T.C
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MISIRDA VERİM VE BAZI VERİM DEĞİŞKENLERİNİN NDVI KAMERALI ALÇAK İRTİFA İNSANSIZ HAVA ARACI KULLANILARAK TAHMİN EDİLMESİ

MEHMET ALİ EMİNOĞLU

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2019

T.C
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MISIRDA VERİM VE BAZI VERİM DEĞİŞKENLERİNİN NDVI KAMERALI ALÇAK İRTİFA İNSANSIZ HAVA ARACI KULLANILARAK TAHMİN EDİLMESİ

MEHMET ALİ EMİNOĞLU

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2019

Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN danışmanlığında, Mehmet Ali EMİNOĞLU'nun hazırladığı **"Mısırda Verim ve Bazı Verim Değişkenlerinin NDVI Kameralı Alçak İrtifa İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Tahmin Edilmesi"** konulu bu çalışma 24/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN ……..……

Üye : Doç. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ ……...

Üye : Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN ……..……

Bu Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma TÜBİTAK (Proje No: 114R052) ve HÜBAK (Proje No: 18038) Tarafından Desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa no

ABSTRACT II
TEŞEKKÜR ..... ıIV
ŞEKİLLER DİZİNİ V
ÇİZELGE DİZİNİ VII
SİMGELER DİZİNİ VIII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 6
2.1. Tarımsal Amaçlı Uzaktan Algılama Çalışmaları 6
2.2. Alçak İrtifa İnsansız Hava Araçları 15
3. MATERYAL ve YÖNTEM 20
3.1. Çalışma Alanı 20
3.1.1. Konumu 20
3.1.2. Jeolojisi ve Jeomorfolojisi 21
3.1.3. İklim 21
3.2. Yöntem 22
3.2.1. Bitki yetiştirme 22
3.2.2. Toprak, bitki örneklenmesi ve analizleri 24
3.2.3. Görüntü alınması 27
3.2.4. Görüntülerin işlenmesi 31
3.2.5. NDVI analizleri 34
3.2.6.Biyokütle tahmini 35
3.2.7. İstatistik analizleri 35
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 36
4.1. Mısır Biyokütlesi 36
4.2. Mısır Dane, Sap ve Toprak Azot İçeriği 41
4.3 Mısır Bitkisi Test Parsellerinin NDVI Değerleri 42
4.4. Mısır Bitkisi NDVI Değerleri İle Azot İçeriği Ve Verim Değişkenleri Arasındaki İlişkiler 48
4.4.1. Mısır bitkisi NDVI değerleri ile azot içeriği arasındaki ilişkiler 48
4.4.2. Mısır bitkisi NDVI değerleri ile verim parametreleri (Sap, Dane, Toplam Ağırlık) arasındaki alişkiler 50
4.4.3. Mısır bitkisi NDVI değerleri ile besin elementleri içeriği 56
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 60
KAYNAKLAR 62
ÖZGEÇMİŞ 69

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Mısır Biyokütlesinin İnsansız Hava Aracı NDVI ve RGB Kameraları Kullanılarak Tahmin Edilmesi

Mehmet Ali EMİNOĞLU

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN
YIL: 2019, Sayfa: 69

Tarımsal ürünlerin kritik büyüme dönemlerinde uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak verim tahmininin yapılabilmesi hem yapılacak tarımsal uygulamaların optimizasyonu hem de erken rekolte hesaplamalarının yapılabilmesini sağlayabilir. Mevcut uydu görüntüleri, geniş alanları izlemek için kullanılabilse de erişilebilirlik, çözünürlük ve hava koşullarının uygunluğu gibi farklı faktörler nedeni ile üretici bakımından henüz kullanışlı sayılmamaktadır. Bu nedenle insansız hava araçları çok hızlı ve düşük maliyetleri ile özellikle çiftlik düzeyinde uygulamalar için etkili araçlar olabilir. Bu çalışmada Normalleştirilmiş Farklılık Vejetasyon İndeksi (NDVI) kamerası ile donatılmış insansız hava aracı kullanarak II. ürün mısır verim parametreleri ile sap ve dane azot ve bazı diğer bitki besin maddeleri içeriklerinin tahmin edilmesi için uygun dönemin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla mısır vejetasyonun beş farklı döneminde görüntü alınmış ve bu görüntülerden gelişim yönünden farklılık gösteren altı parselin NDVI değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, mısır verim parametrelerinin (sap, dane ve toplam biyoütle) koçan püskülü döneminde yüksek bir doğrulukla (sırasıyla %92, %70, %80) tahmin edilebileceğini göstermiştir. Ancak mısır bitkisi sap-dane azot veya diğer bitki besin madde içeriği tahmininde başarı sağlanamamıştır. İnsansız hava araçlarının farklı bölge ve geniş alanlarda kullanımının sağlanabilmesi için büyük veri setleri ile oluşturulmuş algoritmaların kullanılması gerekmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Mısır verimi, NDVI, RGB kamera, İHA

ABSTRACT

MSc Thesis

Estimating Biomass of Corn Using Unmanned Air Vehicle-Based RGB and NDVI Cameras

Mehmet Ali EMİNOĞLU

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Recep Gündoğan
Year: 2019, Pages: 69

Measuring key growth parameters of field crops during critical growth period via using remote sensing techniques may allow us to optimize agricultural practices and do reliable yield estimations before harvest. Current satellite imaging techniques may allow us to screen large areas, however, they are difficult to access, may have poor resolution and can not be operated under suboptimal weather conditions. Thus, satellite image-based techniques are not optimal yet for the farmers use. In this context, unmanned aerial vehicles equipped with various cameras such as normalized differentiated vegetation index (NDVI) camera can easily be used to screen relatively large areas with high resolution and low cost. In the present field study, we aimed to find the best measuring time for estimating the nutrient content and yield of corn field (planted as second crop) with an unmanned aerial vehicle (UAV) equipped with a NDVI camera. In this context, we screened the cornfield at six different vegetation stage with the UAV and measured the NDVI values of five different location that vary in growth. Results showed that, NDVI values at early flowering stage can be used to estimate the corn yield parameters (straw, grain and total yield) with an acceptable precision (92%, 70%, 80% accuracy respectively). On the other hand, crop nutrient content (nitrogen and others) did not show significant correlation with the NDVI values at any stage. We suggest that algorithms based on larger data sets needs to be developed for estimating yield of corn at early vegetation stages at different agro-ecosystems.

KEY WORDS: Corn yield, NDVI, RBG camera, UAV

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında bana ışık olan ve tüm çalışma süresince bilgisini, tecrübelerini ve yardımını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN'a çok teşekkür eder saygılarımı sunarım. Arazi ve teknoloji konusundaki bilgi ve tecrübelerini gerek arazide gerek ofis çalışmalarında her türlü desteği ve yardımını esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet ŞENBAYRAM'a çok teşekkür eder saygılarımı sunarım. Ayrıca Doktora öğrencisi Şeyhmus DÜNDAR, Emrah RAMAZANOĞLU, Veysel GÖKMEN, Yüksek Lisans öğrencisi; Rıber KARAALP, Hüseyin ATAY, Nurullah ÇETİZ, Kader BURAK ve tüm emeği geçen herkese, aynı zamanda eğitim süreci boyunca maddi, manevi desteğini hiç esirgemeyen aileme tüm samimi duygularımla teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. NDVI değerlerinin bitki yapraklarındaki yansıması ve formülü 4
Şekil 1.2. Bitkilerin ışık dalga boyların yansıtma aralığı 4
Şekil 2.1. Bitki yaprak yapısı elektromanyetik enerji emilme ve yansıma davranışı (Schepers, 20052'ten değiştirilmiştir.) 7
Şekil 3.1. Araştırma alanının konumu 20
Şekil 3.2. II. Ürün Mısır yetiştirme sezonu boyunca günlük ortalama sıcaklık ve ortalama oransal nem değişimi (15/7/-31/12/2017)..... 23
Şekil 3.3. Bitki örnekleri hasat edildikten sonra çekilen test parsellerinin görüntüsü 26
Şekil 3.4. Mısır bitkisi hasat edildikten sonra toprak örneklerinin alınırken çekilen bir görüntü 26
Şekil 3.5. Mission Planner uçuş planının şekilde gösterilmesi 28
Şekil 3.6. Arazide görüntü almak için hazırlanan İHA'nın anlık görüntüsü 28
Şekil 3.7. Tetracam Multispectral Camera 30
Şekil 3.8. Mısır bitkisi gelişme dönemleri ve uçuş tarihleri (https://www.farmersweekly.co.za/crops /field-crops/maize-production-managing-critical-plant-growth-stages/'den değiştirilmiştir) 31
Şekil 3.9. Pixel Wrench2 de görüntülerin işlenmesi 1. Aşama 32
Şekil 3.10. Pixel Wrench2 de görüntülerin işlenmesi 2. Aşama 33
Şekil 3.11. Pixel Wrench2 de görüntülerin işlenmesi 3. Aşama 33
Şekil 3.12. Pixel Wrench2 de görüntülerin işlenmesi 4. Aşama 34
Şekil 4.1. RGB kamera tarafından alınan zayıf gelişme göstermiş I. parselin görünümü 38
Şekil 4.2. RGB kamera tarafından alınan zayıf gelişme göstermiş II. parselin görünümü 38
Şekil 4.3. RGB kamera tarafından alınan zayıf gelişme göstermiş V. parselin görünümü 39
Şekil 4.4. RGB kamera tarafından alınan iyi gelişme göstermiş III. parselin görünümü 39
Şekil 4.5. RGB tarafından alınan iyi gelişme göstermiş IV. Parselin görünümü 40
Şekil 4.6. RGB kamera tarafından alınan iyi gelişme göstermiş VI. Parselin görünümü 40
Şekil 4.7. Bitki büyümesine bağlı parsellerin NDVI değerlerinin değişimi 43
Şekil 4.8. Multispektral kamera tarafından alınan (25/10/2017) zayıf gelişme göstermiş I. parselin görünümü 44
Şekil 4.9. Multispektral kamera tarafından alınan (25/10/2017) zayıf gelişme göstermiş II. parselin görünümü 45
Şekil 4.10. Multispektral kamera tarafından alınan (25/10/2017) zayıf gelişme göstermiş V. parselingörünümü 45
Şekil 4.11. Multispektral kamera tarafından alınan (25/10/2017) iyi gelişme göstermiş III. parselin görünümü 46
Şekil 4.12. Multispektral kamera tarafından alınan (25/10/2017) iyi gelişme göstermiş IV. parselin görünümü 46
Şekil 4.13. Multispektral kamera tarafından alınan (25/10/2017) iyi gelişme göstermiş VI. parselin görünümü 47
Şekil 4.14. Test parsellerinin farklı bitki gelişim dönemleri Ortalama NDVI değerleri ve sap azot içeriği arasındaki ilişkiler 49
Şekil 4.15. Test parsellerinin farklı bitki gelişim dönemleri Ortalama NDVI değerleri ve dane azot içeriği arasındaki ilişkiler 50
Şekil 4.16. Test parsellerinin Ortalama NDVI ve sap kuru ağırlık arasındaki ilişkiler 53
Şekil 4.17. Test parsellerinin ortalama NDVI değerleri ile dane kuru ağırlık arasındaki ilişkiler 54
Şekil 4.18. Test parsellerinin ortalama NDVI ve toplam kuru ağırlık arasındaki ilişkiler 55
Şekil 4.19. Mısır bitkisi dane besin elementi içeriği 58
Şekil 4.20. Mısır bitkisi sap besin elementleri içeriği 59

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa no

Çizelge 2.1. Başlıca uzaktan algılama indeksleri (Hatfield ve ark. ,2008)……..6
Çizelge 3.1. Şanlıurfa meteoroloji istasyonu uzun yıllar iklim verileri (MGM, 2019)……..21
Çizelge 3.2. Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü Meteoroloji istasyonu II. ürün mısır ekim dönemi (2017 yılı Ocak-Temmuz) iklim verileri……...22
Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan Multikopterin teknik özellikleri……...29
Çizelge 3.4. İnsansız hava aracındaki kullanılan NIRGR kameranın teknik özellikleri……...30
Çizelge 3.5. Pearson Korelasyon Katsayısının Yorumu……35
Çizelge 4.1. Mısır biyolojik verim (kg/da)……37
Çizelge 4.2. Mısır test parselleri azot içerikleri……42
Çizelge 4.3. Bitki gelişim durumuna göre NDVI değerleri……...42
Çizelge 4.4. Test parsellerinin farklı bitki gelişim dönemleri ortalama NDVI değerleri ile bitki sap ve dane azot içerikleri arasındaki ilişki……...49
Çizelge 4.5. Ortalama NDVI değerleri ile mısır verim parametreleri arasındaki ilişki……52
Çizelge 4.6. Mısır bitkisi verimi ile dane besin elementi ilişkisi……...57

SİMGELER DİZİNİ

gr	Gram
kg	Kilogram
da	Dekar
ha	Hektar
mm	Milimetre
cm	Santimetre
m	Metre
N	Azot
P	Fosfor
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Ca	Calsiyum
Fe	Demir
Cu	Bakır
Na	Sodyum
Zn	Çinko
Mn	Mangan
NDVI	Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi
NIR	Yakın kızıl ötesi bölgenin 700-850 nm arasındaki kısmı
LAI	Yaprak alanı indeksi
R	Görünür bölgeni 600-700 nm arasındaki kısmı

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu hızla artmakta, bu da kaynak sınırlama koşulları altında daha fazla gıda ihtiyacını arttırmaktadır. Bu nedenle, tarımsal üretkenliği artırmak; değişen iklim koşulları ve artan dünya nüfusu altında gıda güvenliğini sağlamak için oldukça önemlidir.

Mısır bitkisi (Zeamays L.), Buğdaygiller (Gramineae=Poaceae) familyasında yer alan, binlerce yıldan beri tarımı yapılan ender bitkilerden biridir. Bu bitkinin anavatanı olan Orta Amerika'dan Avrupa'ya taşınması, Kristof Kolomb'un Yeni Dünya'yı keşfetmesi sonucunda İspanya'ya mısır materyali ile birlikte dönmesiyle gerçekleşmiştir (Jugenheimer, 1958; Dowswell ve ark., 1996).

Mısır bitkisi, insan gıdası ve hayvan yemi olarak kullanılmasının yanı sıra, sanayide birçok ürünün ham maddesidir. Gelişmiş ülkelerde tüketilen mısırın büyük bir kısmı hayvan yemi olarak kullanılırken, az gelişmiş ve geri kalmış ülkelerde çok büyük bir kısmı insan beslenmesinde kullanılmaktadır.

Dünya genelinde üretilen mısırın %60'ı hayvan yemi, %20'si insan gıdası olarak doğrudan tüketim, %10'u işlenmiş gıda ve %10'u diğer tüketimler ile tohumluk olarak kullanıldığı tahmin edilmektedir. Diğer yandan imalat sanayinin başka dallarında da doğrudan ya da türevleri ile kullanılabilmektedir. Bu kullanım çeşitliliğinin yanı sıra artan nüfus, işlenmiş ürünlere olan talep artışı, sağlıklı yaşam isteği, hayvansal üretimin artışı ve işleme sanayinin gelişimi gibi faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan talep gelişimi, dünya mısır üretiminin sürekli olarak artmasını sağlamıştır.

Mısır Dünyada tahıllar içinde ekiliş alanı bakımından üçüncü, üretim açısından ilk sırada alan önemli bir tahıl cinsidir. Birim alan verimi buğday ve arpanın yaklaşık iki katıdır ve ülkemizde bu iki bitkiden sonra en çok yetiştirilen bitkidir (Özcan, 2009).

Ülkemizde mısır üretimi, 5.919.003 dekar ekim alanda 5.700.000 ton üretim ile ortalama 968 (kg/da)'dır (TUİK, 2018).

FAO verileri incelendiğinde hem üretim miktarı hem ekilen ürün hem de hasat edilen alan açısından incelendiğinde mısır tarımı 1976'dan sonra artışa geçmiştir. Nitekim Tarım Bakanlığı'nın 1982 yılında 2. ürün mısır üretimini teşvik etmesi ile ülkemizde mısır üretimi hızlı bir biçimde artmıştır (Anonim, 2019; Anonymous, 2019).

Türkiye'de mısır üretimi I. ürün ve II. ürün olarak farklı dönemlerde yapılmaktadır. I. ürün olarak; Adana, Osmaniye, Hatay, Sakarya, Gaziantep, Manisa, İzmir, Aydın ve Konya'da, II. ürün olarak; Şanlıurfa ve Mardin illerinde üretilmektedir. Özellikle GAP bölgesinde sulanabilir alanların artması nedeniyle Güneydoğu Anadolu Bölgesi de potansiyel mısır üretim alanı olma durumundadır.

