm) + (-19.43 * 415nm)$	$y = 0.5799x + 0.1906$	0.58	0.00
4 band	$%P = 0.807 + (-2.320 * 696nm) + (7.17 * 404nm) + (-25.31 * 415nm) + (18.74 * 405nm)$	$y = 0.6612x + 0.1539$	0.66	0.00
5 band	$%P = 0.739 + (-2.645 * 696nm) + (10.15 * 404nm) + (-35.41 * 415nm) + (18.12 * 405nm) + (9.31 * 479nm)$	$y = 0.7292x + 0.1233$	0.73	0.00
6 band	$%P = 0.7185 + (-2.421 * 696nm) + (14.54 * 404nm) + (-27.59 * 415nm) + (10.85 * 405nm) + (55.68 * 479nm) + (-51.4 * 472nm)$	$y = 0.8508x + 0.0644$	0.85	0.02

Çizelge 4.19. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Haziran 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%P = 1.074 + (-4.668 * 697nm)$	$y = 0.4994x + 0.1754$	0.50	0.00
2 band	$%P = 0.913 + (-4.785 * 697nm) + (2.69 * 412nm)$	$y = 0.5264x + 0.165$	0.53	0.00
3 band	$%P = 0.937 + (-4.230 * 697nm) + (12.35 * 412nm) + (-11.07 * 422nm)$	$y = 0.6617x + 0.119$	0.66	0.00
4 band	$%P = 1.102 + (-6.245 * 697nm) + (11.53 * 412nm) + (-27.40 * 422nm) + (19.01 * 451nm)$	$y = 0.7397x + 0.0906$	0.74	0.00
5 band	$%P = 1.153 + (-6.533 * 697nm) + (7.68 * 412nm) + (-40.52 * 422nm) + (20.29 * 451nm) + (15.62 * 419nm)$	$y = 0.8064x + 0.0673$	0.81	0.00
6 band	$%P = 1.131 + (-6.017 * 697nm) + (6.72 * 412nm) + (-42.60 * 422nm) + (40.62 * 451nm) + (16.26 * 419nm) + (-18.26 * 470nm)$	$y = 0.8502x + 0.0523$	0.85	0.00



Çizelge 4.20. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Haziran 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$\%P = 3.387 + (-3.08 * 745nm)$	$y = 0.2038x + 0.5706$	0.20	0.00
2 band	$\%P = 2.572 + (-3.272 * 745nm) + (12.95 * 476nm)$	$y = 0.376x + 0.4474$	0.38	0.00
3 band	$\%P = 1.753 + (-2.388 * 745nm) + (56.0 * 476nm) + (-42.67 * 478nm)$	$y = 0.6111x + 0.2803$	0.61	0.01
4 band	$\%P = 1.807 + (-2.233 * 745nm) + (58.04 * 476nm) + (-43.02 * 478nm) + (-4.47 * 407nm)$	$y = 0.6575x + 0.2439$	0.66	0.01
5 band	$\%P = 3.614 + (2.22 * 745nm) + (62.91 * 476nm) + (-39.65 * 478nm) + (-7.75 * 407nm) + (-6.91 * 959nm)$	$y = 0.7202x + 0.1926$	0.72	0.05
6 band	$\%P = 3.535 + (3.01 * 745nm) + (66.45 * 476nm) + (-42.49 * 478nm) + (-8.22 * 407nm) + (-18.62 * 959nm) + (11.01 * 995nm)$	$y = 0.7785x + 0.1583$	0.78	0.00

Çizelge 4.21. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Temmuz 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$\%P = -3.353 + (4.34 * 991nm) +$	$y = 0.3237x + 0.2656$	0.32	0.02
2 band	$\%P = -1.086 + (10.80 * 991nm) + (-8.52 * 823nm)$	$y = 0.5493x + 0.1835$	0.55	0.03
3 band	$\%P = -0.873 + (11.32 * 991nm) + (-59.9 * 823nm) + (-8.52 * 826nm)$	$y = 0.6837x + 0.0958$	0.69	0.18
4 band	$\%P = 0.051 + (3.88 * 991nm) + (-54.0 * 823nm) + (41.9 * 826nm) + (9.47 * 979nm)$	$y = 0.7412x + 0.11$	0.74	0.04
5 band	$\%P = -0.928 + (6.28 * 991nm) + (-44.7 * 823nm) + (34.8 * 826nm) + (15.29 * 979nm) + (-9.25 * 999nm)$	$y = 0.8037x + 0.1382$	0.80	0.36
6 band	$\%P = -0.229 + (4.71 * 991nm) + (-31.3 * 823nm) + (54.6 * 826nm) + (18.10 * 979nm) + (-9.76 * 999nm) + (-34.7 * 828nm)$	$y = 0.833x + 0.0659$	0.83	0.00

Çizelge 4.22. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Temmuz 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%P = 2.002 + (-2.23 * 724nm)$	$y = 0.1101x + 0.5783$	0.11	0.01
2 band	$%P = 1.923 + (-3.72 * 724nm) + (12.32 * 656nm)$	$y = 0.2657x + 0.4809$	0.27	0.02
3 band	$%P = 1.563 + (-1.19 * 724nm) + (35.12 * 656nm) + (-26.70 * 691nm)$	$y = 0.4265x + 0.3738$	0.43	0.00
4 band	$%P = 1.984 (-0.86 * 724nm) + (76.7 * 656nm) + (-35.04 * 691nm) + (-42.6 * 486nm)$	$y = 0.6221x + 0.2458$	0.62	0.00
5 band	$%P = 1.870 + (-0.93 * 724nm) + (65.5 * 656nm) + (-29.0 * 691nm) + (-77.8 * 486nm) + (41\text{ç}0 * 462nm)$	$y = 0.6936x + 0.2047$	0.69	0.03
6 band	$%P = 1.709 + (-0.606 * 724nm) + (62.5 * 656nm) + (-29.62 * 691nm) + (-58.4 * 486nm) + (67.8 * 462nm) + (-43.7 * 451nm)$	$y = 0.7625x + 0.1585$	0.76	0.02

Çizelge 4.23. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Ağustos 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%P = 2.75 + (-2.23 * 968nm)$	$y = 0.0899x + 0.7307$	0.09	0.01
2 band	$%P = 4.14 + (-23.05 * 968nm) + (19.03 * 998nm)$	$y = 0.2892x + 0.5718$	0.29	0.01
3 band	$%P = 4.76 + (-19.90 * 968nm) + (14.82 * 998nm) + (5.76 * 401nm)$	$y = 0.3353x + 0.5411$	0.31	0.05
4 band	$%P = 5.058 + (-17.84 * 968nm) + (13.44 * 998nm) + (12.49 * 401nm) + (-16.53 * 681nm)$	$y = 0.4667x + 0.4278$	0.42	0.00
5 band	$%P = 5.96 + (-3.51 * 968nm) + (16.25 * 998nm) + (13.94 * 401nm) + (-16.74 * 681nm) + (-18.21 * 962nm)$	$y = 0.5063x + 0.397$	0.47	0.01
6 band	$%P = 6.84 + (-3.82 * 968nm) + (8.14 * 998nm) + (14.87 * 401nm) + (-15.67 * 681nm) + (-34.8 * 962nm) + (24.0 * 982nm)$	$y = 0.5694x + 0.367$	0.53	0.13