Ülkemizde mısır ikinci ürün olarak çok önemli bir potansiyele sahip olup, mısır üretiminin önemli bir kısmının ikinci üründen elde edildiği ifade edilmektedir. Özellikle Çukurova ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde buğday ve arpa hasadından sonra boş bırakılan alanlar ikinci ürün mısır üretimiyle değerlendirilmekte ve çiftçi ile ülke ekonomisine önemli katkı sağlamaktadır.

Ürün gelişimini ve verimini; su stresi, aşırı gübreleme, hastalık, zararlı, yabancı ot, doğal afetler (kuraklık, sel, don vb.) gibi etmenler olumsuz etkiler. Bu gibi bitki gelişimini, dolayısıyla verimini, etkileyen etmenlerin belirlenmesi güvenilir verim tahminlerine hızlı tepki verilmesi bakımından önemlidir. Bu bağlamda, geniş tarım alanlarını taramak ve hedef bitkinin vejetasyon döneminde kritik büyüme parametrelerini ölçmek için hızlı yöntemlere ihtiyaç vardır.

Tarımsal üretimde, üretimi yapılan bitkinin hasat öncesi verim miktarlarının tahmin edilebilmesi, özellikle iç ve dış pazar koşullarının yönlendirilmesinde son derece önemlidir. Klasik yersel ölçümleme teknikleri ile yapılan alan ve rekolte

belirleme çalışmalarında çoğu kez güvenilir sonuçlar elde edilemediği gibi son derece yüksek bir maliyet ve oldukça da uzun bir zaman harcanması ortaya çıkar.

Son yıllarda geliştirilen yeni teknik ve teknolojiler, bu işlemlerin daha ucuz, daha hızlı ve daha güvenilir bir şekilde yapılmasını mümkün kılmaya başlamıştır. Bu yeni teknolojiler arasında uzaktan algılama tekniği ilk sırayı almaktadır (Sönmez ve Sarı, 2005).

Uzaktan algılama ile elde edilen veriler, mısırda verimliliğin belirlenmesinde, biyokütle tahminlerinin yapılmasında ve mısır arazilerinin kalitelerinin izlenmesinde son yıllarda oldukça sık olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle uzaktan algılama yöntemi ile biyokütle tahmininde, uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları geniş alanların gözlenmesi için iyi birer veri girdisidir.

Gerek uydu verilerine dayalı uzaktan algılama çalışmaları gerekse de son zamanlarda yaygınlaşmaya başlayan insansız hava araçlarına dayalı çalışmalarda verim çalışmaları esas olarak Normalize edilmiş farklı vejetatif indeksi (NDVI) analizlerine dayanmaktadır. NDVI elektromanyetik spektrumun, sadece Görünür Kırmızı Bölge (R) ve Yakın Kızılötesi (NIR) kullanılarak bitki özellikleri ile ilişkilendirildiğinden kullanım kolaylığı bakımından yaygın kabul görmüştür.

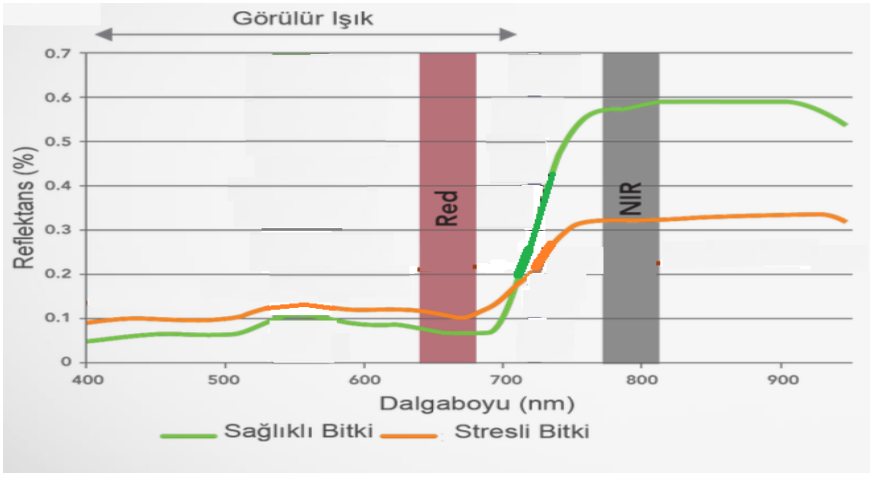
Bu nedenle de son yıllarda, mahsul verimi ile NDVI arasındaki ilişkiyi incelemek maksadıyla birçok çalışma yapılmıştır.

NDVI, güneş ışığının iki spektral dalga bandında (görünür kırmızı bölge, 0,58-0,6 mm, (R) ve yakın kızılötesi bölge, 0,725-1,1 mm, (NIR)) bitki yüzeyinden yansıyan radyasyonun sensör tarafından kaydedilen değerlerine bağlı olarak hesaplanır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. NDVI değerlerinin bitki yapraklarındaki yansıması ve formülü

Yeşil bitki örtüsündeki klorofil pigmenti ve yaprak saçılma mekanizmaları, görünür kırmızı bölgede düşük spektral yansıma ve yakın kızılötesi bölgede yüksek yansımalara neden olur. Bitki örtüsü azot veya diğer birçok besin yetersizliği gibi stres altındaysa, yansıtma değerleri ters yönde değişir. Bitki örtüsü boyunca bitki örtüsü arttıkça sağlıklı yeşil bitkiler için NDVI değerleri artarak bitki maksimum boyuta ulaştığında en yüksek noktaya ulaşır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Bitkilerin ışık dalga boyların yansıtma aralığı

Verim tahminleri uzun zamandan beri uzaktan algılama çalışmalarının ilgi alanlarından bir olmuştur. Bu çalışmalar özellikle FAO'nun gıda güvenliğinin izlenmesi amacıyla büyük önem verdiği konulardandır (Tucker ve ark., 1985; Rasmussen, 1992; Ren, 2008).

Ancak mevcut uydu verilerinin, istenilen zamanda görüntülerin alınamaması, uyduların hava şartlarından etkilenmesi (örneğin; bulutluluk gibi), görüntülerin çözünürlüklerinin düşük olması ve maliyetlerinin çok yüksek olması nedeniyle özellikle proje bazlı lokal çalışmalar için uygun değildirler.

Yakın geçmişe kadar insansız hava araçları daha çok askeri amaçlarla kullanılmaktaydı. Ancak gelişen teknoloji ve gereksinimler ile birlikte insansız hava araçları (İHA) tarım alanlarında kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

Bu nedenle çalışmamızın amacı: (i) İnsansız hava araçlarıyla elde edilen NDVI verilerinin Harran ovasındaki vejetasyon döneminde erken mısır verimini tahmin etmek için kullanılıp kullanılamayacağını ve (ii) mısır verimi tahmininin en iyi yapılabileceği en uygun zamanı belirlemek için kullanılıp kullanılamayacağını araştırmaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Tarımsal Amaçlı Uzaktan Algılama Çalışmaları

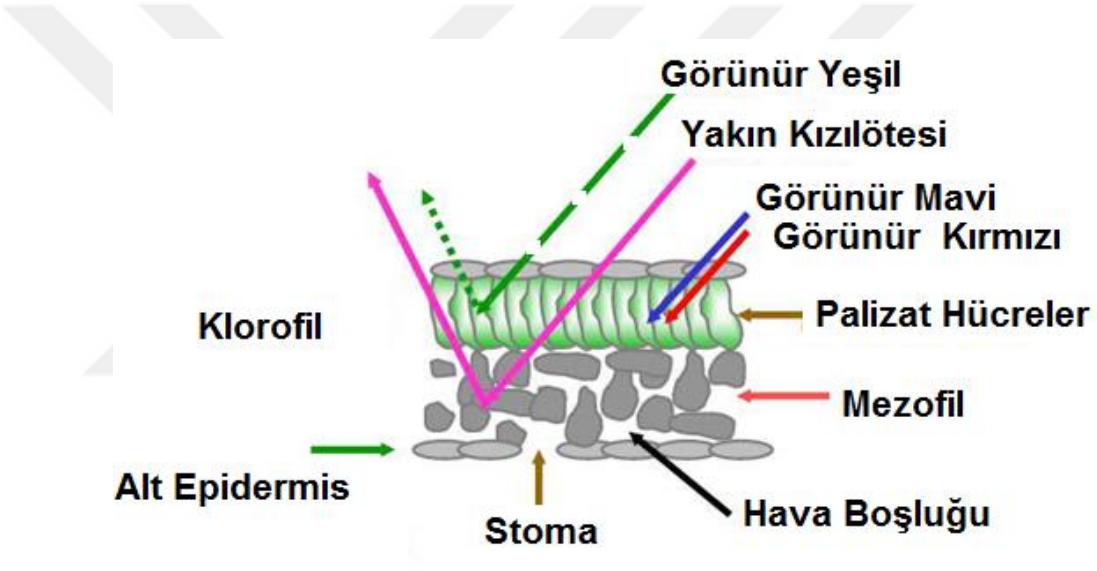
Yeryüzündeki herhangi bir nesneye (bitki, toprak, su, kayaç, yapay katı ve sıvı maddeler) fiziksel temas olmadan yapılan ölçümler ile nesneler hakkında bilgi edinilmesine "Uzaktan Algılama" denilmektedir. Yeryüzündeki tüm doğal ve yapay cisimlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden biri de onların spektral özellikleridir. Cisimlerin sahip olduğu bu farklılıklar "Spektral imza" uzaktan algılamanın temelini oluşturmaktadır. Uzaktan algılama çalışmalarında objelerin daha iyi tanımlanması için spektral özelliklerine dayalı olarak birçok indeks geliştirilmiştir (Bannari ve ark., 1996). Bunların başlıcaları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2. 1. Başlıca uzaktan algılama indeksleri (Hatfield ve ark. ,2008)

İndeks	**Eşitlik**	**Kaynak**
Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi	**NDVI**=(NIR−R)/(NIR+ R)	(Rouse ve ark., 1974)
Modifiye edilmiş toprak düzeltilmiş bitki örtüsü endeksi	**MSAVI**=0.5{2*NIR+1−√[(2*NIR+1) 2−8(NIR−R)]}	(Qi ve ark., 1994)
Gelişmiş bitki örtüsü indeksi	**EVI**=2.5(NIR − R)/(NIR + 6*R − 7.5*B + 1)	(Huete ve ark., 2002)
Görünür atmosferik dirençli indeks	**VARI**=(G−R)/(G+ R−B)	(Gitelson ve ark., 2002)
Fark Vejetasyon indeksi	**DVI=NIR-R**	(Tucker, 1979)
Dönüştürülmüş klorofil soğurma yansıtma indeksi	**TCARI**=3[(Redge−R)− 0.2(Redge−G)(Redge/R)]	(Haboudane ve ark., 2002)
Aşırı Yeşil İndeks	**ExG**=2*G-R-B	(Woebbecke ve ark., 1995)
Yeşil Fark Vejetasyon İndeksi	**GDVI**=NIR-G	(Gitelson ve ark., 1996)
Yeşil Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi	**GNDVI**=(NIR-G)/NIR+G	(Gitelson ve ark., 1996)
Oran bitki örtüsü endeksi (basit oran olarak da bilinir)	**RVI**=NIR/R	(Jordan, 1969)
Yeşil yaprak indeksi	**GLI**=(2*G − R − B)/(2·G + R + B)	(Louhaichi ve ark., 2001)
Yeşil Atmosferik Direnç İndeksi	**GARI**=NIR-[G-1(B-R)]/NIR+[G-1(B-R)]	(Gitelson ve ark., 1996)
Yeşil rasyon bitki örtüsü indeksi	**GRVI**=NIR/G	(Sripada ve ark., 2006)

NDVI değerleri, biyokütle ve verim tahminlerinde kullanılan başlıca uzaktan algılama tekniklerinden biridir. NDVI, yakın kızılötesi (NIR) ve görünür kırmızı bölge (R) bantları arasındaki karşıtlığı artırmak veya iki banttaki bilgiyi tek banda toplar.

NDVI'nin temel prensibi (Şekil 2.1), bitki klorofilinin, elektromanyetik spektrumun kırmızı ışık bölgesi tarafından yakalanan güneş ışığını emmesidir; oysaki bir bitkinin süngerimsi mezofil yaprağı yapısı, spektrumun yakın kızılötesi bölgesinde önemli bir yansıma yaratır (Tucker, 1979; Jackson ve ark., 1983; Weigand ve Richardson, 1990).



Şekil 2.1. Bitki yaprak yapısı elektromanyetik enerji emilme ve yansıma davranışı (Schepers, 2005'ten değiştirilmiştir.)

Rouse ve ark. (1974) tarafından bitki canlılığını ve fizyolojik aktivite yoğunluğunu ifade etmek amacıyla geliştirilen ve uygulanan (Deering, 1978) NDVI, sadece iki dalga boyunu kullanması bakımından kullanım kolaylığı ve bitkilerin, yaprak klorofil içeriği, azot durumu, biyokütle ve tane verimi gibi önemli özellikleri arasında yüksek bir korelasyon olduğundan yaygın olarak kullanılmaktadır (Shanahan ve ark., 2003).

NDVI bitki örtüsünün çok fazla ışık yansıttığı yakın kızıl ötesi dalga boyunda diğer objelerin yansıtmaması prensibi üzerine formüle edilmiştir. NDVI değeri, -1 ila

1 aralığında, birimsiz sayısal bir gösterge olup, elektro manyetik spektrumun kırmızı görünür bölgesi ile yakın kızıl ötesi dalga boylarının oranıdır (Rouse ve ark., 1974).

NDVI=(NIR - R)/(NIR+R) [1]

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

NDVI: Normalize Edilmiş Bitki İndeksi

NIR: Yakın kızıl ötesi bölgenin 700-850 nm arasındaki kısmıdır.

R: Görünür bölgeni 600-700 nm arasındaki kısmıdır.

NDVI değerleri, yeşil bitki örtüsüyle ilgili bilgiyi verdiği gibi bunun yanı sıra bitkinin zayıf olduğu veya bitkiden yoksun çıplak arazileri de belirlemektedir. Bitki indeksi+1 değerine yaklaştıkça bitki örtüsünün artığını, buna karşılık 0 değerine yaklaştıkça bitki örtüsünün azaldığını; negatif değer sahip olduğunda ise alanların çok seyrek bitkinin veya bitkisiz (nehir, göl gibi su yüzeyleri ile yerleşim alanları, sanayi alanları, yol ağları gibi insan eliyle yapılmış alanlar) olduğunu göstermektedir (Duran, 2007).

Uzaktan algılama tekniklerinin tarımsal çalışmalardaki başlıca konuları; verim tahmini, bitki örtüsü, toprak nemi, kuraklık, gübreleme ve sulama etkileri, hastalık ve zararlı yayılımı, toprak haritalama, erozyon izleme, taşkın ve yangın tahribatıdır (Gündoğan ve ark., 2017).

Bugün birçok gelişmiş ülkede ekim alanlarının, tespiti, verim tahminleri, biyotik ve abiyotik koşulların belirlenmesi için çeşitli uzaktan algılama teknikleri kullanmaktadırlar. Bununla birlikte özellikle verim tahmini çalışmalarında uydu verileri ile birlikte çeşitli agrometeorolojik veriler ve ileri istatistiksel yöntemler den de büyük ölçüde yararlanılmaktadır (Sönmez, 2004).

Geleneksel ürün verimi tahmini yaklaşımı, hava, toprak, güneş ışığı ve diğer çevresel değişkenlerin bitki gelişimi, fotosentez ve evapotranspirasyon üzerindeki etkisini doğrudan özümseyen modelleri içerir. Bu modellerin fizyolojik kavramlarda güçlü temelleri vardır; bununla birlikte, karmaşık tasarımlara sahiptirler ve toprak

kalitesi ve yönetim uygulamalarındaki uzaysal değişkenliğin mevcut olduğu durumlarda büyük uzaysal ölçeklerde zayıf verim öngörücüleri olarak hizmet ederler (Wiegand ve Richardson, 1990; Walker, 1989).

Ürün verimi, tohum genetiğinin yanı sıra toprak ve iklim koşulları ile büyük ölçüde ilişkilidir. Deneysel çalışmalar yüksek verimin kısmen uygun hava koşulları ile açıklandığını göstermiştir (Thompson, 1962, 1970, 1988; Schlenker ve Roberts, 2006; Lynch ve ark, 2007; Tannura ve ark, 2008).

Boyer (1982), modern tarımsal üretim sistemlerinde çevresel stres etmenlerinin üründe kayıplara neden olduğundan bitki stres etkilerini belirlemek ve değerlendirmek için etkili ancak pratik bir aracın tanımlanması gerektiğini belirtmektedir. Hakeza tarım alanlarındaki çevresel stresin mekansal dağılımını ve etkisini anlamak için uzaktan algılama tekniklerinin uygulanmasının önemli oluğunu ifade etmektedir.

Nitekim Boissard ve ark. (1989), Fransa'nın iki ekmeklik buğday ve sert buğdayın verimlerini tahmin etmek amacıyla SPOT uydu verileri kullanmışlardır. Araştırma sonucunda alana ve ekim tarihine bağlı olarak verimdeki değişimi %45 ile %81 doğrulukla tahmin etmişlerdir.

Rasmussen (1991), Burkina Faso'nun kuzeyindeki bir çalışmada tarımsal ve tarımsal olmayan alanlara sınıflandırmak için NOAA AVHRR verilerine dayanarak, mevsim sonuna kadar ürün ekim alanın ve darı üretimini tahmin etmenin mümkün olduğunu belirtmiştir.

Quarmby ve ark. (1991), ürün verimini izlemek için AVHRR verilerinden Kuzey Yunanistan'daki bir alanda 1986-1988 ve 1989 yılları için bazı ürünlerin verim tahminlerini yapmışlardır. Sonuçlar uzaktan algılama tekniklerinin buğday, pamuk, pirinç ve mısır ürünleri için verim tahminlerinin cesaretlendirici olduğunu göstermiştir.

Kurucu ve ark. (2000), uzaktan algılama tekniği kullanılarak Ege Bölgesi pamuk ekili alanların ve kütlü pamuk verimini belirlemişlerdir. Bu çalışmada pamuk ekili alanlar bitki canlılığı gelişimi, büyüme ve sıklık durumuna göre iyi, orta ve zayıf olmak üzere üç kategoride sınıflandırılarak pamuk bitki örtüsünün elektromanyetik enerjiyi yansıtma özelliklerini değerlendirmişlerdir. Araştırma sonuçları yeşil yakın kızıl ötesi dalga boyundaki yansıyan enerji ile bitki dokusu yoğunluğu arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Labus ve ark. (2002), buğdayın büyüme mevsimi boyunca AVHRR / NDVI (16 × 16 km çözünürlük) ve 1989'da 1997'den itibaren Montana'daki bölgesel ve çiftlik ölçeklerinde buğday verimini tahmin etmişlerdir. Çalışmada, buğday verimi ile entegre NDVI arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur. Ancak erken dönem biyokütle tahminin tek başına nihai tane veriminin belirleyicisi olmadığını ifade etmişlerdir.

Uzaktan algılama verim tahminlerinde uydu görüntülerinin yanı sıra yaprak alan indeksi verileri yanı sıra ve toprak özellikleri de bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır. Nitekim Mansour (2003), fıstık (Pistacio) verimini tahmin etmek amacıyla TERRA-ASTER görüntülerinden NDVI değerleri ile birlikte LAI ve toprak özelliklerini de bağımsız değişken olarak değerlendirmişlerdir.

Mkhabela ve ark. (2005), NDVI'nın mısır verimini tahmin etmedeki potansiyel yararlılığını değerlendirmek ve aynı zamanda güvenilir bir tahmin yapmak için en uygun zamanı belirlemek için yaptığı çalışmada regresyon sonuçları, NDVI'nın ülkenin dört tarımsal ekolojik bölgesinden üçünde mısır verimini tahmin etmek için etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Doğru bir tahmin yapmak için en uygun zamanın, hasattan en az 2 ay önce yapılabilir; bu, gıda güvenliği paydaşlarının bir eksiklik durumunda mısır ithalatını güvenceye almaları için yeterli zaman sağlar.

NDVI değerleri toprak nemi ve toprak yüzeyi sıcaklığından önemli derecede etkilenmektedir. Prasad ve ark. (2006), NDVI, toprak nemi ve yağış verilerini kullanarak lineer regresyon metodu ile uzun yıllar için (19 yıl) mısır ve soya

fasulyesi ürün veriminin tahmini yapmışlardır. Sonuçlar mısır ve soya fasulyesinde tahmin edilen verim ile ölçülen verim arasında sırasıyla 0.86 ve 0.78'lık korelasyon olduğunu göstermiştir.

Moriondo ve ark. (2007), NDVI verilerine dayanarak basit bir bölgesel buğday verimi modeli kullanarak biyokütlesinin tahmin edilmesi çalışmasında uydu platformlarından alınan NDVI verilerini ve buğday verimini tahmin etmek için bir simülasyon modelini (CROPSYST) kullanan metodolojiyi test etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar buğday veriminin tahmin edilmesindeki yüksek doğruluğunu göstermiştir. Ölçülen ve simüle edilmiş mahsul verimi arasında 0,77-0,73 arasında korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Araştırıcılar özellikle süt tanesi aşamasında NDVI'nın nihai verim ve biyokütle ile iyi korele olduğunu ve bununla birlikte, kök uzamasının başlangıcındaki NDVI'nın da her iki özellik ile makul bir şekilde korele olduğunu belirtmektedirler.

Maselli ve ark. (1993), araştırmasında birbirini takip eden yağışlı mevsimlerin ilk kısmından sadece NOAA AVHRR görüntülerini kullanan eksiksiz bir NDVI veri işleme metodolojisi önermektedir. Metodoloji, Nijer'in Sahel alt bölümlerine dört yıllık (1986–1989) verilerle uygulanmıştır. Araştırıcılar bu yöntemin etkin bir kuraklık erken uyarı sistemi olarak çok faydalı olabileceğini belirtmişlerdir.

Çullu (2003), uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi (GIS) teknikleri kullanılarak tuzluluğun ürün verimi üzerine olan etkisini tahmin etmek için bir çalışma yürütmüştür. Toprak tuzluluğunun ürün verimi üzerindeki etkisini tahmin etmek için EC, arazi kullanımı, toprak ve parsel haritaları birleştirilerek GIS ortamında analiz edilmiştir. Analizler sonucunda, 13.4dS/m'ye kadar yükselen EC değerleri pamuk ve buğday veriminde sırası ile % 29.6 ve % 35.4 oranında azalmaya sebep olmuştur. Çalışma sonucunda, pamuk ve buğday bitkisi üretiminde, tuzluluk etkisinin tahmininde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin uygun bir teknik olduğunu belirtmiştir.

Ülkemizde de çeşitli ürünler için verim tahminleri yapılmaktadır. Bu çalışmaların bazıları sadece agrometeorolojik verilere (Akalın, 1997; Sönmez ve ark. 2005), diğer bir kısmı uydu görüntülerinden üretilen NDVI değerlerine bağlı olarak (Kurucu, 2000) tahmin edilirken, önemli bir kısmı da bu iki seti birlikte değerlendirilmektedir (Yerdelen ve ark.,2007; Çamoğlu ve ark., 2010; Yağcı ve ark., 2014; Karakaş, 2004).

Bitkilerin spektral özelliklerinin anlaşılması, bitkileri ve daha da önemlisi bitki popülasyonlarını tahribatsız olarak, belirli dalga boylarında emilen ve yansıyan ışığı yorumlayarak analiz etme imkanı sunmaktadır. Artan miktarda bitki örtüsü veya aktif fotosentetik doku, kırmızı spektrumda emilen ışığın ve yakın kızılötesiyle yansıyan ışığın miktarını arttıracaktır. Stresli büyüme koşullarının sonucu, yaprak klorofil konsantrasyonlarında bir düşüş, gelen ışık emiliminde bir düşüş ve genel bitki verimliliğinde bir azalmadır (Carter, 1993).

Singh ve ark. (2004), yaptıkları bir çalışmada, Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) / Gelişmiş Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre (AV-HRR) verilerini kullanarak Munsell toprak rengi ile normalize edilmiş farklılık bitki örtüsü indeksi (NDVI) arasında bir ilişki kurmaya çalışmışlardır. Munsell renk ve NDVI arasındaki ilişki geliştirilebilirse, NOAA / AVHRR verilerini büyük alanlar üzerinde toprağı incelemek ve haritalamak için 1,1 km'lik kaba uzaysal çözünürlükle kullanmak için büyük bir potansiyel olduğunu ve erozyon sürecini tahmin etmede yardımcı olacağını belirmişlerdir.

Mezouar (2010), normalize edilmiş fark bitki endeksi (NDVI), IKONOS yüksek çözünürlüklü pankromatik (Pan) görüntüler ve düşük çözünürlüklü multispektral (MS) görüntülerini kullanmış ve araştırıcılar görüntü birleştirme yöntemiyle, düşük çözünürlüklü görüntüleri yeniden boyutlandırmak için geleneksel lineer enterpolasyon bicubic şeması kullanmıştır. Yapılan bu çalışmada, IKONOS görüntüleri için yüksek çözünürlüklü bitki örtüsü haritaları sağlayan yeni bir indeks sunduğunu belirtmişlerdir. Bu bitki örtüsü endeksi (HRNDVI: Yüksek Çözünürlüklü NDVI), yüksek çözünürlüklü bilgileri içeren yeni bir türetilmiş formüle

dayandırmaktadır. Pan görüntüleriyle aynı boyutta olacak şekilde MS görüntülerini örneklemek için bir artefaktsız görüntü enterpolasyonu yöntemi kullanmışlar. HRNDVI daha sonra yeniden örneklenen MS ve Pan görüntüleri kullanılarak hesaplamışlar ve görsel analiz, bu endeksin ümit verici olduğunu ve bitki örtüsü çıkarımı ve görselleştirmesinde iyi performans gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Seid ve ark. (2013), doğal kaynakların modellenmesinde düşük maliyetle toprak özelliklerinin mekansal dağılımını yüksek çözünürlüklü toprak haritaları ile göstermek için bir yöntem geliştirmişlerdir. Araştırıcılar normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI), yanı sıra kümelenme ve istatistiksel teknikler kullanmışlardır.

Yağcı ve ark. (2014), mısır ve soya fasulyesi arasındaki mahsul rotasyonunun, NDVI verileri kullanılarak tarımsal kuraklık üzerindeki etkisini incelenmesi amaçlanarak bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda; NDVI verileri kullanılarak bitki su stresinin tek başına mısır ve soya fasulyesi arasındaki mahsul rotasyonundan kaynaklı bitki örtüsü değişikliklerine neden olmadığı sonucuna varılmıştır.

Kapoi ve ark. (2015), Kenya'da bölgedeki tarımsal kuraklığı, tarımsal kuraklığın ciddiyet seviyelerini haritalamak, yağışları değerlendirmek ve bölgedeki uzun vadeli, ortalamasının üzerinde normalize edilmiş farklı bitki örtüsü indeks sapmalarını değerlendirmek üzere çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda; NOAA-AVHRR'den elde edilen verilerin kuraklık takibinde ve erken uyarılarda çok faydalı bilgiler sunduğunu, LST ve NDVI verilerinin kuraklığı tespit etmek için kullanılabilecek nem seviyesi haritalamasında yararlı olduğunu belirmiştir.

Yıldız ve ark. (2016), uydu görüntülerinden elde ettikleri NDVI verileri kullanarak yaptıkları çalışma sonucunda elde edilen NDVI verilerinden iklimin bitki örtüsü üzerinde etkisini gösteren önemli bir veri olduğunu savunmaktadır. Araştırmacılar, bitki örtüsü canlılığının genellikle yağışlarla ilişkili olduğunu ve yağış miktarı arttıkça bitki örtüsü canlılığının arttığını ve buna bağlı olarak NDVI görüntülerinde değerlerin artmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Gündoğdu ve ark. (2018), Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi çiftlik arazisinin 29 Landsat uydu görüntülerinden yararlanarak (mısır, ayçiçeği, yonca ve buğday) ürün verimleri ile NDVI değerleri arasında istatistiksel bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, arazisindeki parsellerin alanlarının küçük olmasına bağlı olarak, parsel sınırından uzaklaştıkça NDVI değerlerinin değiştiği gözlenmiştir. Ayrıca parsellerde elde edilen NDVI değerlerinin normal dağılıma uymasına rağmen, minimum ve maksimum değerleri arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir.

Balaghi ve ark. (2008), Fas'ta 1990'dan 2004'e kadar buğday verimini tahmin etmek için bir çalışma yapmıştır. NDVI üzerinden toplanan bağımsız değişkenler içeren model büyüme mevsimi, sıcaklık ve yağış, ulusal düzeyde buğday verimi varyasyonunun büyük bölümünü ($R2$ = 0,97) açıklamıştır. Durum düzeyinde sonuçlar için (n = 23) NDVI, sıcaklık ve yağışa göre daha önemli açıklayıcı değişkendir. Çalışmanın ek bir katkısı, toplanan NDVI'nın hava durumu verilerine karşı gerilemesidir. Her iki hava değişkeninin de pozitif katsayıları olmasına rağmen, NDVI değişkenliğinin çoğunlukla yağışla açıklandığını belirtmiştir.

Labus ve ark. (2010), 1989-1997 yılları arasında Montana'daki bölgesel ve çiftlik ölçeklerinde buğday verimini tahmin etmek için AVHRR-NDVI'dan geliştirilen mevsimsel büyüme profilleri incelendi. Hem bölgeler hem de çiftlikler, buğday verimi ile tüm büyüme mevsimi boyunca bütünleşik NDVI arasında ve mevsim sonu NDVI parametreleriyle güçlü ilişkiler göstermiştir. AVHRR-NDVI büyüme profillerinin bölgesel düzeyde kullanılması, en güçlü verim tahminlerini sağlamıştır.

Mkhabela ve ark. (2011), Kanada Bozkırlarında mahsul verimini tahmin etmek için MODIS-NDVI kullanma potansiyelini değerlendirmek ve aynı zamanda güvenilir bir mahsul verimi tahmini yapmak için en uygun zamanı belirlemek için yapılan çalışmada; MODIS-NDVI verilerinin Kanada Bozkırlarında mahsul verimini öngörmede etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca regresyon

modelleri kullanarak, en uygun ürün verimi tahminini hasattan 1-2 ay önce yapılabileceğini belirtmiştir.

Esquerdo ve ark. (2011), yaptığı bir çalışmada 2002/2003 ve 2003/2004 kırpma mevsimlerinde Brezilya'da büyük bir soya fasulyesi üretim bölgesinde daha iyi (1.1 × 1.1 km) çözünürlükte görüntüler elde etti. Elde edilen sonuçlar, entegre NDVI ve büyüme mevsimi boyunca toplanmanın, soya fasulyesi verimi ile en fazla ilişkili olduğunu gösteren kanıtlar sağlamıştır. Araştırmacılar ayrıca NDVI verilerinden daha iyi sonuçlar elde etmek için, hava durumuna dayalı verim tahmin modelleri ile birleştirilebileceğini belirtmiştir.

2.2. Alçak İrtifa İnsansız Hava Araçları

Yakın zamanlarda insansız hava araçlarının (İHA) kullanım alanları giderek artmıştır. İHA'lar; verim ve biyokütle çalışmaları ve farklı tarımsal uygulamalarında da kendisine yer bulmuştur. Özellikle de küçük tarımsal alanlarda İHA'ların sahip olduğu esnek teknik özellikleri sayesinde uydu görüntülerinden daha çok avantaj sunmaktadırlar. İHA'ların uydu görüntülerinin aksine birçok avantaj (çözünürlüğü yüksek görüntülerin elde edilesi, düşük maliyetli olması, kısa bir zamanda bilgi sağlaması ve hava şartlarından daha az etkilenmesi gibi) sağlar (Lelong ve ark., 2008; Xiang ve Tian 2011; Zhang ve Kovac 2012; Hunt ve ark., 2014).

Yastıklı ve ark. (2013), İHA kullanılarak 3D verilerin toplanması ve güncellenmesi üzerine yapılan bir çalışmada sonucunda, İHA sistemleri, küçük yüksekliklerde GIS uygulamasında dijital yükseklik modeli DEM ve ortofoto üretimi için veri toplamada kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Aydın ve ark. (2013), Konya ilinde silajlık mısır bitkisi verimi tahmini üzerine yapılan çalışma, araştırmacılar uzaktan algılama yöntemlerinden faydalanarak elde ettikleri NDVI değerleri ve verim değerlerini karşılaştırmıştır. En yüksek ilişki R2=0.945 olarak çiçeklenme döneminde elde edilen görüntüler ile verim arasında olduğu bulunmuştur. Araştırmacılar elde edilen sonuçlar neticesinde çiçeklenme

döneminde mısır bitkisi görüntülerinden alınan NDVI değerleri verim tahmininde kullanılabileceğini belirtmiştir.

Bendig ark. (2014), ürün çeşitliliği modellerinden (CSM) bitki boyunu (PH) kullanarak 18 çeşit ve iki azot (N) dozu ile yazlık arpa test sahasında yaş ve kuru biyokütle tahmin etmek için yapılan çalışma sonucunda; PH referans ölçümleriyle kıyaslama, R2 =0.92'lik bir ilişki elde etmişler. CSM'lerden PH ile yaş biyokütle (R2 = 0.81) ve kuru biyokütle (R2 = 0.82) arasında yüksek bir ilişki bulmuşlar. Araştırmacılar yaş ve kuru biyokütle tahmini için beş model çapraz doğrulama ile test etmişlerdir. Taze biyokütle için farklı N dozları arasındaki biyokütlenin modellenmesi en iyi sonuçları vermiştir (R2 = 0,71). Yapılan çalışma sonucunda araştırmacılar, bu yöntemin çiftçiler için gelecekte iyi potansiyele sahip olabileceğini belirtmiştir.