Çizelge 4.24. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Ağustos 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%P = 0.1566 + (2.867 * 696nm)$	$y = 0.4683x + 0.3247$	0.47	0.00
2 band	$%P = 0.290 + (4.22 * 696nm) + (-0.691 * 718nm)$	$y = 0.4846x + 0.315$	0.48	0.00
3 band	$%P = 1.258 + (28.77 * 696nm) + (-3.71 * 718nm) + (-27.26 * 692nm)$	$y = 0.6016x + 0.2422$	0.60	0.01
4 band	$%P = 0.901 + (53.8 * 696nm) + (4.82 * 718nm) + (-46.5 * 692nm) + (-14.84 * 711nm)$	$y = 0.6802x + 0.193$	0.68	0.01
5 band	$%P = 0.638 + (54.7 * 696nm) + (4.22 * 718nm) + (-96.8 * 692nm) + (-12.39 * 711nm) + (48.8 * 898nm)$	$y = 0.7154x + 0.1633$	0.73	0.06
6 band	$%P = 1.496 + (62.4 * 696nm) + (11.62 * 718nm) + (-97.8 * 692nm) + (-22.35 * 711nm) + (45.7 * 691nm) + (-1.75 * 898nm)$	$y = 0.748x + 0.1545$	0.74	0.00

Çizelge 4.25. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Eylül 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%P = 0.470 + (6.81 * 405nm)$	$y = 0.2119x + 0.7056$	0.21	0.00
2 band	$%P = 0.599 + (12.11 * 405nm) + (-7.88 * 401nm)$	$y = 0.3519x + 0.5755$	0.38	0.03
3 band	$%P = 0.749 + (15.82 * 405nm) + (-5.59 * 401nm) + (-8.13 * 435nm)$	$y = 0.429x + 0.5072$	0.45	0.02
4 band	$%P = 0.697 + (12.40 * 405nm) + (-2.33 * 401nm) + (-29.14 * 435nm) + (20.06 * 477nm)$	$y = 0.5971x + 0.3596$	0.61	0.01
5 band	$%P = 0.580 + (14.68 * 405nm) + (0.81 * 401nm) + (-17.39 * 435nm) + (35.65 * 477nm) + (-32.11 * 443nm)$	$y = 0.7263x + 0.2453$	0.72	0.00
6 band	$%P = 0.637 + (13.62 * 405nm) + (-0.03 * 401nm) + (-17.76 * 435nm) + (53.7 * 477nm) + (-30.35 * 443nm) + (-17.30 * 494nm)$	$y = 0.7563x + 0.2172$	0.76	0.01

Çizelge 4.26. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Eylül 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$\%P = -0.100 + (1.178 * 763nm)$	$y = 0.2637x + 0.6848$	0.26	0.00
2 band	$\%P = -0.115 + (1.476 * 763nm) + (-2.58 * 651nm)$	$y = 0.3829x + 0.5737$	0.38	0.00
3 band	$\%P = -0.145 + (1.403 * 763nm) + (-4.04 * 651nm) + (3.60 * 415nm)$	$y = 0.4902x + 0.4734$	0.49	0.00
4 band	$\%P = -0.143 + (1.451 * 763nm) + (-3.604 * 651nm) + (6.76 * 415nm) + (-4.81 * 406nm)$	$y = 0.6254x + 0.3488$	0.63	0.00
5 band	$\%P = 0.218 + (0.854 * 763nm) + (29.7 * 651nm) + (10.33 * 415nm) + (-4.54 * 406nm) + (-35.7 * 656nm)$	$y = 0.7054x + 0.2814$	0.71	0.05
6 band	$\%P = 0.478 + (0.525 * 763nm) + (34.29 * 651nm) + (11.14 * 415nm) + (-15.58 * 406nm) + (-40.8 * 656nm) + (10.97 * 461nm)$	$y = 0.8066x + 0.1819$	0.81	0.01

Çizelge 4.27. Fosfor (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Ekim 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$\%P = 1.421 + (-3.970 * 532nm)$	$y = 0.4977x + 0.3875$	0.50	0.01
2 band	$\%P = 1.205 + (-5.81 * 532nm) + (7.56 * 439nm)$	$y = 0.7366x + 0.2046$	0.74	0.02
3 band	$\%P = 1.366 + (-4.204 * 532nm) + (36.10 * 439nm) + (-34.99 * 436nm)$	$y = 0.8031x + 0.1561$	0.81	0.02
4 band	$\%P = 1.381 + (-40.8 * 532nm) + (36.35 * 439nm) + (-33.73 * 436nm) + (34.3 * 537nm)$	$y = 0.8327x + 0.1321$	0.85	0.02
5 band	$\%P = 1.4208 + (-42.9 * 532nm) + (33.79 * 439nm) + (-21.31 * 436nm) + (36.55 * 537nm) + (-11.05 * 428nm)$	$y = 0.8628x + 0.1065$	0.86	0.00
6 band	$\%P = 1.4118 + (-40.13 * 532nm) + (30.56 * 439nm) + (-14.16 * 436nm) + (33.95 * 537nm) + (-20.23 * 428nm) + (5.73 * 406nm)$	$y = 0.4977x + 0.3875$	0.50	0.01

#### 4.3.3. Şeker pancarı potasyum (%K) içeriği tahmin modelleri

Yaprak örneklerine ait spektral yansıma verileri ve laboratuvar analizi sonucu elde edilen K 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 (K) en fazla 6 bantta en yüksek  $r^2$  değerli ve RMSE deperleri matematiksel tahmin modelleri ile tahmin edilmiştir. Örnekleme zamanları arasında yapılan varyans analizi (Tukey) sonucu örnekleme zamanları arası farklılıklar bulunmuştur. Bu nedenle her örnekleme dönemi için farklı K tahmin modellerli geliştirilmiştir (Çizelge 28-37).

Çizelge 4.28. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Mayıs 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$\%K = 2.03 + (17.0 * 698nm)$	$y = 0.059x + 4.5134$	0.06	0.02
2 band	$\%K = 8.51 + (16.4 * 698nm) + (-7.71 * 983nm)$	$y = 0.1024x + 4.3$	0.10	0.01
3 band	$\%K = -3.21 + (3.5 * 698nm) + (-40.4 * 983nm) + (74.5 * 751nm)$	$y = 0.3315x + 3.2339$	0.33	0.18
4 band	$\%K = -1.93 + (1.6 * 698nm) + (-247.6 * 983nm) + (56.5 * 751nm) + (197.2 * 971nm)$	$y = 0.4392x + 2.6177$	0.44	0.42
5 band	$\%K = -1.00 + (2.27 * 698nm) + (-155.4 * 983nm) + (63.6 * 751nm) + (375 * 971nm) + (-279 * 979nm)$	$y = 0.5036x + 2$	0.50	0.82
6 band	$\%K = 1.82 + (3.13 * 698nm) + (-130.4 * 983nm) + (72.2 * 751nm) + (393 * 971nm) + (-249 * 979nm) + (-83.4 * 999nm)$	$y = 0.5319x + 2.8376$	0.54	3.56

Çizelge 4.29. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Haziran 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$\%K = -1.62 + (87.8 * 407nm)$	$y = 0.1961x + 3.3936$	0.20	0.01
2 band	$\%K = -0.71 + (156.6 * 407nm) + (-83.5 * 404nm)$	$y = 0.2792x + 3.042$	0.28	0.00
3 band	$\%K = -0.85 + (110.8 * 407nm) + (-149.2 * 404nm) + (115 * 405nm)$	$y = 0.3024x + 2.972$	0.30	0.17
4 band	$\%K = -1.05 + (129.8 * 407nm) + (-121.9 * 404nm) + (120 * 405nm) + (-50.4 * 401nm)$	$y = 0.3236x + 2.8749$	0.32	0.12
5 band	$\%K = -1.40 + (109.8 * 407nm) + (-414.9 * 404nm) + (115 * 405nm) + (-56 * 401nm) + (54.5 * 420nm)$	$y = 0.3439x + 2.7557$	0.35	0.08
6 band	$\%K = -0.30 + (117.7 * 407nm) + (-150 * 404nm) + (90 * 405nm) + (-56.9 * 401nm) + (264 * 420nm) + (-201.1 * 436nm)$	$y = 0.4535x + 2.2814$	0.46	0.15