Mesas-Carrascosa ark. (2014), İHA tarafından elde edilen ortofotoların konumsal kalitesini araştırmak üzere bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışmada, çok rotorlu İHA'ya dikey olarak monte edilmiş bir dijital kamera kullanarak görüntü elde etmiştir. İHA ortofotoları, ulusal haritalama ajansları (NMA'lar) tarafından kullanılan çeşitli mekansal kalite testleri ile değerlendirildi. Araştırmacılar yaptıkları çalışmanın sonucunda, ortofotoların mekansal kalite testlerini tatmin edici bir şekilde geçtiğini ve bu nedenle üretim akış şemalarında NMA'lar için kullanışlı bir araç olduğunu belirtmiştir.

Wang (2016), İHA temelli görüntülerin potansiyelinin RapidEye ile karşılaştırıldığında mahsul durumunun mekansal ve zamansal çeşitliliğini izlemek için yapılan ve ayrıca buğdaydaki azot ağırlığı ve verim, UAV tabanlı görüntüleri kullanarak tahmin edilen bu çalışmasında; Kırmızı kenar endeksleri ile LAI ve biyokütle arasındaki korelasyon, İHA tabanlı görüntülerde RapidEye'den daha yüksek olduğunu saptamıştır. Sonuç olarak İHA tabanlı verilerin alan içi yönetim konusunda çiftçiler için alternatif ve etkili bir yaklaşım olabileceğini belirtmiştir.

Avdan ve ark. (2014), 4 farklı buğday çeşidi üzerine yaptıkları çalışmada, her buğday çeşidi için 24 parselden oluşan toplamda 96 adet parsele 6 farklı dozda azot uygulaması yapmıştır. Bu parsellerin GNDVI görüntülerini insansız hava aracı ile NDVI değerlerini ise yersel spektrometre ölçümleri ile elde edilmiştir. Sonuç olarak elde edilen NDVI değerleri ile GNDVI değerleri arasında yüksek bir korelasyon olduğu bulunmuştur.

Hunt ve ark. (2010), UAV-kamera sistemini değişken bir şekilde döllenmiş iki kışlık buğday tarlası üzerinde test edilen çalışmada yaprak alanı indeksi ile yeşil normalize edilmiş farklı bitki örtüsü indeksi (GNDVI) arasında iyi bir ilişki bulduğunu belirtmişler.

Yang ve ark. (2017), geleneksel yöntemler; bitki boyu, yaprak rengi, yaprak alanı indeksi (LAI), klorofil içeriği, biyokütle ve verim gibi mahsul özelliklerini elde etmek için, zaman alıcı ve zahmetli olan manuel örneklemeye dayanır. Fenotipik yöntemler için İHA'ları kullanarak fenotipik parametreleri büyük alanlarda minimum verimlilikle elde etmek için bir çalışma yapmıştır. İHA platformlarının ve uzaktan algılama sensörlerinin seçimi için referans, İHA-RSP'lerin fenotipik özelliklerini analiz etmek için yaygın olarak kullanılan yöntemler ve tipik uygulamalar ve İHA-RSP'ler tarafından mahsul fenotiplemesi için zorluklar göz önüne alınmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda, mahsul fenotiplemesi için İHA-RSP'lerin uygulamalarını teşvik etmek için teorik ve teknik destek sağlayabileceğini belirtmiştir.

Bronsveld ve ark. (2017), biyokütle ve ürün yüksekliğini tahmin etmede İHA görüntülerinin uygulanmasının değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmada, İHA tabanlı CSM'lerin farklı büyüme aşamalarındaki bitki boylarını doğru bir şekilde tahmin edebildiklerini göstermektedir. Tepe püskülü sırasında $R^2$0.68 ve olgunlaşma aşamasında 0.85 bulunmuştur. Araştırmacılar çalışma sonucunda, çok yüksek çözünürlüklü geçici İHA verileri kullanarak yaz mısır mahsulünün hasadı sırasında yaş ve kuru biyokütle tahmini için geliştirilmiş bir kılavuz sağlayabileceğini belirtmiştir.

Gündoğdu ve ark. (2018), Landsat uydu görüntülerinden yararlanılarak, 2013-2017 yılları arasında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi çiftlik arazisini kapsayan alanda NDVI değerlerinin dağılımını parsel bazlı değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Parsellerdeki NDVI değerlerinin konumsal dağılımını belirlemek için NDVI haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca parsellerde ekili buğday, mısır, ayçiçeği ve yonca ürünlerinin verimleri ile NDVI değerleri arasında istatistiksel bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışma sonunda, Ziraat Fakültesi arazisindeki parsellerin nispeten küçük olmasına bağlı olarak, parsel sınırından uzaklaştıkça NDVI değerlerinin değiştiği gözlenmiştir. Ayrıca parsellerde elde edilen NDVI değerlerinin normal dağılıma uymasına karşın, minimum ve maksimum değerleri arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir.

İnsansız Hava Araçlarının temelde bir çok özelliği barındıran, farklı kontrol mekanizmalara sahip (uzaktan kontrol edilebilen, belli bir güzergahta otomatik olarak uçan) olan, kendi üzerinde şarj edilebilen bir göç sistemi olan, tekrar kullanılabilen araçlardır (Kip, 2013).

Türkseven ve ark. (2016), İHA tarihi, hava balonlarının yapılması ve çeşitli amaçlarla kullanımıyla başlamıştır. Uçak teknolojisinin gelişmesi ile birlikte insansız uçabilen uçak formunu almış ve günümüzdeki modern insansız hava uçakları üretilmiştir. İHA'lar başlangıçta askeri amaçlarla kullanımı ön plana çıkmış daha sonra meteorolojik çalışmalarda ve şimdilerde tarımı içeren birçok sivil alanda değişik amaçlarla kullanılmaktadır. İHA'ların; bitkilerde hastalık etmeni tespiti, yabancı ot flora tespiti, hassas kimyasal uygulama, hayvanların kontrolü, su stresi, verim-olgunluk tespiti gibi birçok konuda kullanılabileceğini belirtmiştir.

Lelong ve ark., (2008), yaptıkları bir çalışmada İHA'ların hassas tarım için uzaktan algılamada nasıl kullanılabileceğini özetlemişlerdir. Fransa'nın güneybatısındaki küçük alanlarda deneme amaçlı yetiştirilen 10 buğday çeşidini belirli tarihlerde izlenmiştir. İHA'lardan belirli tarihlerde elde edilen görüntüleri (mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi) dört spekral bantta incelemiştir. Çalışmada kullanılan indeksler (GNDVI, NDVI, LIA) ve sahada ölçülen biyofiziksel

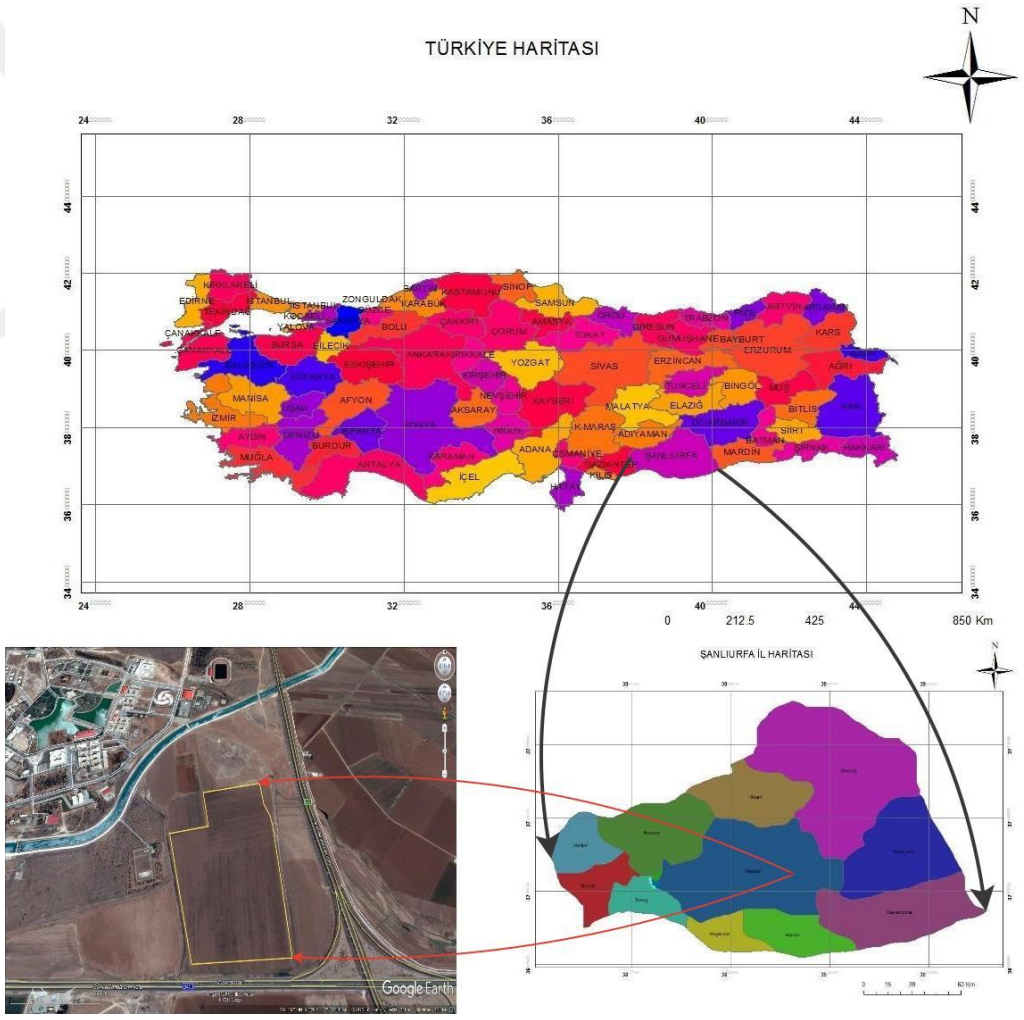
parametreler arasındaki ilişkileri karşılaştırmıştır. Araştırmacılar çalışma sonucunda, yaprak alanı indeksi ve NDVI ile azot alımı ve GNDVI arasında sağlam ve istikrarlı bir genel ilişki kurduklarını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

3.1.1. Konumu

Çalışma alanı Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü güneydoğusunda yer alan (39º10´20.42´´ D - 39º00´38.92´´D, 37º09´40.12´´ K - 37º10´02.33´´K) döner sermaye arazisinde yapılmıştır (Şekil 3.1). Yaklaşık 200-210 dekarlık alanı kapsamaktadır.



Şekil 2.1. Araştırma alanının konumu

3.1.2. Jeolojisi ve jeomorfolojisi

Deneme alanın denizden yüksekliği ortalama olarak 520 m'dir. Deneme alanı toprakları kireç taşı üzerinde oluşmuş, Kırmızı Kahverengi Büyük Toprak grubunda yer almaktadır. Bu topraklar Toprak taksonomisine göre Xerocrept Büyük toprak Grubunda sınıflandırılmaktadır (Soil Survey Staff, 2014). Arazi eğimi düz ve düze yakın, toprak profili ve yüzeyinde seyrek çeşitli büyüklükte çört ve çakıl içermektedir. Çalışma alanı toprağı genel olarak;hafif alkali, organik madde içeriği düşük, tuzluluk ve alkalilik problemi olmayan vertisol özelliklere sahiptir.

3.1.3. İklim

Kurak ve yarı kurak iklim kuşağındadır. Yaz ayları genellikle sıcak ve yağışsız, kış ayları ise ılık-soğuk ve yağışlıdır. Yaz ve kış ayları arasındaki sıcaklık farkı genellikle fazladır. Sıcaklık farkları bazen 40ºC'yi aşar. En sıcak ay temmuz ayıdır. En soğuk ay ise şubat ayıdır. Yıllık yağış miktarı ortalama 500 mm civarındadır. Şanlıurfa meteoroloji istasyonu uzun yıllar iklim verileri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Şanlıurfa meteoroloji istasyonu uzun yıllar iklim verileri (MGM, 2019)

	Aylar												
SANLIURFA	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1929 - 2018)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	6	7.0	11	16	22	28	32	31	27	20	13	8	18
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10	12	16	22	29	35	39	38	34	27.0	19	12.0	24
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	2	3	6	10	15	21	24	24	20	15	8	4	13
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4	5	6	8	10.0	12	12	11	10.0	8	6	4.0	97.0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.0	11	10	9	6	1	0	0	1	5	8	11	74
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	88	69	62	49	26	4	1	1	3	25	45	80	451
Ölçüm Periyodu (1929 - 2018)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22	26	30	36	40	44	47	46	42	38	31	26	47
En Düşük Sıcaklık (°C)	-11	-12	-3	3	3	8	15	16	10	2	-6	-6	-12

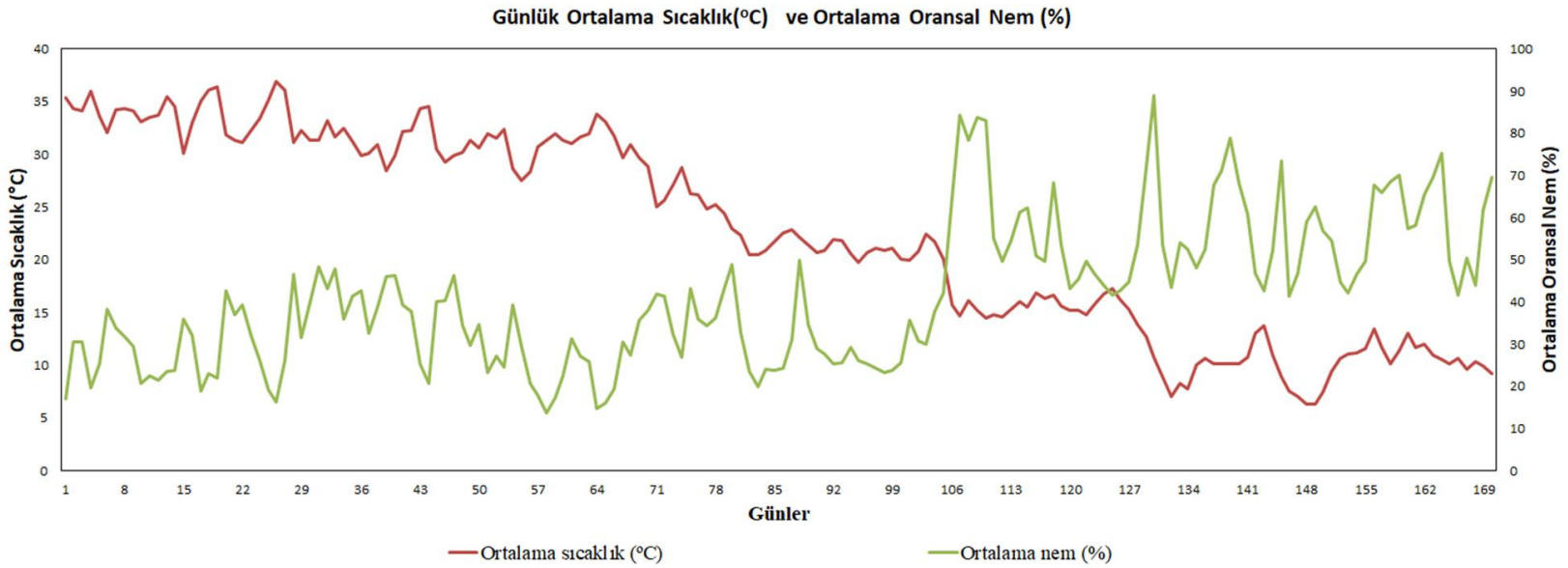
Çizelge 3.2. Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü Meteoroloji istasyonu II. ürün mısır ekim dönemi (2017 yılı Ocak-Temmuz) iklim verileri

Aylar	Maksimum Sıcaklık	Minimum Sıcaklık	Ortalama Sıcaklık	Aylık Toplam Yağış	Oransal Nem
	(ºC)	(ºC)	(ºC)	(mm)	(%)
Ocak	17.9	0.9	8.5	64.7	64
Şubat	18.5	2.2	10.6	44.3	44
Mart	26.9	4.3	15.2	9.9	61
Nisan	31.4	6.6	19.6	13.6	52
Mayıs	35.6	11.5	23.1	69.2	44
Haziran	41.8	15.5	27.9	8.2	29
Temmuz	42.0	18.3	34.2	5.1	28
Ağustos	39.1	25.12	32.1	0	36
Eylül	36.6	22.83	29.7	0	29
Ekim	26.5	15.35	20.9	0	37
Kasım	17.6	9.85	13.7	0.7	55
Aralık	13.8	6.57	10.2	0.5	58

3.2. Yöntem

3.2.1. Bitki yetiştirme

Bu araştırma Harran Üniversitesi, Döner Sermaye İşletmesi, Ziraat ve Veterinerlik şubesi tarafından ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisi üzerine yapılmıştır. Araştırma alanında ikinci ürün mısır temmuz ayı içerisinde ekilmiştir. Denemede 9-10 bin/da tane mısır tohumu, mısır ekme mibzeri ile sıralar arası 70 cm, sıra üstü 20 cm olacak şekilde ekilmiştir. Tohumla birlikte (15/07/2017) 50 kg/da 20-20 taban gübresi, üst gübre olarak (21/08/2017) 50 kg/da üre kullanılmıştır. İlk çapa bitkiler 10-15 cm olunca boğaz doldurma ile birlikte yapılmıştır. Sulama karık sulama yöntemiyle yapılmıştır. Hasat yaklaşık olarak Aralık ayı içerisinde dane nemi 20 %'nin altına düştüğü zaman biçerdöver ile yapılmıştır.



Şekil 3.2. II. ürün mısır yetiştirme sezonu boyunca günlük ortalama sıcaklık ve ortalama oransal nem değişimi (15/7/2017-31/12/2017)

3.2.2. Toprak, bitki örneklenmesi ve analizleri

Araştırmada insansız hava aracı ile uçuşlar yapıldıktan sonra yüksek ve düşük NDVI değerlerine sahip üçer parsel olmak üzere 5x5 m²'lik altı test parselinden bitki örnekleri alınmıştır (Kurucu ve ark. 2000). Test parselleri belirlenmeden önce yapılan ilk uçuşta, arazinin NDVI miktarı en düşük olan 3 farklı bölgesi (NDVI değeri <0.5) ve NDVI değeri en yüksek olan 3 farklı bölgesi (NDVI > 0.5) sapa kalkma döneminde (Temmuz sonu) belirlenmiştir. Bitkiler hasat edildikten sonra test parsellerinden toprak örnekleri analiz edilmek için alınmıştır. Toprak örneklerinde azot analizi yapılmıştır. Bitki örneklerinde temel makro ve mikro besin elementleri (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Na, Zn ve Mn) analizi yapılmış olup ayrıca bitkilerde yaş ve kuru sap, yaş ve kuru dane ağırlığı hesaplanmıştır.

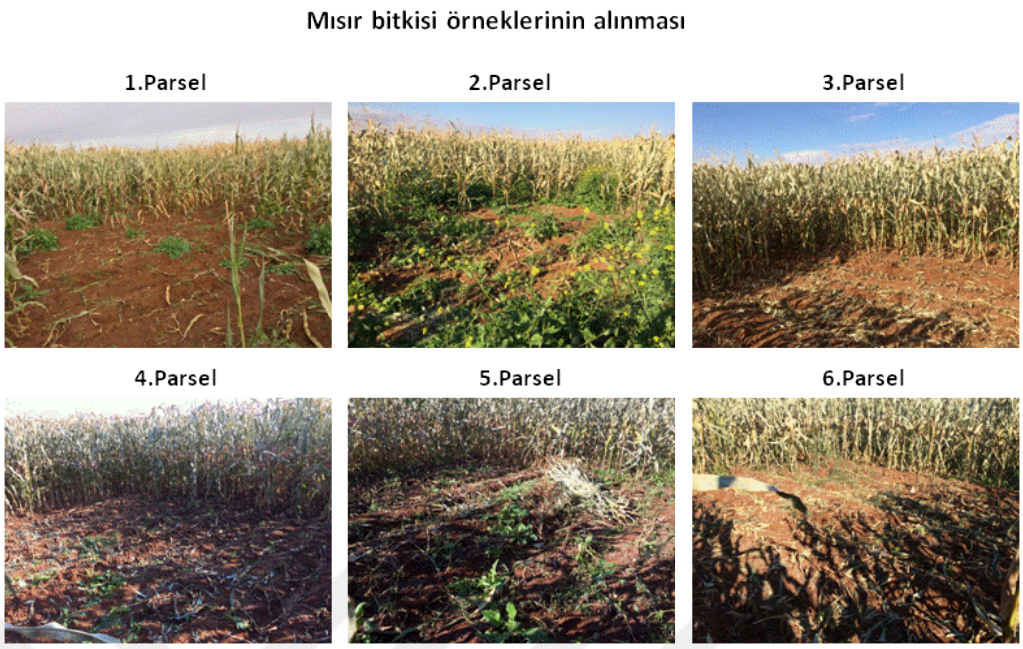
3.2.3.1 Kjeldahl yakma ünitesinde toplam azotun belirlemesi

Topraklarda bulunan toplam azot Bremner ve ark. (1982) tarafından bildirilen Kjeldahl metoduna göre belirlenmiştir. %40'lık yani bir litrelik balon joje içerinde 400 gr sodyum hidroksit bırakılarak son hacim 1 L' ye tamamlanmıştır. Sodyum hidroksit çözeltisi çözelti hazırlandığı aşamada cam şişe aşırı ısındığı için bir süre soğuması için beklenmelidir. Borik asit indikatörsolüsyonu % 2: 40 g saf borik asit 4 L'yi gösterecek şekilde işaretlenmiş bir şişe içerisine konulmuştur, yaklaşık olarak 3800 ml su ilave edilmiş ve H3BO3çözününceye kadar karıştırılarak ısıtılmıştır. Solüsyon soğutulduktan sonra 100 ml etanol (CH3CH2OH) içerisinde 0.099 gr brom kresol yeşili ve 0.066 gr metil kırmızısı çözünerek hazırlanmış indikatör karışım çözeltisinden 80 ml ilave edilmiştir. Karışım son hacmi 4 L' ye tamamlanmıştır. Ağzı kapalı kutulardan bekletilen toprak örneklerinden 0,5-1 gr alınarak Kjeldahl tüplerinin içerisine konulmuştur. Her bir tüp içerisine bir adet Kjeldahl tableti atılarak 15 ml H2SO4tüplerin içerisinde tamamen yayılmasını sağlamak için tüpleri döndürülmek suretiyle ilave edilmiştir. Yakma ünitesi 3 saat süre ile yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma işlemi bittikten sonra bir süre camların soğuması için boyunca beklenmiş, böylece azot içeren gazların uçması engellenmiştir.

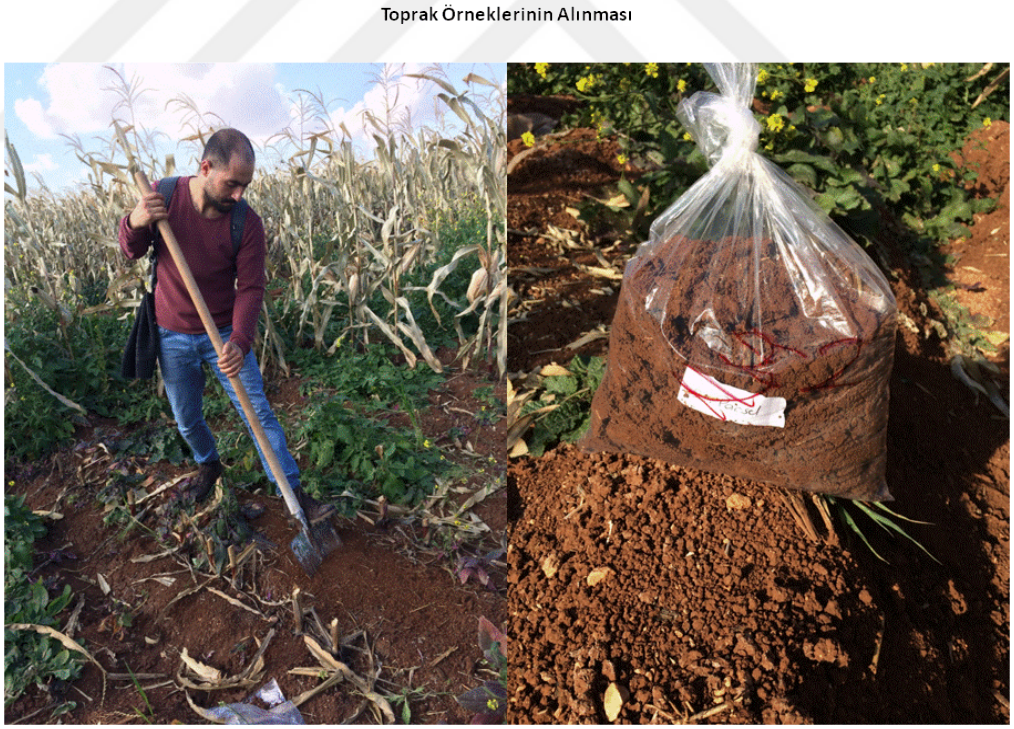
Soğuma işlemi bittikten sonra destilasyon tüplerinde bulunan örneklerin üzerin 20 ml saf su ilave edilerek destilasyon işlemlerine başlanmıştır. Cihazın sol bölmesine destilasyon tüpü konularak, sağ bölmeye ise 25 ml borik asit içeren erlenmayerler bölmeye yerleştirilerek sistem çalıştırılmıştır. 180 sn. boyunca destilasyon işlemi yapılmış ve sistem durmuştur.

3.2.3.2 Bitki örneklerinin HNO3 ve HClO4 karışımı ile yakılması

Bitki gövde ve yapraklarına ait numuneler, Jones ve Case (1990) tarafından tanımlanan HNO_3 ve $HClO_4$ kullanılarak yapılan blok-parçalama prosedürü izlenerek yakılmış ve örneklere ait süzükler elde edilmiştir. 0.5 g kuru bitki örneği üzerine 5 ml konsantre HNO_3 ilave edilmiş ve erlenmayerlerin ağzına buharlaşmayı engellemek için huniler yerleştirilmiştir. Bir gece bekletildikten sonra üstü örtülü erlenmayerler hot plate üzerine yerleştirilmiş ve 80°C (176°F)'de 1 saat yakılmıştır. Örnekler hot plateden alınarak soğuması beklenmiştir. Daha sonra örnekler üzerine 4 ml $HClO_4$ ilave edilerek, huni yerleştirilmiş ve 180 ile 200°C (356 to 392°F) arasında 2-3 saat veya özütler berraklaşıncaya kadar yakılmıştır. $HClO_4$ dumanları dağılınca ısı 100°C (212°F)'ye düşürülerek huni kaldırılmış ve örnekler hot plateden alınarak soğumaya bırakılmıştır. Örnekleri 25 ml hacme getirmek için saf su eklenmiştir.



Şekil 3.3. Bitki örnekleri hasat edildikten sonra çekilen test parsellerinin görüntüsü



Şekil 3.4. Mısır bitkisi hasat edildikten sonra toprak örneklerinin alınırken çekilen bir görüntü

Belirlenen parsellerden, bitkiler toprak yüzeyin sıfır olacak şekilde (Şekil 3.2) hasat edildi ve toprak örnekleri (Şekil 3.3) alındı. Sonra analiz için gerekli tartımlar yapıldı.

3.2.3. Görüntü alınması

Çalışma alanına ait hava fotoğrafları tam otomatik uçuş yeteneğine sahip yerli İHA tarafından elde edilmiş (Çizelge 3.2) ve (Şekil 3.4) MissionPlanner-1.3.39 programında (Şekil 3.3.) uçuş rotası tanımlanıp uçuş gerçekleştirilmiştir. İHA nesnelerden yayılan elektromanyetik spektrum; yakın kızılötesi, yeşil ve kırmızı dalga boyu aralığında algılayıcı özelliği olan (Çizelge 3.3) NIRGR kameraya (Şekil 3.6) sahiptir.

Mission Planner: ArduPilot açık kaynaklı otopilot projesi için tam özellikli bir yer istasyonu uygulamasıdır. Kullanıcı, Mission Planner'ı kullanarak bir HA'nın uçuş yolunu basitçe bir Google haritası veya diğer mevcut harita katmanlarındaki (Bing, Yahoo, Open Street Map, Ovimap, vb.) yol noktalarını tıklayarak ve tanımlayarak önceden programlayabilir. İHA aynı zamanda, hava fotoğraflarını veya videolarını çekerken bağımsız bir şekilde kalkış ve iniş yapmak ve belirli bir tur veya süre boyunca herhangi bir ara nokta üzerinde daire içine almak üzere programlanabilir. Kullanıcı ayrıca yer / hava hızı ve uçağın rakımı gibi diğer uçuş parametrelerini her bir yol noktası üzerinden programlayabilir. Önceden programlanmış bir görev başlatılmadan önce İHA'ya yüklenebilir. Ancak, İHA halihazırda havadayken bile, İHA'ya yeni talimatlarını vermek için yeni bir görev programlanıp veri telemetrisi yoluyla yüklenebilir. Ayrıca Mission Planner'da İHA'nın; mevcut pil durumu, uçuş sırasında belirlenen alanın neresinde olduğu, İHA'nın yönü gibi birçok özelliklerini takip etme imkanı sağlar.



Şekil 3.5. Mission Planner uçuş planının şekilde gösterilmesi

İHA: Aerodinamik kuvvetler aracılığıyla sürekli uçuş yapma yeteneğinde olan, üzerinde pilot bulunmaksızın uzaktan İHA pilotu tarafından kontrol edilerek veya otonom operasyonu İHA pilotu tarafından planlanarak uçurulan ya da havada kalabilen hava aracı, şeklinde tanımlanmaktadır.



Şekil 3.6. Arazide görüntü almak için hazırlanan İHA'nın anlık görüntüsü

Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan multikopterin teknik özellikleri

Multikopter Model	TEKNOMER Geo V2
Platform	Hexa
Üretim	Yerli
Otopilot Yazılımı	Tarafımızca geliştirilmiş
Güç (Batarya)	Elektrik (Li-Po Pil)
Gövde Genişliği (Motordan motora)	72 cm
Motor	6 adet
Boş Ağırlık (Kamera ve Batarya Hariç)	3,5 kg
Güvenli Taşıma Kapasitesi (Faydalı Yük)	4 kg
Uçuş Süresi (Yüksüz)	35 dk
Bazı Kameralar ile Uçuş Süresi	20-30 dk (GoPro / Termal / 30x zoom)
Uçuş Modu	Manuel / Otomatik
Otomatik kalkış ve İniş	Dikey
Programlanabilir uçuş	Var
Maksimum Yatay Hız	80 km/saat
Maksimum Rüzgar Dayanım Hızı	45 km/saat
Çalışma Sıcaklığı (Kamera hariç)	-10°C / +45°C
Anti Titreşim Sistemi	Var
Kumanda Menzili; Maksimum / Güvenli	10 km / 5 km
Telemetri Menzili	< 10 km
Görüntü Aktarma Menzili	< 5 km
Ortofoto / Nokta bulutu üretimi yazılımı	Pix4D
Yerden Gerçek Zamanlı Görüntü Alabilme	Var
Min. Arazi Ekibi	1
Min. Kalkış İçin Gerekli Alan	2 m²
Güzergah Uçuşu / Nokta Adeti	Var / 150 nokta
Uçuş Garantisi	En az 200 Uçuş
Ortofoto Harita Üretimi (1 Uçuşta)	100-300 Hektar
Gimbal	Haritacı Gimbalı
Uygulamalar	Harita, Güvenlik, Anlık Görüntü Aktarma, Basın Yayın, Arama Kurtarma



Şekil 3.7. Tetracam Multispectral Camera

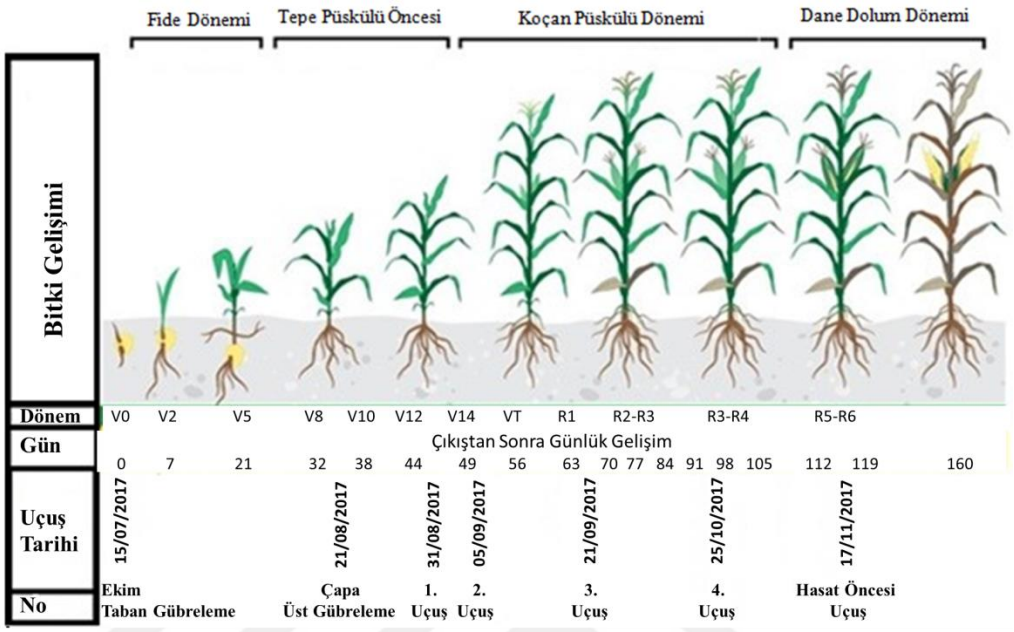
Çizelge 3.4. İnsansız hava aracındaki kullanılan NIRGR kameranın teknik özellikleri

Sensor-Lens Özellikleri	Obje Mesafesi (Yerden Yükseklik)	Mekansal Çözünürlük (mm)	FOW (genişlik * yükseklik) m
FOV (Field of View)	122 m	72.36	95.4*70.9
Sensör Boyutları (mm): 6.59 x 4.9	213.4 m	126.54	166.782*124.517
Piksel Boyutu (µm): 5.0	365.8 m	216.91	285.89*213.441
Kamera lens odak uzunluğu (mm): 8.43	915 m	542.58	715.115*533.895

Mısır bitkisinin ekiminden (15/07/2017) bitkiler yaklaşık 60-80 cm uzunluğa ulaşmasından itibaren RGB ve NDVI kamera takılı İnsansız hava aracı ile 90 metre yükseklikten görüntüler alınmıştır. Uçuş işlemleri her bir uçuş için yaklaşık 8-10dakika sürmüştür. Çalışma alanına ait görüntüler yaklaşık 75 cm yer örnekleme aralığında ve enine %60 boyuna %75 bindirmeli olarak elde edilmiştir. Görüntü alma işlemi farklı zaman aralıklarında alınmış olup hasat öncesine kadar (1. Uçuş (31/08/2017), 2. Uçuş (5/09/2017), 3. Uçuş (21/09/2017), 4. Uçuş (25/10/2017) ve Hasat Öncesi (17/11/2017)) 5 kez tekrarlanmıştır.