Çizelge 4.30. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Haziran 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%K = 8.16 + (-58.6 * 415nm)$	$y = 0.1164x + 3.4373$	0.12	0.01
2 band	$%K = 6.66 + (-114.4 * 415nm) + (75.9 * 429nm)$	$y = 0.2062x + 3.0905$	0.21	0.01
3 band	$%K = 7.02 + (-166.5 * 415nm) + (85.0 * 429nm) + (75.9 * 401nm)$	$y = 0.2655x + 2.8529$	0.27	0.03
4 band	$%K = 7.76 + (-157.3 * 415nm) + (131.8 * 429nm) + (63.6 * 401nm) + (-92.3 * 411nm)$	$y = 0.3723x + 2.4472$	0.37	0.03
5 band	$%K = -15.07 + (-166.8 * 415nm) + (157.8 * 429nm) + (104.0 * 401nm) + (-171.4 * 411nm) + (26.63 * 923nm)$	$y = 0.5151x + 1.8829$	0.52	0.03
6 band	$%K = -9.01 + (-107.3 * 415nm) + (125.1 * 429nm) + (73.7 * 401nm) + (-142.2 * 411nm) + (260.7 * 923nm) + (-242.3 * 917nm)$	$y = 0.6582x + 1.3328$	0.66	0.02

Çizelge 4.31. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Temmuz 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%K = -1.278 + (83.6 * 671nm)$	$y = 0.5048x + 2.1298$	0.51	0.01
2 band	$%K = -2.966 + (202.6 * 671nm) + (-104.1 * 429nm)$	$y = 0.6803x + 1.3751$	0.68	0.01
3 band	$%K = -3.425 + (253.2 * 671nm) + (-89.0 * 429nm) + (-62.0 * 419nm)$	$y = 0.7659x + 1.0039$	0.77	0.02
4 band	$%K = -3.725 + (231.1 * 671nm) + (-110.6 * 429nm) + (-82.7 * 419nm) + (71.9 * 444nm)$	$y = 0.8027x + 0.8421$	0.80	0.04
5 band	$%K = -3.465 + (235.1 * 671nm) + (-103.2 * 429nm) + (-61.9 * 419nm) + (115.1 * 444nm) + (-80 * 433nm)$	$y = 0.8417x + 0.6739$	0.84	0.04
6 band	$%K = -3.373 + (253.6 * 671nm) + (-99.2 * 429nm) + (-60.5 * 419nm) + (127.7 * 444nm) + (-70.5 * 433nm) + (-46.5 * 456nm)$	$y = 0.8639x + 0.5859$	0.86	0.00

Çizelge 4.32. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Temmuz 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%K = 16.35 + (-15.30 * 738nm)$	$y = 0.1015x + 3.6073$	0.10	0.03
2 band	$%K = 17.17 + (-23.44 * 738nm) + (53.4 * 618nm)$	$y = 0.2178x + 3.0354$	0.21	0.66
3 band	$%K = 18.18 + (-26.62 * 738nm) + (452 * 618nm) + (-411 * 635nm)$	$y = 0.2901x + 2.005$	0.26	5.09
4 band	$%K = 12.06 + (-269 * 738nm) + (505 * 618nm) + (-441 * 635nm) + (242 * 740nm)$	$y = 0.3793x + 2.0857$	0.37	2.46
5 band	$%K = -1.80 + (-437 * 738nm) + (301 * 618nm) + (-1495 * 635nm) + (422 * 740nm) + (1247 * 625nm)$	$y = 0.5704x + 0.9636$	0.56	4.58
6 band	$%K = -8.01 + (-301 * 738nm) + (333 * 618nm) + (-1681 * 635nm) + (304 * 740nm) + (1469 * 625nm) + (-74.3 * 535nm)$	$y = 0.6063x + 1.1976$	0.62	2.31

Çizelge 4.33. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Ağustos 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%K = 2.10 + (19.4 * 415nm)$	$y = 0.0418x + 3.2189$	0.05	0.01
2 band	$%K = 4.56 + (115.1 * 415nm) + (-131.0 * 421nm)$	$y = 0.2794x + 2.4185$	0.28	0.01
3 band	$%K = 5.15 + (88.2 * 415nm) + (-174.0 * 421nm) + (63.1 * 405nm)$	$y = 0.3499x + 2.1849$	0.35	0.01
4 band	$%K = 5.20 + (86.7 * 415nm) + (-122.4 * 421nm) + (93.0 * 405nm) + (-80.4 * 408nm)$	$y = 0.451x + 1.8407$	0.45	0.02
5 band	$%K = 4.71 + (91.3 * 415nm) + (-111.4 * 421nm) + (136.4 * 405nm) + (-90.1 * 408nm) + (-43.5 * 401nm)$	$y = 0.5082x + 1.6557$	0.51	0.02
6 band	$%K = 4.52 + (101.1 * 415nm) + (113.9 * 421nm) + (108.9 * 405nm) + (-100.1 * 408nm) + (-74.2 * 401nm) + (65.5 * 400nm)$	$y = 0.5561x + 1.4857$	0.56	0.03

Çizelge 4.34. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Ağustos 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%K = -0.66 + (66.1 * 665nm)$	$y = 0.282x + 2.9672$	0.28	0.01
2 band	$%K = 11.77 + (65.7 * 665nm) + (-14.26 * 748nm)$	$y = 0.4632x + 2.2146$	0.46	0.02
3 band	$%K = 12.94 + (103.1 * 665nm) + (-14.81 * 748nm) + (-50.6 * 407nm)$	$y = 0.5729x + 1.7643$	0.57	0.00
4 band	$%K = 9.20 + (132.7 * 665nm) + (-228 * 748nm) + (-62.4 * 407nm) + (214 * 750nm)$	$y = 0.6261x + 1.182$	0.62	2.17
5 band	$%K = 16.14 + (24.5 * 665nm) + (-653 * 748nm) + (-51.4 * 407nm) + (626 * 750nm) + (69.8 * 694nm)$	$y = 0.6978x + 1.6675$	0.70	2.52
6 band	$%K = 15.50 + (80.9 * 665nm) + (-850 * 748nm) + (-18.1 * 407nm) + (822 * 750nm) + (81.9 * 694nm) + (-122.3 * 423nm)$	$y = 0.7558x + 1.2188$	0.76	1.26

Çizelge 4.35. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Eylül 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%K = 1.18 + (22.83 * 597nm)$	$y = 0.1658x + 3.5239$	0.17	0.01
2 band	$%K = 4.86 + (133.2 * 597nm) + (-168.4 * 513nm)$	$y = 0.3508x + 2.7414$	0.35	0.00
3 band	$%K = 5.29 + (701 * 597nm) + (-175.4 * 513nm) + (-55 * 593nm)$	$y = 0.5163x + 2.1103$	0.51	0.41
4 band	$%K = 3.58 + (835 * 597nm) + (-537 * 513nm) + (-735 * 593nm) + (420 * 515nm)$	$y = 0.5903x + 1.8168$	0.59	0.52
5 band	$%K = 4.27 + (900 * 597nm) + (-472 * 513nm) + (-805 * 593nm) + (432 * 515nm) + (-70.7 * 691nm)$	$y = 0.6287x + 1.5185$	0.63	0.30
6 band	$%K = 4.17 + (950 * 597nm) + (-549 * 513nm) + (-803 * 593nm) + (421 * 515nm) + (-73.1 * 691nm) + (48.5 * 412nm)$	$y = 0.6685x + 1.384$	0.67	0.09