Mısır bitkisi yetiştiriciliğinde bitki verimi için kritik 4 dönem vardır (Şekil 3.7). Bunlar; fide dönemi (1. Uçuş, 2. Uçuş), tepe püskülü öncesi (3. Uçuş), koçan

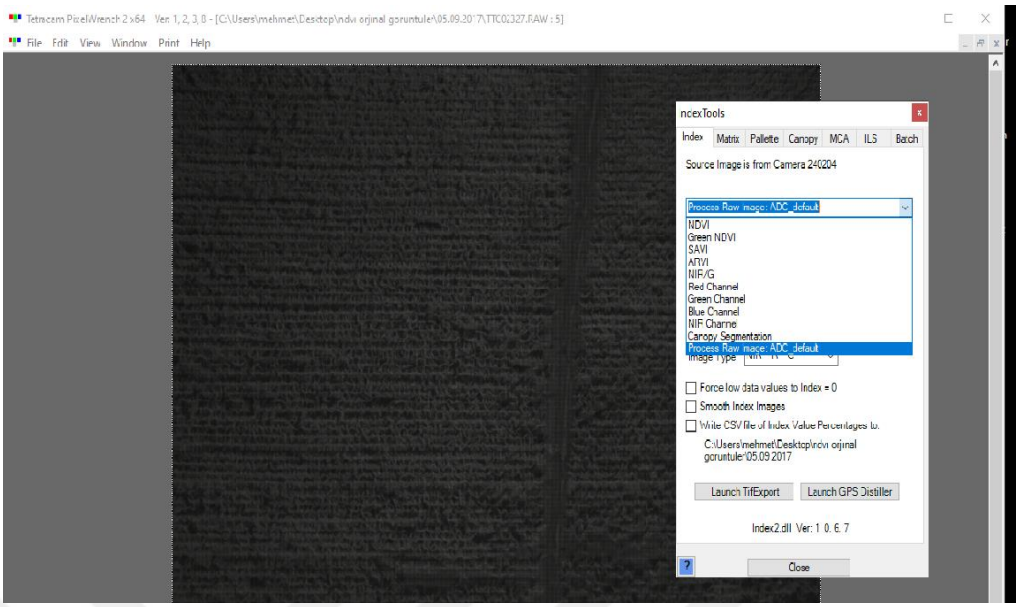
püskülü çıkarma (4. Uçuş) ve son olarak da tane dolum (5. Uçuş=Hasat Öncesi) dönemleridir (Babaoğlu, 2005). Genel itibariyle yapılan uçuşlar bu dönemlere denk gelmektedir.



Şekil 3.8. Mısır bitkisi gelişme dönemleri ve uçuş tarihleri (https://www.farmersweekly.co.za/crops/field-crops/maize-production-managing-critical-plant-growth-stages/ 'den değiştirilmiştir)

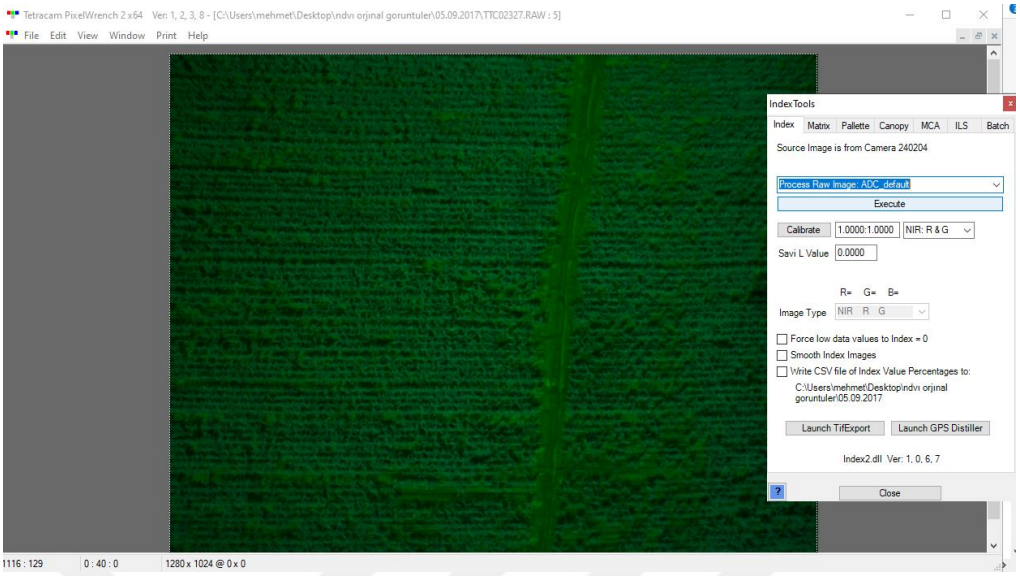
3.2.4. Görüntülerin işlenmesi

Çalışma kapsamında İHA kameralarından elde edilen txt formatındaki görüntüler Pixel Wrench2 yazılımına aktarılmıştır. Yazılımda işlenen görüntülerin NDVI değerleri otomatik bir şekilde Excel dosyası oluşturuluyor. Aşağıda görüntülerin işlenme sırası ile verilmiştir.

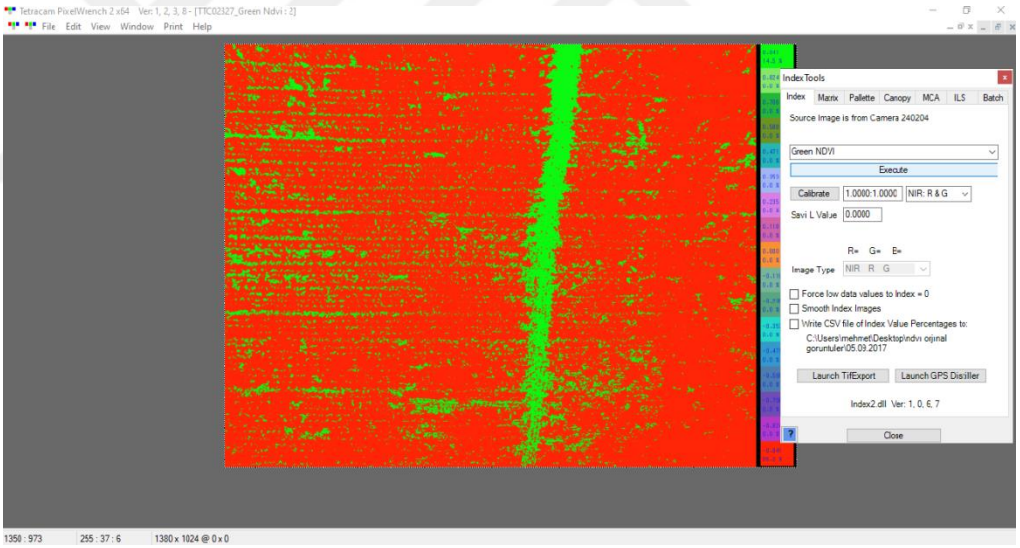


Şekil 3.9. Pixel Wrench2'de görüntülerin işlenmesi 1. Aşama

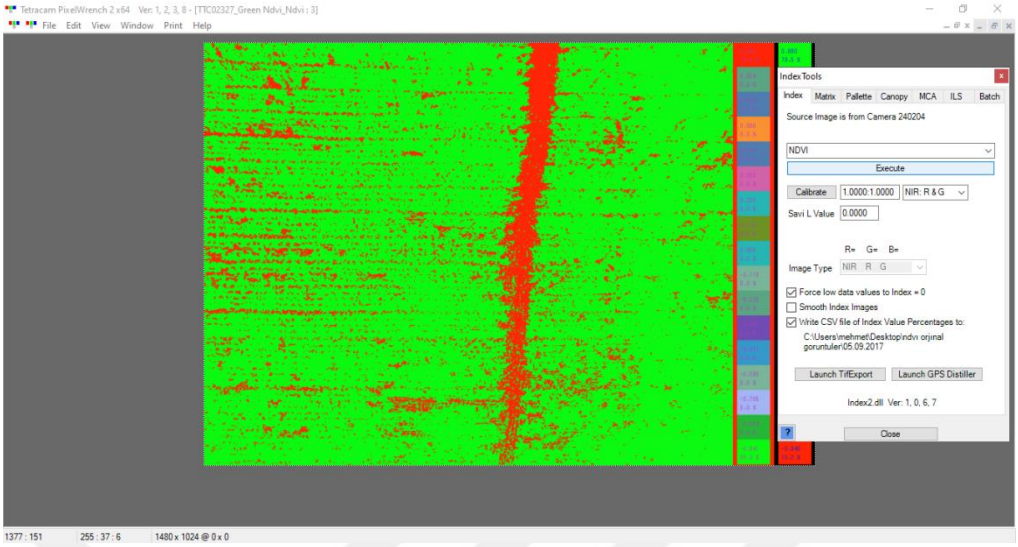
Pixel Wrench2 de görüntülerin işlenmesi 1. Aşamasında txt formatındaki görüntülerinin programa aktarılır. Aktarılan görüntü Şekil 3.9'da görüldüğü gibi siyah-beyazdır. Programın sol üst köşesinde 'View' kısmından 'İndex Tools' seçildiğinde şekildeki pencere açılır. 'Process Raw Image' tiki seçildikten sonra 'Execute' komutu kısmına tıklanır ve 2. Aşamaya geçilir. Daha sonra txt formatındaki görüntü Şekil 3.10'da görüldüğü rengi alır ve artık NDVI analize hazır hale gelmiş olur. Analize hazır olan görüntünün üzerine fare imleci getirilerek görüntü seçilir ve 'Index Tools penceresinde Şekil 3.11'de (3.Aşama) görüldüğü gibi 'Green NDVI' seçilip 'Execute' kısmına tıklandıktan sonra bitkiler kırmızı renkte ve bitki olmayan diğer nesnelerin de yeşil renkte olur. Bu durumu düzeltmek için Şekil 3.12'de (4. Aşama) görüldüğü gibi Index Tools penceresinden NDVI seçilerek ve pencerenin alt kısmında bulunan iki tik işaretlenir. Daha sonra tekrar 'Execute' tıklandıktan sonra NDVI değeri, ham görüntüyü aldığımız dosyada görüntünün altında bir Excell sayfası şeklinde kaydedilir ve en sonunda bitkiler yeşil ve diğer objeler kırmızı görünür hale gelmiş olur ve görüntü tif dosyası şeklinde kaydedilir. Artık görüntüden elde edilen NDVI değeri ve tif dosyası şeklinde veri elde edilir. Sıra bu elde edilen NDVI değerinin analiz sonuçları ile karşılaştırılır.



Şekil 3.10. Pixel Wrench2'de görüntülerin işlenmesi 2. Aşama



Şekil 3.111. Pixel Wrench2'de görüntülerin işlenmesi 3. Aşama



Şekil 3.12. Pixel Wrench2'de görüntülerin işlenmesi 4. Aşama

3.2.5. NDVI analizleri

Uzaktan algılama uygulamaları çok çeşitli bitki indeksleri kullanılmasının yanı sıra genellikle farklı zaman aralıklarında görüntüler için topoğrafik ve atmosferik etkilerden arındırılmış Normalleştirilmiş (R) bantları arasındaki zıtlığı artırmak veya iki banttaki bilgiyi tek banda toplayarak bitki varlığını incelemek üzere NDVI formüle [1] edilmiştir.

NDVI=(NIR - R)/(NIR+R) [1]

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

NDVI: Normalize Edilmiş Bitki İndeksi

NIR: Yakın kızıl ötesi bölgenin 700-850 nm arasındaki kısmıdır.

R: Görünür bölgeni 600-700 nm arasındaki kısmıdır.

Yukarıda gösterildiği gibi iki bant (NIR: Yakın kızılötesi bant, Red: Kırmızı bant) şeklinde ifade edilmektedir. Normalleştirilmiş bitki örtüsü indeks (NDVI) değerleri, yakın kızılötesi bandından kırmızı bandını çıkarıp (NIR-Red)daha sonra yakın kızılötesi band ile kırmızı bandın toplamına oranlaması ile elde edilen sonuçlar, yeşil bitki örtüsüyle ilgili bilgiyi verdiği gibi bitkinin zayıf olduğu veya bitkisiz boşalanları da belirlemektedir. Ayrıca bitki indisi +1 değerine ne kadar yakın

olursa bitkinin kuvvetli olduğunu, 0 değerine yaklaştıkça bitki örtüsünün azaldığının, negatif olduğunda ise alanların bitkisiz veya çok az bitkinin olduğunu göstermektedir. NDVI, yeşil bitkilerin pikseli tamamen kapladıkları zaman yüksek, hiçbir yeşil bitki olmadığı zaman ise düşüktür. Normalize edilmiş olması farklı güneş açısı etkilerini de ortadan kaldırır.

3.2.6.Biyokütle tahmini

Yukarıda belirtildiği gibi Haziran sonu yapılan ilk uçuşta belirlenen parseller 5mx5m (farklı NDVI değerlerine göre) biçerdöverle hasat edilmeden önce elle hasat edilmiş ve kocan ve sap verimi (kg kuru madde / m^2) her parsel için ayrı ayrı ölçülmüştür. Daha sonra metre kare bazında ölçülen verimler kg/dekar olacak şekilde hesaplanmıştır. Her parselden ayrı ayrı elde edilen örneklerde gerekli kimyasal madde analizleri yapılmıştır.

3.2.7. İstatistik analizleri

İstatistik analizleri yapılırken SPSS 20 programı kullanılarak ortalama NDVI değerleri ile bitki sap ve dane azot içerikleri arasındaki ilişki, mısır kuru ağırlığı arasındaki ilişki, bitki ve toprak arasındaki ilişki ve mısır bitkisi verimi ile dane besin elementi arasındaki ilişkiyi incelemek için Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır. Analiz neticesinde bulunan korelasyon analizi Çizelgesu Pearson korelasyon yorumu kullanılarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Pearson Korelasyon Katsayısının Yorumu

R	ilişki
0.00	İlişki yok
0.01-0.29	Düşük düzeyde ilişki
0.30-0.70	Orta düzeyde ilişki
0.71-0.99	Yüksek düzeyde ilişki
1.00	Mükemmel ilişki

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Mısır Biyokütlesi

Mısır parsellerinden hasat sırasında ve laboratuar çalışmaları sonucunda ölçümü yapılarak hesaplanan bitki sap yaş ağırlığı, dane yaş ağırlığı, bitki yaş ağırlığı, sap kuru ağırlık, dane kuru ağırlığı, toplam kuru ağırlık, sap kuru maddesi(%), dane kuru madde(%) değerleri Çizelge 4.1' de verilmiştir. Buna göre hem zayıf gelişmiş test parsellerinin toplam, sap ve dane verim değerleri hem de iyi gelişmiş test parsellerin değerleri bölge ve Türkiye ortalamaları civarındadır. (Çölkesen ve ark., 1997; Özyiğit ve Bilgen, 2001; İdikut ve Kara, 2013; Taş, 2010). Kabakçı ve Tanrıverdi. (2000), Harran Ovası ekolojik koşullarında ikinci ürün mısır tane veriminin 534-1406 kg/da arasında değiştiğini belirtmektedirler. Kırktok ve Şirikçi, (2006), mısır tane veriminin Adana koşullarında 713.3-1330.0 kg/da arsında değiştiğini belirtmektedirler.

Ancak bazı parsellerde mısır sap, dane ve toplam biyokütle verimi (599 kg/da) oldukça düşüktür (Çizelge 4.1). Mısır verimi bitkilerin genetik özellikleri yanı sıra iklim ve toprak özellikleri ile toprak işleme, ekim, gübreleme, ilaçlama hatta hasat gibi uygulanan kültürel faaliyetlere göre değişiklik göstermektedir (Miranda 1987). Nitekim Şanlıurfa ve Türkiye koşullarında gerek sap ve tane gerekse toplam biyokütle veriminin mısır çeşidine (Alan ve ark., 2005), ekim zamanına (Kaya ve Kuşaksız, 2012), ekim sıklığına (Taş, 2010; Koca ve ark., 2009), sulama (Arıtürk, 2008) ve diğer iklim ve gübreleme (Ekberli ve ark., 2005) koşullarına göre değişiklik göstermektedir.

Test parsellerinin İHA'dan alınan RGB kamera görüntülerinden de görüldüğü gibi bitki yoğunluğu homojen olmayıp tarla içerisinde gelişme durumuna göre farklılık göstermektedir (Şekil 4.1., 4.2.,4.3., 4.4., 4.5., 4.6.). Buna bağlı olarak da test parsellerinin gerek sap ve dane verimi gerekse de toplam biyokütle verimleri de farklılık göstermektedir (Çizelge 4.1). Test parsellerindeki en yüksek verime (2198 kg/da) sahip test parseli ile en düşük verime (599 kg/da) sahip toplam kuru biyokütle arasında yaklaşık dört kat fark bulunması bu farkın genetik özellikler veya toprak ve

iklim özelliklerinden ziyade kültürel uygulamalardan kaynaklanmış olması muhtemeldir.

Ürün verimi, tohum genetiğinin yanı sıra toprak ve iklim koşulları ile büyük ölçüde ilişkilidir. Deneysel çalışmalar yüksek verimin kısmen uygun hava koşulları ile açıklandığını göstermiştir (Thompson, 1962, 1970, 1988; Schlenker ve Roberts, 2006; Lynch ve ark, 2007; Tannura ve ark, 2008). Ayrıca gübreleme ve bitki besleme koşulları da bitki gelişmesini etkilemektedir. Aydın ve ark. (2013), Konya koşullarında silajlık mısır denemesinde yaş ağırlık parsel verimlerinin 30 kg N (4093,78 kg/da) ve 40 kg N (4118,42 kg/da uygulamalarının birbirinden farklı olduğunu belirtmektedir (Aydın ve ark., 2013).

Bitki yoğunluğu sap ve dane verimi yanısıra kuru madde içeriğini de etkileyen kilit faktörden biridir. Kışlık buğday üzerine yapılan bir araştırma, bitki yoğunluğunun yeşil fraksiyon, biriken kuru madde ve verim ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Joseph ve ark.,1985; Whaley ve ark., 2000).

Çizelge 4.1. Mısır biyolojik verim (kg/da)

Bitki gelişim Durumu	Parseller	Sap yaş ağırlık (kg/da)	Dane yaş ağırlık (kg/da)	Toplam yaş ağırlık (kg/da)	Sap Kuru ağırlık (kg/da)	Dane kuru ağırlık (kg/da)	Toplam kuru ağırlık (kg/da)	Sap Kuru madde (%)	Dane dane kuru madde (%)
Zayıf	I.	840	480	1320	318	281	599	38	59
	II.	1240	1160	2400	417	775	1192	34	67
	V.	1160	1440	2600	404	907	1311	35	63
	Ortalama	1080	1027	2107	379	654	1034		
İyi	III.	2200	2240	4440	682	1501	2183	31	67
	IV.	2160	1960	4120	674	1290	1964	31	66
	VI.	2480	2080	4560	833	1364	2198	34	66
	Ortalama	2280	2093	4373	730	1385	2115		

Yukarı da verilen Çizelge incelendiğinde, zayıf gelişmiş olan parsellerdeki (I., II., V.) bitki kuru madde içerikleri iyi gelişmiş olan parsellerdeki (III., IV., VI.) bitki kuru madde içeriklerinden daha yüksek bulunmuştur. Zayıf gelişmiş test parsellerinde bitkilerin seyrek olması ve aynı zamanda bu alandaki bitkilerin besin elementi ve sudan yeterli beslenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

RGB kamerasıyla çekilen görüntüler (Şekil 4.1., 4.2., 4.3, 4.4., 4.5., 4.6.) aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.1. RGB kamera tarafından alınan zayıf gelişme göstermiş I. parselin görünümü



Şekil 4.2. RGB kamera tarafından alınan zayıf gelişme göstermiş II. parselin görünümü



Şekil 4.3. RGB kamera tarafından alınan zayıf gelişme göstermiş V. parselin görünümü



Şekil 4.4. RGB kamera tarafından alınan iyi gelişme göstermiş III. parselin görünümü



Şekil 4.5. RGB tarafından alınan iyi gelişme göstermiş IV. Parselin görünümü



Şekil 4.6. RGB kamera tarafından alınan iyi gelişme göstermiş VI. Parselin görünümü

4.2. Mısır Dane, Sap ve Toprak Azot İçeriği

Test alanlarının mısır dane ve sap azot içerikleri ile ve toprak örneklerinin azot analiz sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Parsellerden alınan mısır bitkisinin analiz sonuçları incelendiğinde, (Çizelge 4.3) test parsellerinin dane azot konsantrasyonu genel olarak birbirine yakındır. III. parsel (%1.29) en düşük, VI. parsel (%1.47) değer ile en yüksek olarak belirlenmiştir. Sap azot konsantrasyonu incelendiğinde I. parsel (%1.70) en düşük, III. parsel (%2.30) ise en yüksek olarak belirlenmiştir.

Mısır bitkisinin toprak üstü aksamı azot içeriği sınır değerlerine bakıldığında (3.50-5.00), parsellerden elde edilen sap azot içeriğinin noksan olduğu görülmektedir (Kaçar ve Katkat, 1998). Belander, 2015 yılında mısır bitkisi azot içeriği üzerinde yaptığı çalışmada elde edilen dane ve sap azot içeriklerinin; genel olarak bizim çalışma sonucunda elde ettiğimiz azot içeriklerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Büyük (2006), Adana koşullarında mısırda yaptıkları çalışmada saptaki azot içeriğinin azot dozuna göre değişiklik gösterdiğini ve %1.28 olduğunu bulmuşlardır.

Mısır dane ve sap azot içerikleri iklim ve azot gübreleme dozlarından etkilenmektedir. Ekberli ve ark. 2004'te Samsun'da iklim faktörleri ve farklı azot dozlarının II. ürün mısır bitkisinde verim ve azot kapsamına etkisinin belirlenmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada, yarı nemli koşullardaki mısır dane azot içeriği 1.51% ile 1.77% arasında bulmuştur. Nemli koşullarda ise mısır dane azot içeriği %1.56 ile % 1.83arasında değiştiğini belirtmekte olup her iki durumda da dane azot içerikleri bizim çalışmamızdan yüksek bulunmuştur. Buna karşılık sap azot içeriği yarı nemli koşullarda azot içerikleri %0.55 ile %1.01 arasında, nemli koşullarda %1.03 ile 1.55% arasında değişmek olup çalışmada elde ettiğimiz değerlerden oldukça düşüş bulunmuştur.

Çizelge 4.2 Mısır test parselleri azot içerikleri

Bitki Gelişme Durumu		Dane Azot	Sap Azot	Toprak Azot
	Parseller	%	%	%
Zayıf	I.	1,34	1,70	0,49
	II.	1,46	2,16	0,52
	V.	1,34	2,18	0,41
İyi	III.	1,29	2,30	0,50
	IV.	1,39	2,16	0,45
	VI.	1,47	2,21	0,50

Toprak iklim ve amenajman koşulları gübrelerden yararlanma etkinliğini etkileyebilmektedir. pH'nın 7.3'den büyük olduğu, yüksek sıcaklık, toprak yüzeyinde bitki artıkları bulunması gibi koşullar, üre ve amonyum nitrat gübrelerinde, kayıpları arttırabilmektedir (Atar, 2017).

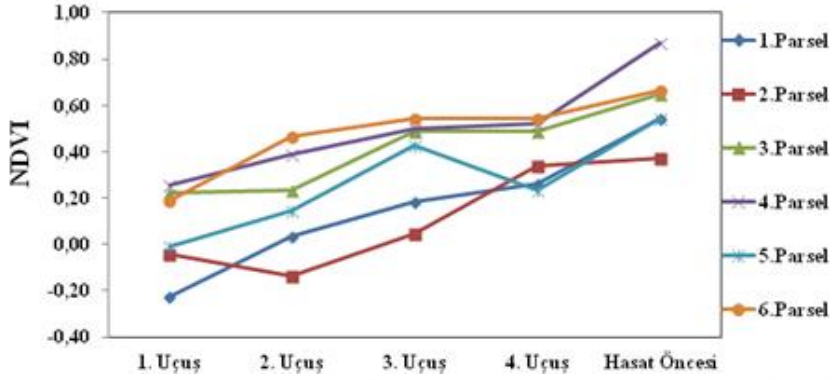
4.3 Mısır Bitkisi Test Parsellerinin NDVI Değerleri

Araziden İHA ile farklı parsellerde farklı tarihlerde elde edilen görüntülerin Pixel Wrench2 programında işlenmiş görüntülerin NDVI sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Bitki gelişim durumuna göre NDVI değerleri

Bitki Gelişme Durumu	Ortalama NDVI					
	Parsel	1.Uçuş 31/08/2017 (V12-V13)	2.Uçuş 05/09/2017 (V14)	3.Uçuş 21/09/2017 (R1-R2)	4.Uçuş 25/10/2017 (R3-R4)	Hasat Öncesi 17/11/2017 (R5-R6)
Zayıf	I.	-0,22	0,04	0,18	0,26	0,55
	II.	-0,04	-0,14	0,04	0,34	0,37
	V.	-0,01	0,15	0,43	0,23	0,55
İyi	III.	0,22	0,23	0,49	0,49	0,65
	IV.	0,26	0,39	0,5	0,52	0,87
	VI.	0,19	0,47	0,55	0,55	0,66

Buna göre NDVI değerleri ile bitki biyokütlesi arasındaki ilişkiye bakıldığında bitki vejetatif olarak geliştikçe NDVI değerleri genellikle arttığı gözlemlendi (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Bitki büyümesine bağlı parsellerin NDVI değerlerinin değişimi

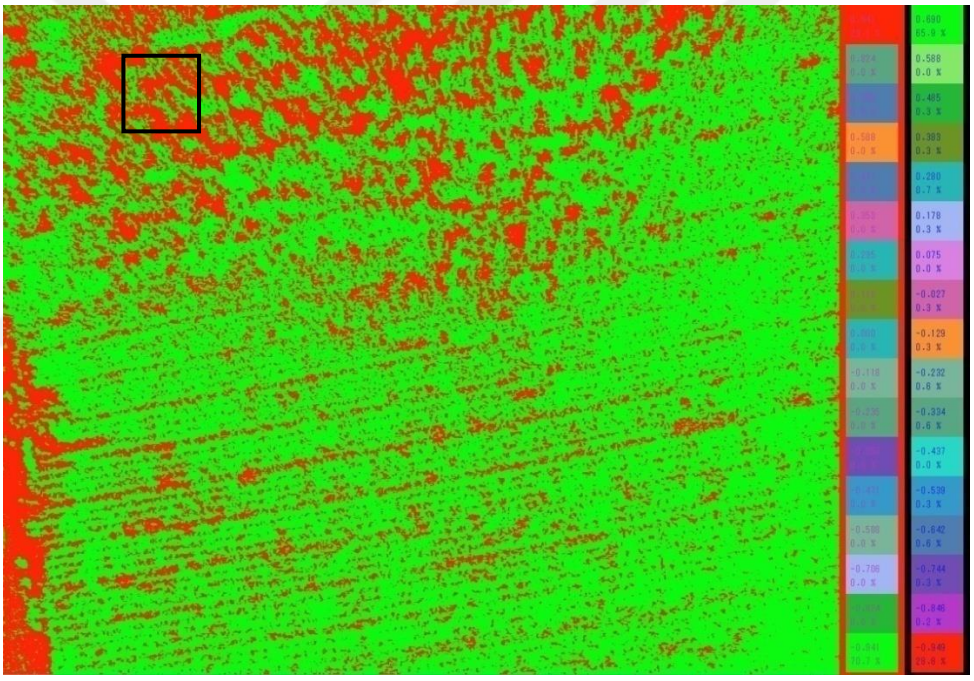
Artan yeşil biyokütle ile kırmızı spektrumdaki (630 690 nm) olay ışığı giderek daha fazla emilir. Bu kırmızı parlaklığın emiciliğinin artması, bitkisel örtünün klorofil içeriğiyle ters orantılıdır. Yakın kızılötesi spektrumdaki ışınlanma, absorpsiyon eksikliği ile tanımlanır ve fotosentetik olarak aktif doku tarafından yansıtılır. Yapılan araştırmalar, kırmızı ve yakın kızılötesi spektrumdaki dalga boylarını kullanarak yapılan analizlerin çeşitli oranlarda yeşil yaprak örtüsüne duyarlı olduğunu göstermiştir (Tucker, 1979).

Aydın ve Kayahan, (2013), yaptıkları çalışmada arazi üzerinden çiçeklenme öncesi çiçeklenme dönemi ve çiçeklenme sonrası olmak üzere her üç dönemde alınan görüntülerden hesaplanan farklı azot dozu uygulamalarına ait parsellerin ortalama NDVI değerleri 0.713 - 0.945 arasında değiştiğini bulmuştur. Bu çalışmaya bakıldığında NDVI değerleri bizim yaptığımız çalışmadaki NDVI değerlerinden yüksek bulunmuştur.

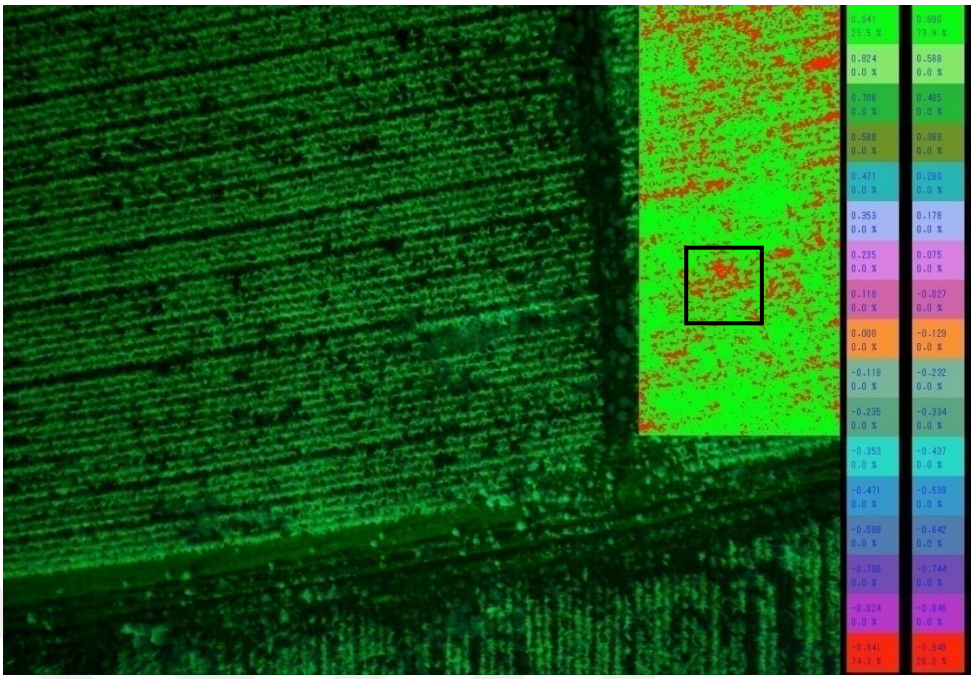
Araziden İHA'ya takılı multispektral kamera ile 25/10/2007 tarihinde R3-R4 döneminde (Tepe püskülü-Tozlaşma), 4. Uçuş ile alınan görüntülerin PixelWrench2 yazılımı ile hesaplanmış NDVI haritaları Şekil 4.7., 4.8., 4.9., 4.10., 4.11.,4.12., 4.13.'te verilmiştir. Görüntüler incelendiğinde bitki gelişiminin zayıf olduğu bölgelerde NDVI değerinin daha düşük olduğu görülürken; bitki gelişiminin iyi

(sağlıklı) olduğu alanlarda ise NDVI değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir (Yıldız ve Ark., 2012).