Çizelge 4.36. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (30 Eylül 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%K = 18.25 + (-16.03 * 970nm)$	$y = 0.2613x + 3.698$	0.26	0.00
2 band	$%K = 12.47 + (-99.7 * 970nm) + (88.9 * 956nm)$	$y = 0.6452x + 1.7992$	0.65	0.14
3 band	$%K = 9.13 + (-130.9 * 970nm) + (85.2 * 956nm) + (38.4 * 999nm)$	$y = 0.6854x + 1.582$	0.69	0.04
4 band	$%K = 8.65 + (-122.1 * 970nm) + (118.7 * 956nm) + (58.6 * 999nm) + (-63.1 * nm)$	$y = 0.7419x + 1.132$	0.74	0.96
5 band	$%K = 9.33 + (-121.9 * 970nm) + (171 * 956nm) + (69.3 * 999nm) + (-73.3 * 977nm) + (-52.7 * 947nm)$	$y = 0.7781x + 1.0897$	0.78	0.13
6 band	$%K = 5.93 + (-138.7 * 970nm) + (170.6 * 956nm) + (71.7 * 999nm) + (-43.5 * 977nm) + (-115.1 * 974nm) + (51 * 934nm)$	$y = 0.8145x + 0.9263$	0.82	0.01

Çizelge 4.37. Potasyum (%) içeriğine ait tahmin modeli (15 Ekim 2018)

BAND SAYISI	MODEL	DENKLEM	TAHMİN	
			R <sup>2</sup>	RMSE
1 band	$%K = 6.560 + (-54.7 * 418nm)$	$y = 0.3076x + 2.0581$	0.31	0.01
2 band	$%K = 6.122 + (-123 * 418nm) + (74.3 * 417nm)$	$y = 0.4175x + 1.7265$	0.42	0.02
3 band	$%K = 7.29 + (-145.2 * 418nm) + (208.2 * 417nm) + (-128.5 * 416nm)$	$y = 0.4747x + 1.5646$	0.48	0.03
4 band	$%K = 7.24 + (-140.9 * 418nm) + (213.6 * 417nm) + (-115 * 416nm) + (-9.16 * 532nm)$	$y = 0.5098x + 1.4557$	0.51	0.00
5 band	$%K = 7.366 + (-129.5 * 418nm) + (158.1 * 417nm) + (-61.5 * 416nm) + (-159.9 * 532nm) + (131.8 * 549nm)$	$y = 0.5685x + 1.2745$	0.57	0.04
6 band	$%K = 7.459 + (-121.2 * 418nm) + (149.6 * 417nm) + (-106.7 * 416nm) + (-200.6 * 532nm) + (170.1 * 549nm) + (42.3 * 405nm)$	$y = 0.6139x + 1.1456$	0.62	0.00

#### 4.3.4. Yersel spektral ölçümler ile şeker pancarı N, P ve K (%) tahmin modelleri

Yersel görüntüleme spektrometreleri, çok yüksek uzamsal çözünürlüğe sahip mahsul kanopi görüntülerini toplamak için kullanılabilir ve farklı uzamsal çözünürlükteki görüntüler üretmek için kullanılabilen geliştirilen tahmin modelleri ile belirlenmiştir. Dinar ilçesindeki şeker pancarı tarlalarından alınan örnek alanları ile geliştirilen tahmin modelleri, diğer stres faktörlerin etkisini azaltmak için 2. çapalama bitiminde örneklerin alınması ile başlamıştır. Bu sayede geliştirilen modellerin kullanım olanaklarının yaygınlığı sağlanmıştır. Her örnekleme zamanına ait geliştirilen tahmin modelleri farklı oranlarda belirleme katsayısı vermiştir. %N, %P ve %K tahmin modelleri ile geliştirilen modeller ve tahmin değerlerine ait değerler vejetasyon gelişimi döneminde kullanılacak en doğru dönemlerin tahmin edilmesinde kullanılabilenliğini ortaya koymuştur (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38. %N, %P ve %K 6 değişkenli tahmin modelleri

Örnekleme Zamanı	%N 6 Band MODEL		%P 6 Band MODEL		%K 6 Band MODEL	
	R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE
30.05.2018	0.83	0.02	0.85	0.02	0.54	3.56
15.06.2018	0.93	0.04	0.85	0.00	0.46	0.15
30.06.2018	0.65	0.02	0.78	0.00	0.66	0.02
15.07.2018	0.77	0.06	0.83	0.00	0.86	0.00
30.07.2018	0.69	0.13	0.76	0.02	0.62	2.31
15.08.2018	0.72	0.00	0.53	0.13	0.56	0.03
30.08.2018	0.82	0.05	0.74	0.00	0.76	1.26
15.09.2018	0.62	0.02	0.76	0.01	0.67	0.09
30.09.2018	0.76	0.03	0.81	0.01	0.82	0.01
15.10.2018	0.82	0.19	0.86	0.00	0.62	0.00

Geliştirilen tahmin modelleri ile spektrometre ile bitki besin elementi içeriğinin tahmininde yüksek doğrulukta kullanılacağı belirlenmiştir. Bitki elementlerinin eksikliği, bitkilerin yapraklarının renginde ve morfolojik yapısında değişikliklere neden olur ve bitkilerin beslenme durumları, bitkilerin spektral yansımasındaki değişiklikler ile hızlı bir şekilde teşhis edilebilir (Wu vd., 2008; Jay vd., 2017). Şeker pancarı tarlalarında vejetasyon döneminin sonunda en düşük R<sup>2</sup> ve RMSE potasyum konsantrasyonu olmuştur. Potasyum konsantrasyonunun yüksek doğrulukla belirlendiği durumlarda N konsantrasyonunun belirlenebilirliği düşüş göstermiştir. Dönemler arasında en yüksek doğrulukta P konsantrasyonu belirlenmiştir. Fosfor, bitki organik maddesinin en başta gelen gerekli organik kimya elementlerinden biridir. Bu nedenle

içeriklerinin tahmin edilmesi, metabolizma yönteminin ve bitkilerin sağlığının izlenmesini kolaylaştıracaktır. Görünür yakın kızılötesi spektrofotometre ile elde edilen yaprakların spektral katsayı değerlerinin bitki besin elementi durumunun teşhisi için sağlam bir araç olduğu belirlenmiştir.

Şeker pancarı besin elementi içeriğinin VNIRS yöntemlerle tahmininde 15 Temmuz, 30 Ağustos ve 30 Eylül tarihlerinde geliştirilen modeller yüksek başarı ile kullanılabilir. Geliştirilen modeller ile şeker pancarının arazi koşullarında stres koşullarına maruz kalmaması için hızlı ve çevre kirliliğine duyarlı tahmin modelleri üretilmiştir. Spektrodadyometre ile besin içeriğinin tahmin edilmesi için geliştirilen modeller bir çok çalışmada gösterildiği üzere başarılı olduğu ve kullanıcılara daha hızlı sonuçlar üretebilme imkanı sağladığı belirlenmiştir. Çalışma sonuçları doğrultusunda elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 6 değişkenli tahmin modelleri ile en yüksek doğrulukta olduğu ve değişken sayısının azalması ile tahmin modellerinin belirleme katsayılarında anlamlı düşüşler gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4. 38).

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmamız, geleneksel üretim koşulları altında yer bazlı 1-nm enterpolasyonlu hiperspektral verileri kullanarak şeker pancarı yaprağındaki üç makro besin maddesinin (N, P, K) konsantrasyonunu tahmin etmeye çalışılmıştır. Tahmin modellerini oluşturmak için stepwise çoklu karşılaştırma yaklaşımı kullanımı araştırılmıştır. Modellerin performansı RMSE ne kadar düşük olursa, tahmin modeli o kadar doğru olur. Ayrıca stepwise regresyon modeli ile spektral verilerin boyutsallığı azaltmada ve hiperspektral verileri incelemede kullanılması da incelenmiştir.

ANOVA testinin sonuçları, 10 örnekleme zamanı arasında N, P ve K konsantrasyonlarında anlamlı ( $p \leq 0.05$ ) fark göstermiştir. Besin elementi konsantrasyonları belirgin şekilde daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni, şeker pancarı makro besin gübrelerinin muamele edildiğinde, şeker pancarının topraktan kullanabileceği N, P ve K alımlarının değişmesinden olabilir. Ancak, 12 parselden alınan örneklerin arasında şeker pancarı yaprak besin konsantrasyonlarındaki farklılıkların nedeni bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur ve diğer makro ve mikro besin elementlerinin sinerjistik ve antagonistik etkileri daha fazla araştırılmalıdır. Sonuçlarımız ayrıca, geleneksel üretim koşulları altında geliştirilen modellerin çoğunun, dönemlere göre her besin elementi için geliştirilen modellerden ayrı ayrı olarak kullanılmasının nispeten daha doğru olduğunu göstermiştir. Bu, üç besin elementi arasındaki bazı besin içeriğindeki önemsiz farklılıklara rağmen, üç besin içeriğinin de yüksek doğrulukta tahmin ettiği vejetasyon döneminde kullanımı nispeten daha yüksek kullanım imkanı bulacağı sonucu çıkarılabilir. Öte yandan, kültürel uygulamalardaki farklılıklar şeker pancarı besin elementi içeriğinde değişkenliklere sebep olabilir. Bu etkiyi en aza indirmek için farklı örnekleme noktalarından elde edilen şeker pancarı numunelerinde ölçülen spektral veriler üretilen tahmin modellerinin eğitimi için kullanılmıştır. Böylece üretilen modellerin üretim yapılan bölgede kullanımı besin elementi yönetimi için para ve zaman tasarrufu sağlayabilir ve böylece şeker pancarı besin elementi alımının takibi geliştirilebilir. Genel olarak, üç besin elementinin dönemsel değişimi üretilen modeller kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir. Şeker pancarı yapraklarındaki N, P ve K besin içeriği, vejetasyon dönemindeki konsantrasyonları inorganik kimyasal gübreler ve

organik gübrelerden sağlandıkları gibi yeterli besinleri sağladığı anlamına gelir. Bu çalışma ile şeker pancarı mahsul üretimi için gerekli olan yeterli miktarda N, P ve K besin içerdiğini bildiren Jones vd. (1991) ve Kahraman vd. (2012) ile tutarlıdır. Jones vd. (1991) tarafından yapılan önerilere atıfta bulunularak, tüm örnekleme zamanlarındaki yeterli şeker pancarı yapraklarındaki N, P ve K besin konsantrasyonlarına neden olmuştur (Çizelge 4.1). Çizelge 4.1'de sunulan ortalama şeker pancarı yaprakları N, P ve K makro besin konsantrasyonları, Jones (1991) tarafından belirtilen yeterli N, P ve K bitki makro besin konsantrasyonları aralığındadır (N= % 4.3-5.0, P=% 0.45-1.10 ve K=% 2.00-5.00). Bununla birlikte, bitki yapraklarının makro besin konsantrasyonlarının yeterli oranları literatürde iyi bir şekilde oluşturulmamıştır ve büyük ölçüde yaprak saplarının tahlil edilmiş yapraklardan dahil edilmesine veya çıkarılmasına bağlıdır. Ayrıca, şeker pancarı yapraklarının mikro ve makro besin maddelerini alma kabiliyeti, kullanılan gübre ve toprak karakteristiklerine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Şeker pancarı üretiminde besin elementi konsantrasyonları mahsul üretimi için potansiyelini ortaya koymaktadır.

Sonuçlar, tahmin modellerinin tümü için optimum bileşenlerin sayısının, diğer çalışmaların bulgularına kıyasla nispeten düşük olduğunu (1 ile 6 arasında değişmektedir), hiperspektral verileri kullanarak vejetasyon biyokimyasal konsantrasyonlarını tahmin etmek için istatistiksel modellerin kullanılması durumunda 10'dan fazla bileşenin olduğunu bildirmiştir (Nguyen vd., 2006, Liebmann vd., 2009, Ramoelo vd., 2013). Dahası, bileşen numaralarımız Abdel-Rahman vd. (2013)'nin benzer muamele koşullarında yere dayalı verileri kullanarak şeker pancarı besin elementi konsantrasyonlarını ön görmek için rapor ettiği bileşenlerin sayısına (1-6) uygundur. Bu bağlamda, bu çalışmada elde edilen bileşen sayısını, çok sayıda bileşenle ilişkili olabilecek aşırı uydurma sorununun üstesinden gelmeye uygun olarak hesaplarız. Genel olarak, çalışmamız, makro besin elementleri (N, P ve K) öngörmek için üretilen tahmin modellerinin, giriş belirleyicilerinin (hiperspektral veriler) birkaç ilişkisiz bileşene indirgenmesine rağmen bir performans göstermediğini göstermektedir. Şeker pancarı makro besin içeriği tüm 1-nm enterpolasyonlu hiperspektral dalga boylarının (n = 600) dahil edilmesi modellerin performansını engellemiş olabilir (Filzmoser vd., 2012). Ayrıca, bitkilerde bulunan mikro besin maddelerinin metabolik, kimyasal ve fizyolojik fonksiyonlarını ve

bunların yaprak klorofil ve protein içerikleri ile ilişkilerini ve etkileşimlerini farklı su kaynakları ile işlendiğinde elde edilebilirliklerinin anlaşılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyar (Marschner, 1995; Dedeoğlu, 2011). Son teknoloji ile kombinasyon halinde, bitki mikrobeseinlerine karşı hassas olan spektral bantlar bilinmemektedir (Wang vd., 2015). Bitki makro besinlerine karşı duyarlı EMS'ye dağılmış olan çok çeşitli spektral bantlar farklı spektral değişkenler olarak bilinmektedir (Kumar vd., 2002; Ramoelo vd., 2013).

Çalışma, eşzamanlı olarak birden fazla yanıt değişkenini öngören regresyon tabanlı algoritmaların, ilişkili makro besin elementleri için nispeten daha iyi performans göstermektedir (Çizelge 4.38). Bu, tahmin modellerinin ilişkili yanıt değişkenleri için uygunluğunu belirten Blanco ve Peguero (2008) ile uyumludur. Bu çalışma yerinde uzaktan algılanan verileri kullanarak yaprak besin konsantrasyonlarını tahmin etmek için regresyon tabanlı algoritmaların uygunluğunu araştırmaya yönelik bir denemedir. Aksine, kimyasal uygulama alanlarında, çeşitli besinlerin (Fe ve Zn) konsantrasyonunun eşzamanlı tahmini için PLSR'nin kullanımı literatürde iyi bir şekilde belgelenmiştir (Pedro ve Ferreira, 2007; Aguerssif vd., 2008; Xu vd., 2014).

Regresyon temelli tahmin modellerinin bileşenlerinde en fazla katkı yapan dalga boyları tarafından seçilen şeker pancarı yaprak makro besin (N, P ve K) konsantrasyonlarını tahmin etmek için kullanılan dalga boyları EMS'nin etrafına dağılmıştır (Çizelge 4.8-4.37). Spesifik olarak, bu dalga boyları EMS'nin görünür, kırmızı kenarı ve NIR bölümlerinde bulunur. Dalgaboyu, diğer çalışmalar tarafından seçilen spektral değişkenlerle aynı tutarlılıktadır (Curran, 1994; Kumar vd., 2002; Mutanga vd., 2005; Skidmore vd., 2010; Ramoelo vd., 2011; Abdel-Rahman vd., 2013). N, P, klorofil, şeker ve proteine duyarlı spektral değişkenler olarak, yaprak klorofil ve protein, yaprak N ve P konsantrasyonları ile korele olduğu için, spektral duyarlılık özelliklerinin, yaprak N ve P konsantrasyonları ile ilişkilendirilebileceği beklenir (Yoder ve Pettigrew-Crosby, 1995; Jain vd., 2007). Bu bağlamda, yaprak K içeriği N ve P içeriği ile ilişkilidir (Çizelge 4.38). Dolayısıyla besin elementi konsantrasyonu, EMS'nin görünür, kırmızı kenarı ve NIR bölgelerinde dalga boylarına duyarlı olabilir. Bu kısmen, görünür, kırmızı kenardaki ve NIR'deki spektral değişkenlerin NPK stres altındaki bitkilerden NPK yeterli

konsantrasyonlardaki bitkileri ayırt etmek için başarıyla kullanılabileceğini bildiren Jørgensen (2007) ile kısmen uyumludur.

Regresyon modelleri tarafından seçilen 1-nm enterpolasyonlu dalga boylarının aynı anda birden fazla şeker pancarı yaprak besin konsantrasyonunun modellenmesinde spektral değişkenler olarak değerlendirilebileceğini not etmektedir. Bu, gelecekteki yaprak besinleri ve diğer biyokimyasalların izlenmesi için yararlı olan hiperspektral ve / veya multispektral dalga bantlarının oluşturulmasında ve yapılandırılmasında yardımcı olacaktır.

Doğrusal regresyon tabanlı algoritmaları kullanarak şeker pancarı mahsulünün yaprak besin konsantrasyonlarını tahmin etmek için 1-nm enterpolasyonlu hiperspektral verilerden faydalanılmıştır. Buna rağmen, yaprak besin konsantrasyonları, yaprak bölgesi indeksi ve mahsul kanopi spektral özelliklerini de etkileyen biyokütle gibi diğer mahsul biyofiziksel özellikleri nedeniyle, gölgelik seviyesindeki hiperspektral verilerle doğrusal olarak ilişkili olmayabilir (Abdel-Rahman vd., 2013, Ramoelo vd., 2013). Bu nedenle gelecekteki çalışmalar, şeker pancarı yaprak besin konsantrasyonlarını tahmin etmek için doğrusal olmayan PLS tabanlı regresyon yaklaşımlarının kullanılmasını araştırmalı ve mahsul kanopi spektral özelliklerini etkileyen anahtar biyofiziksel değişkenler tahmin modellerine dahil edilmelidir. Çalışma, arazi koşullarında yerel bir alanda gerçekleştirilmiştir. Gelecekteki çalışmalar bu nedenle, arazi koşullarında hiperspektral verileri kullanarak şeker pancarı yaprak mikro ve makro besin konsantrasyonlarının eşzamanlı tahmini için regresyon modellerinin diğer alanlardaki kullanım geçerliliğini araştırmalıdır. Özellikle, mikro ve makro besin konsantrasyonlarını belirlemek için tahmin modellerine aktarılabilirliği ve sağlamlığı, farklı çevresel ve biyolojik koşullarda da test edilmelidir.

Yapılan çalışma ile üç besin elementi (N, P, K) şekeri pancar toprak üstü aksamından hiperspektral verileri kullanarak tespit edilmesi ve dönemsel değişimlerin belirlenmesi araştırılmıştır. Laboratuvar ölçümleri ile Şeker pancarı örneklerindeki konsantrasyonları araştırmak için laboratuvar koşullarında yapılmıştır. Üç besin elementinin vejetasyon dönemine göre konsantrasyonundaki değişim etkisi altındaki yaprakların spektral imzaları bir veri seti olarak kullanılmıştır. Her bir besin



elementi şeker pancarı bitkilerinin biyokimyası ve fizyolojisi üzerindeki karakteristik etkisine dayanmaktadır. Besin elementleri ve spesifik spektral değişiklikler arasındaki nedensel ilişki, değişimlerin önemine olan bağımlılıkları ile vurgulanmaktadır. Spektral bitki örtüsü değerleri, sağlıklı bitkiler arasındaki besin elementinden kaynaklı farklılaşmanın belirlenmesi için yararlıdır. N, P ve K elementlerinin ölçümü için faydalıdır. Ancak sonuçlarımız ayrıca, abiyotik bitki stresinin ilave etkilerinden bahsedilmemiştir, örneğin kuraklık stresi, tarlada oluşabilecek hastalık gibi durumlardan bahsetmek yerine, besin elementi içeriğindeki farklılaşma potansiyeli olmadığını da göstermektedir. Modellerin en yüksek doğruluk verdiği örnekleme zamanlarına ait kombinasyonlarının kullanımı, biyotik ve abiyotik bitki stresine karşı besin elementi tespitini ve atamasını iyileştirme konusunda umut verici sonuçlar elde etmiştir.



## KAYNAKLAR

- Abdel-Rahman, E. M., Mutanga, O., Odindi, J., Adam, E., Odindo, A., & Ismail, R. (2017). Estimating Swiss chard foliar macro-and micronutrient concentrations under different irrigation water sources using ground-based hyperspectral data and four partial least squares (PLS)-based (PLS1, PLS2, SPLS1 and SPLS2) regression algorithms. *Computers And Electronics In Agriculture*, 132, 21-33 p. doi.org/10.1016/j.compag.2016.11.008.
- Abdel-Rahman, E. M., Ahmed, F. B., & Ismail, R. (2013). Random forest regression and spectral band selection for estimating sugarcane leaf nitrogen concentration using EO-1 Hyperion hyperspectral data. *International Journal of Remote Sensing*, 34(2), 712-728. doi.org/10.1080/01431161.2012.713142.
- Aguerssif, N., Benamor, M., Kachbi, M., & Draa, M. T. (2008). Simultaneous determination of Fe (III) and Al (III) by first-derivative spectrophotometry and partial least-squares (PLS-2) method–Application to post-haemodialysis fluids. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 22(3), 175-182. doi.org/10.1016/j.jtemb.2007.12.004.
- Akal, C., Helvacı, C., Prelević, D., & van den Bogaard, P. (2013). High-K volcanism in the Afyon region, western Turkey: from Si-oversaturated to Si-undersaturated volcanism. *International Journal of Earth Sciences*, 102(2), 435-453. doi.org/10.1007/s00531-012-0809-9.
- Akgül, H. & Uçgun, K., (2004). *Meyve Ağaçlarında Gübreleme*. III. Ulusal Gübre Sempozyumu. Cilt 2 (Rehber bilgileri), 11-13 Ekim, Tokat, 1277-1313.
- Akgül, Y. (2006). *Belediye Örgütlü Yerleşmelerde Gerçekleştirilen Nüfus Sayımlarına Eleştirel Bir Bakış: Afyonkarahisar Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Aktaş M. (1995). *Bitki Besleme Ve Toprak Verimliliği*. Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara Üniversitesi Basımevi.
- 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. doi.org/10.3390/s8117275.
- Ay, A. & Yazıcı, H. (2009). Afyonkarahisar İlinde Coğrafi Faktörlerin Örgün Eğitime Etkileri (Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Başayığit L., & Şenol H. (2009). Prediction of plant nutrient contents in deciduous orchards fruits using spectroradiometer. *International Journal of Chem Tech Research*. 1(2): 212-224.
- Başayığit, L., Albayrak, S., Şenol, H. & Akgül, H., (2008). *Spektroradyometre Verileri ile Bitki Besin Elementi İçeriğinin Tahmin Edilebilirliği*. IV. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 8 Ekim, Konya, 465-475.

- Başayığıt, L., Dedeoğlu, M., & Akgül, H. (2015). The prediction of iron contents in orchards using VNIR spectroscopy. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(1), 123-134. doi:10.3906/tar-1406-33.
- Bergmann W. (1992). *Nutritional disorder of plants – development, visual and analytical diagnosis*. Publisher Gustav Fischer Verlag, Printing Office Gustav Fischer Verlag.
- Blanco, M., & Peguero, A. (2008). An expeditious method for determining particle size distribution by near infrared spectroscopy: comparison of PLS2 and ANN models. *Talanta*, 77(2), 647-651. doi.org/10.1016/j.talanta.2008.07.015.
- Curran, P. J., Windham, W. R., & Gholz, H.L. (1995). Exploring the relationship between reflectance red edge and chlorophyll concentration in slash pine leaves. *Tree Physiology*, 15, 203-206. doi.org/10.1093/treephys/15.3.203.
- Curran, P. J. (1994). Imaging spectrometry-its present and future rôle in environmental research. In *Imaging Spectrometry—A Tool for Environmental Observations*, 1-23. doi.org/10.1007/978-0-585-33173-7\_1.
- Dedeoğlu, M., & Başayığıt, L., (2012). Kiraz Ağaçlarında Çinko Noksanlığının Spektral Türev Eğrileri ile Belirlenebilirliği. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1), 26-29.
- Dedeoğlu, M., & Başayığıt, L. (2013). Determinability of by spectral derivate curves of Zn deficiency in cherry trees. *TABAD, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1), 26-29.
- Dedeoğlu, M. & Başayığıt, L. (2018). Şeker Pancarı Yaprak Spektral Yansımalarında Meydana Gelen Değişimin Topraklardaki Farklı Seviyede Ağır Metal İçeriklerine Bağlılığının Belirlenmesi. *SDU Journal of the Faculty of Agriculture*, 13(2), 35-45.
- Dedeoğlu, M., (2011). *Elma ve Kiraz Ağaçlarında Çinko Besin Elementi Noksanlığının Görünür Yakın Kızılötesi (VNIR) Spektrometrik Yöntemle Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ergün, E. (2003). *Klorofil A Ve B'nin Türev Spektrofotometrik Yöntem İle Tayini* (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Filzmoser, P., Gschwandtner, M., & Todorov, V. (2012). Review of sparse methods in regression and classification with application to chemometrics. *Journal of Chemometrics*, 26(3-4), 42-51. doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00010-X.
- Gogoi, N. K., Deka, B., & Bora, L. C. (2018). Remote sensing and its use in detection and monitoring plant diseases: A review. *Agricultural Reviews*, 39(4). doi: 10.18805/ag.R-1835.

- Grime, J. P. (1979). *Plant Strategies and Vegetation Processes*. Publisher John Willey and Sons, Printing Office John Willey and Sons.
- Jain, N., Ray, S. S., Singh, J. P., & Panigrahy, S. (2007). Use of hyperspectral data to assess the effects of different nitrogen applications on a potato crop. *Precision Agriculture*, 8(4-5), 225-239. doi.org/10.1007/s11119-007-9042-0.
- Jay, S., Gorretta, N., Morel, J., Maupas, F., Bendoula, R., Rabatel, G., ... & Baret, F. (2017). Estimating leaf chlorophyll content in sugar beet canopies using millimeter-to centimeter-scale reflectance imagery. *Remote Sensing of Environment*, 198, 173-186. doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.008.
- Jeandroz, S., & Lamotte, O. (2017). Plant responses to biotic and abiotic stresses: lessons from cell signaling. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1772. doi.org/10.3389/fpls.2017.01772.
- Jones Jr, J. B., Wolf, B., & Mills, H. A. (1991). *Plant Analysis Handbook. A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. Publisher Micro-Macro Publishing, Inc., Printing Office Micro-Macro Publishing, Inc..
- Jørgensen, R. N., Christensen, L. K., & Bro, R. (2007). Spectral reflectance at sub-leaf scale including the spatial distribution discriminating NPK stress characteristics in barley using multiway partial least squares regression. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5), 943-962. doi.org/10.1080/01431160600735657.
- Kacar, B. (1995). *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri*. Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Kacar, B. & İnal, A. (2008). *Bitki Analizleri*. Nobel Yayınları, Nobel Akademik Yayıncılık Basımevi.
- Karaman, M. R., Adiloğlu, A., Brohi, R., Güneş, A., İnal, A., Kaplan, M., ... & Saltalı, K. (2012). *Bitki Besleme*. Pelin-Ofset Matbaacılık Yayınları, Dumat Ofset, Matbaacılık Basımevi.
- Kumar, L., Schmidt, K., Dury, S., & Skidmore, A. (2002). Remote sensing and digital image processing. *Imaging Spectrometry and Vegetation Science*. (pp. 111-155). doi.org/10.1007/978-0-306-47578-8\_5
- KWS, (2019). KWS Türk Tarım Ticaret A.Ş. Raporu. Şeker Pancarı Tarımı. [https://www.kws.com.tr/global/show\\_document.asp?id=aaaaaaaaamchvk/](https://www.kws.com.tr/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaamchvk/) (Son erişim tarihi: 30.05.2019).
- Laudien, R., Bareth, G., & Doluschitz, R. (2003). *Analysis of Hyperspectral Field Data For Detection of Sugar Beet Diseases*. In Proceedings of the EFITA Conference, 5-9 July, Hungary, Vol. 59, p. 375-381.

- Lichtenthaler, H. K., Wenzel, O., Buschmann, C., & Gitelson, A. (1998). Plant Stress Detection by Reflectance and Fluorescence. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 851(1), 271-285. doi.org/10.1111/j.1749-6632.1998.tb09002.x.
- Liebmann, B., Friedl, A., & Varmuza, K. (2009). Determination of glucose and ethanol in bioethanol production by near infrared spectroscopy and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 642(1-2), 171-178. doi.org/10.1016/j.aca.2008.10.069.
- Mahlein, A. K., Steiner, U., Dehne, H. W., & Oerke, E. C. (2010). Spectral signatures of sugar beet leaves for the detection and differentiation of diseases. *Precision Agriculture*, 11(4), 413-431. doi.org/10.1007/s11119-010-9180-7.
- Mahlein, A. K., Steiner, U., Hillnhütter, C., Dehne, H. W., & Oerke, E. C. (2012). Hyperspectral imaging for small-scale analysis of symptoms caused by different sugar beet diseases. *Plant methods*, 8(1), 3. doi.org/10.1186/1746-4811-8-3.
- Mahlein, A. K. (2016). Plant disease detection by imaging sensors—parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. *Plant Disease*, 100(2), 241-251. doi.org/10.1094/PDIS-03-15-0340-FE.
- Marschner, H., (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Publisher Academic Press, Printing Office Academic Press.
- Marten, G. C., Shenk, J. S., & Barton, F. E. (1989). *Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of Forage Quality*. Publisher U.S. Dept. of Agriculture, Agricultural Research Service, Printing Office U.S. Dept. of Agriculture, Agricultural Research Service.
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü), (2017). Türkiye iklim istatistikleri. web <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=AFYONKARAHISAR/> (Son erişim tarihi:30.05.2018).
- Minitab, (2014). MINITAB release 17: statistical software for windows. <https://www.minitab.com/en-us/> (Son erişim tarihi: 21.04.2019).
- Mutanga, O., & Skidmore, A. K. (2005). Discriminating tropical grass grown under different nitrogen treatments using hyperspectral data resampled to HYMAP. *International Journal of Geoinformatics*, 1(2), 21-32.
- Nguyen, H. T., Kim, J. H., Nguyen, A. T., Nguyen, L. T., Shin, J. C., & Lee, B. W. (2006). Using canopy reflectance and partial least squares regression to calculate within-field statistical variation in crop growth and nitrogen status of rice. *Precision Agriculture*, 7(4), 249-264. doi.org/10.1007/s11119-006-9010-0

- Norris, K. H., Barnes, R. F., Moore, J. E., & Shenk, J. S. (1976). Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Animal Science*, 43(4), 889-897. doi.org/10.2527/jas1976.434889x.
- Osborne, S. L., Schepers, J. S., Francis, D. D., & Schlemmer, M. R. (2002). Detection of phosphorus and nitrogen deficiencies in corn using spectral radiance measurements. *Agronomy Journal*, 94(6), 1215-1221. doi:10.2134/agronj2002.1215.
- Pandey, P., Irulappan, V., Bagavathiannan, M. V., & Senthil-Kumar, M. (2017). Impact of combined abiotic and biotic stresses on plant growth and avenues for crop improvement by exploiting physio-morphological traits. *Frontiers In Plant Science*, 8, 537. Doi: 223.31.159.10:8080/jspui/handle/123456789/731.
- Pedro, A. M., & Ferreira, M. M. (2007). Simultaneously calibrating solids, sugars and acidity of tomato products using PLS2 and NIR spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 595(1-2), 221-227. doi.org/10.1016/j.aca.2007.03.036.
- Ramoelo, A., Skidmore, A. K., Cho, M. A., Mathieu, R., Heitkönig, I. M. A., Dudeni-Tlhone, N., ... & Prins, H. H. T. (2013). Non-linear partial least square regression increases the estimation accuracy of grass nitrogen and phosphorus using in situ hyperspectral and environmental data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 82, 27-40. doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.04.012.
- Ramoelo, A., Skidmore, A. K., Schlerf, M., Mathieu, R., & Heitkönig, I. M. (2011). Water-removed spectra increase the retrieval accuracy when estimating savanna grass nitrogen and phosphorus concentrations. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(4), 408-417. doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2011.01.008.
- Read, J. J., Tarpley, L., McKinion, J. M., & Reddy, K. R. (2002). Narrow-waveband reflectance ratios for remote estimation of nitrogen status in cotton. *Journal of Environmental Quality*, 31(5), 1442-1452. doi:10.2134/jeq2002.1442.
- Reyniers, M., & Vrindts, E. (2006). Measuring wheat nitrogen status from space and ground-based platform. *International Journal of Remote Sensing*, 27(3), 549-567. doi.org/10.1080/01431160500117907.
- Serteser, A., (2001). Afyonkarahisar Kütüğü Cilt 1. *Afyonkarahisar'da Bitki Örtüsü-Toprak İlişkisi*. (s 61-72).
- Shivhare, R., & Lata, C. (2017). Exploration of genetic and genomic resources for abiotic and biotic stress tolerance in pearl millet. *Frontiers In Plant Science*, 7, 2069. doi.org/10.3389/fpls.2016.02069.



- Sims, D. A., & Gamon, J. A. (2002). Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment*, 81(2-3), 337-354. doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00010-X.
- Skidmore, A. K., Ferwerda, J. G., Mutanga, O., Van Wieren, S. E., Peel, M., Grant, R. C., ... & Venus, V. (2010). Forage quality of savannas—Simultaneously mapping foliar protein and polyphenols for trees and grass using hyperspectral imagery. *Remote Sensing of Environment*, 114(1), 64-72. doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.010.
- Şatana, A. (2011). *Farklı zamanlarda uygulanan bor ve çinko dozlarının şeker pancarında (Beta vulgaris L. var. saccharifera Alefeld) verim ve kalite özelliklerine etkisinin araştırılması*. (Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), (2018). Konularına Göre İstatistikler; Türkiye Bitkisel Üretim İstatistikleri, Web Sitesi: <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul/>(Son erişim tarihi: 30.04.2019).
- Uçar, H. (2007). *Çevre Sorunları Açısından Afyonkarahisar*. (Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Rossel, R. V., 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. doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.03.007.
- Wang, J., Wang, T., Shi, T., Wu, G., & Skidmore, A. (2015). A wavelet-based area parameter for indirectly estimating copper concentration in carex leaves from canopy reflectance. *Remote Sensing*, 7(11), 15340-15360. <https://doi.org/10.3390/rs71115340>.
- Wessman, C. A. (1994). Estimating canopy biochemistry through imaging spectrometry. *In Imaging Spectrometry—a Tool for Environmental Observations*.135(10-11), 57-69. doi.org/10.1007/978-0-585-33173-7\_4.
- Wu, C., Niu, Z., Tang, Q., & Huang, W. (2008). Estimating chlorophyll content from hyperspectral vegetation indices: Modeling and validation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(8-9), 1230-1241. doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.03.005.
- Xu, D., Fan, W., Lv, H., Liang, Y., Shan, Y., Li, G., ... & Yu, L. (2014). Simultaneous determination of traces amounts of cadmium, zinc, and cobalt based on UV–Vis spectrometry combined with wavelength selection and partial least squares regression. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 123, 430-435. doi.org/10.1016/j.saa.2013.12.086.

- Yoder, B. J., & Pettigrew-Crosby, R. E. (1995). Predicting nitrogen and chlorophyll content and concentrations from reflectance spectra (400–2500 nm) at leaf and canopy scales. *Remote Sensing of Environment*, 53(3), 199-211. doi.org/10.1016/0034-4257(95)00135-N.
- Zhai, Y., Cui, L., Zhou, X., Gao, Y., Fei, T. & Gao, W. (2013). Estimation of nitrogen, phosphorus, and potassium contents in the leaves of different plants using laboratory-based visible and near-infrared reflectance spectroscopy: comparison of partial least-square regression and support vector machine regression methods. *International Journal of Remote Sensing*, 34(7), 2502-2518 p. doi.org/10.1080/01431161.2012.746484.
- Zhang, J. H., Ke, W. A. N. G., Bailey, J. S., & Ren-Chao, W. A. N. G. (2006). Predicting nitrogen status of rice using multispectral data at canopy scale. *Pedosphere*, 16(1), 108-117 p. doi.org/10.1016/S1002-0160(06)60032-5.
- Zhao, D., Reddy, K. R., Kakani, V. G. & Reddy, V. R. (2005). Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *European Journal of Agronomy*, 22(4), 391-403 p. doi.org/10.1016/j.eja.2004.06.005.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yaşar Can ARI

Doğum Yeri ve Yılı : Eskişehir, 1992

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : [ysrcanari26@hotmail.com](mailto:ysrcanari26@hotmail.com)

### Eğitim Durumu

Lise : Eskişehir Cumhuriyet Lisesi, 2010

Lisans : SDÜ, Ziraat Fakültesi, 2014

### Mesleki Deneyim

ARI Ticaret 2010-.....(halen)