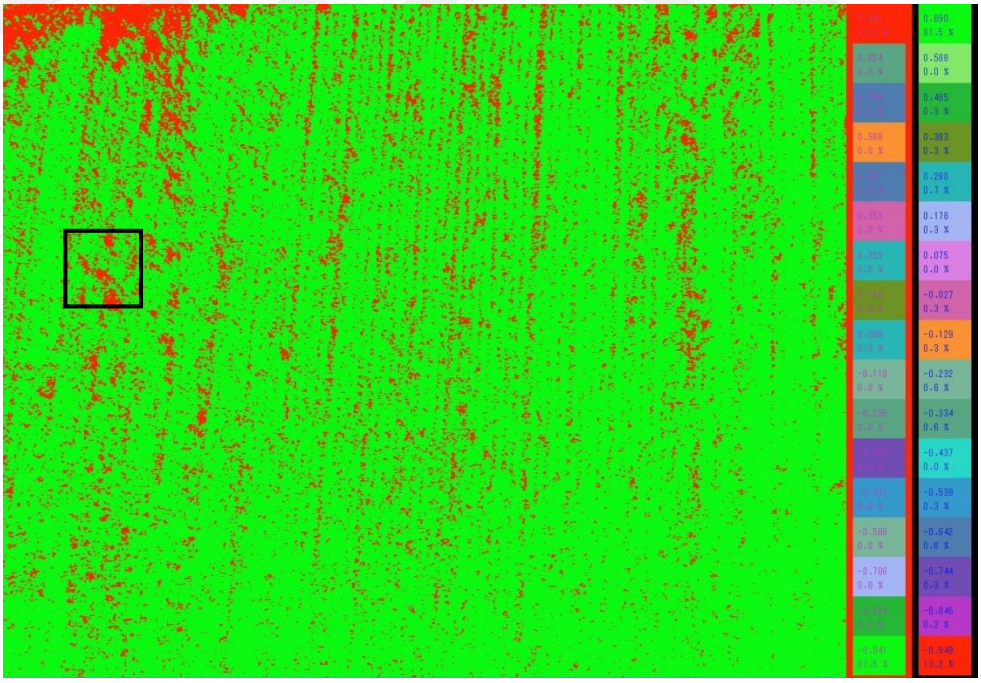
Bitkisiz alanlarda topraktan yansıyan yakın kızılötesi dalga boyundaki elektromanyetik enerjinin düşük, kırmızı dalga boyundaki yansıma değerler ise yüksek olduğundan; bitki yoğunluğunun az olduğu alanlarda ise NDVI değeri düşük olacaktır (Gandhi ve Ark., 2015). Bunun aksine bitki örtüsünün fazla olduğu durumda, yakın kızılötesi elektromanyetik enerjinin yansımasını yüksek, kırmızı dalga boyundaki yasıma ise düşük olacağından NDVI değerleri yüksek olacaktır (Benek ve Şahap, 2017).



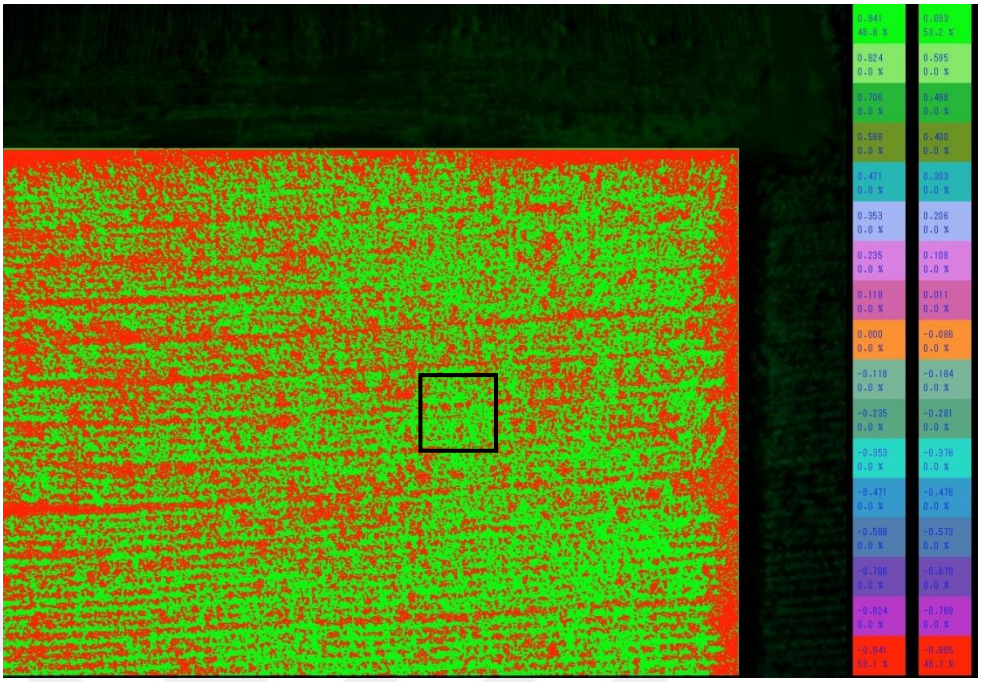
Şekil 4.8. Multispektral kamera tarafından alınan (25/10/2017) zayıf gelişme göstermiş I. parselin görünümü



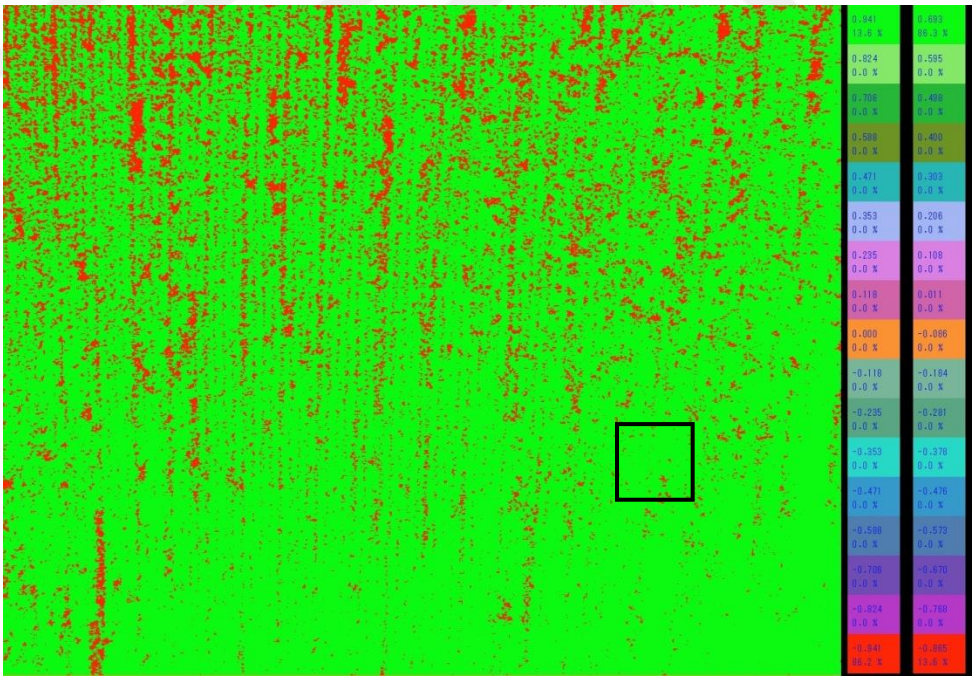
Şekil 4.9. Multispektral kamera tarafından alınan (25/10/2017) zayıf gelişme göstermiş II. parselin görünümü



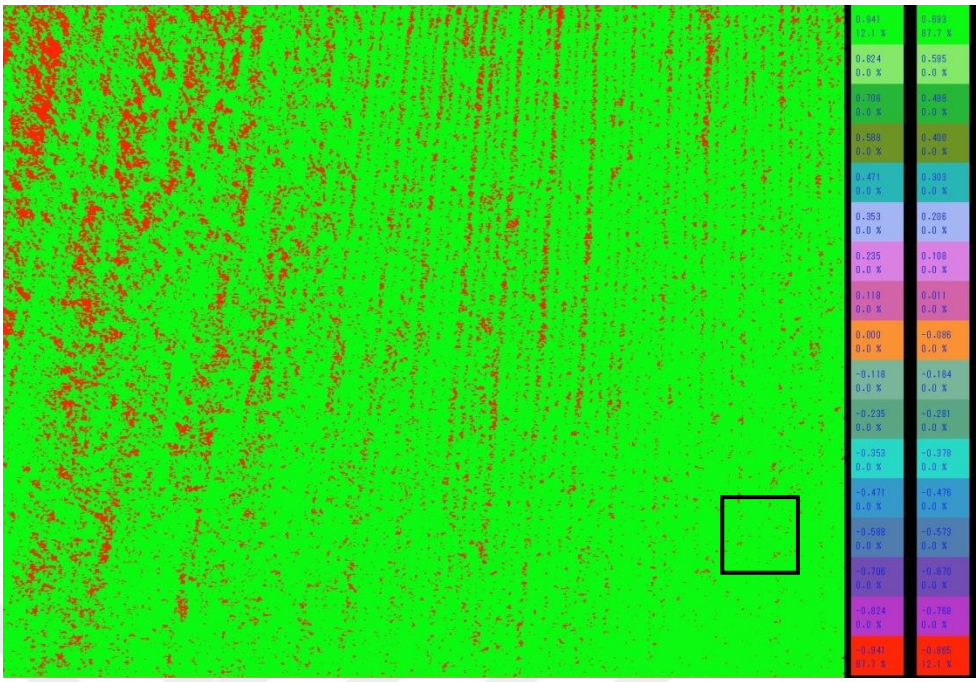
Şekil 4.10. Multispektral kamera tarafından alınan (25/10/2017) zayıf gelişme göstermiş V. parselin görünümü



Şekil 4.11. Multispektral kamera tarafından alınan (25/10/2017) iyi gelişme göstermiş III. parselin görünümü



Şekil 4.12. Multispektral kamera tarafından alınan (25/10/2017) iyi gelişme göstermiş IV. parselin görünümü



Şekil 4.13. Multispektral kamera tarafından alınan (25/10/2017) iyi gelişme göstermiş VI. parselin görünümü

Araştırma alanı test alanlarının NDVI değerleri arasında önemli fark bulunmaktadır (Çizelge 4.3). NDVI değerleri toprak nemi ve toprak yüzeyi sıcaklığından önemli derecede etkilenmektedir (Prasad ve ark. (2006). Bu çalışmada uçuşlar arasındaki NDVI değerlerindeki değişkenliğin çok fazla olmasının arazinin homojen bir şekilde sulanamamasından kaynaklanmaktadır.

Avdan ve ark. (2014), Azot dozu uygulamalarının dört farklı buğday çeşidi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında; hem buğday parsellerinden İHA ile alınan görüntülerden hesaplanan GNDVI değerleri hem de ile yersel spektrometre ölçümleri ile elde edilen verilerden üretilen NDVI değerleri arasında yüksek bir korelasyon olduğu bulunmuştur.

Teke ve Yardımcı, (2016), Harran Ovası'nda II. ürün mısır bitkisinin yetiştirilme alanını hesaplamak için Göktürk-2 uydu verilerini kullanmıştır. Çalışmada mısır bitkisinin NDVI değerlerini yaklaşık 0.250-0.835 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerler İHA ile elde edilen görüntülerden hesaplanan değerlerden genel olarak yüksektir. Düşük çözünürlüklü uydu görüntüleri parsel içerisindeki

heterojenliği yeterince ayırt edememesinden kaynaklanmış olabilir (Colwell ve ark., 1976);

4.4. Mısır Bitkisi NDVI Değerleri İle Azot İçeriği Ve Verim Değişkenleri Arasındaki İlişkiler

4.4.1. Mısır bitkisi NDVI değerleri ile azot içeriği arasındaki ilişkiler

Mısır bitkisinden alınan dane, sap ve toprak örneklerinin azot analiz sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Test parsellerindeki mısır bitkisi ortalama NDVI değerleri ve azot içeriği arasındaki Regresyon analizi sonuçlarına (Şekil 4.4.) baktığımızda 1. Uçuş (R^2 >0,45), 3. Uçuş (R^2>0,26), 4.Uçuş (R^2 >0,30) NDVI değerleri ile sap azot içeriği arasında ilişki bulunmasına karşın; korelasyon analizi sonuçlarına göre fark istatistiki olarak önemli değildir (Çizelge 4.4).

Genel olarak farklı dönemlerde ölçülen NDVI değerleri ile test parsellerindeki hasat dönemi mısır sap azot içeriği arasında önemli bir korelasyon bulunmamıştır. Hasat döneminde (senesens) genel olarak sap azot içeriğinin önemli bir kısmı diğer bitki organlarına aktarıldığından, sap azot içeriği ile farklı vejetasyon dönemlerde ölçülen NDVI değerleri arasında önemli bir korelasyon beklenmemektedir. Buna rağmen özellikle 4. Uçuşun (Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13) yapıldığı dönemde en yüksek korelasyon değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.4).

Aynı şekilde, genel olarak parsellerdeki NDVI değerleri ile dane azot içeriği arasında önemli fark bulunmamakta (Çizelge 4.4) ve korelasyonlar oldukça düşüktür (Şekil 4.15.)

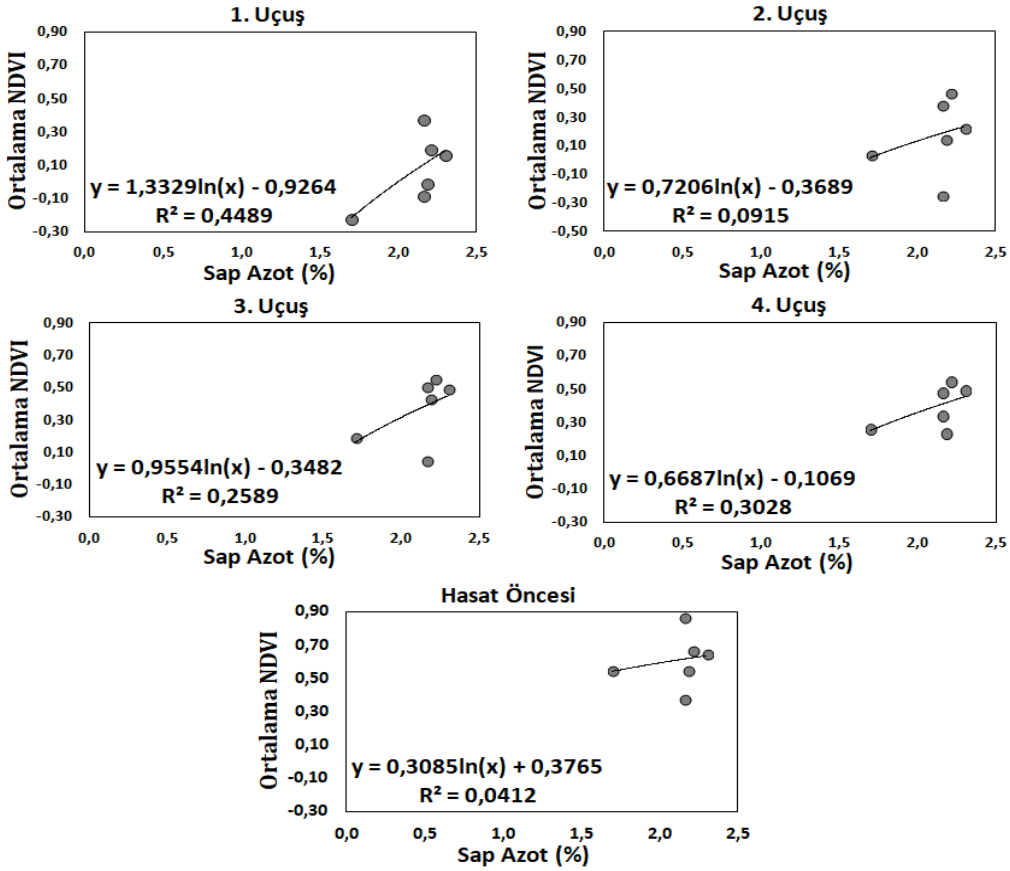
Çalışma materyali olarak seçilen mısır bitkisinden alınan NDVI değeri ile azot arasındaki ilişkinin düşük bulunmasının sebebi; çalışmanın kontrollü koşullarda yapılmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.4. Test parsellerinin farklı bitki gelişim dönemleri ortalama NDVI değerleri ile bitki sap ve dane azot içerikleri arasındaki ilişki

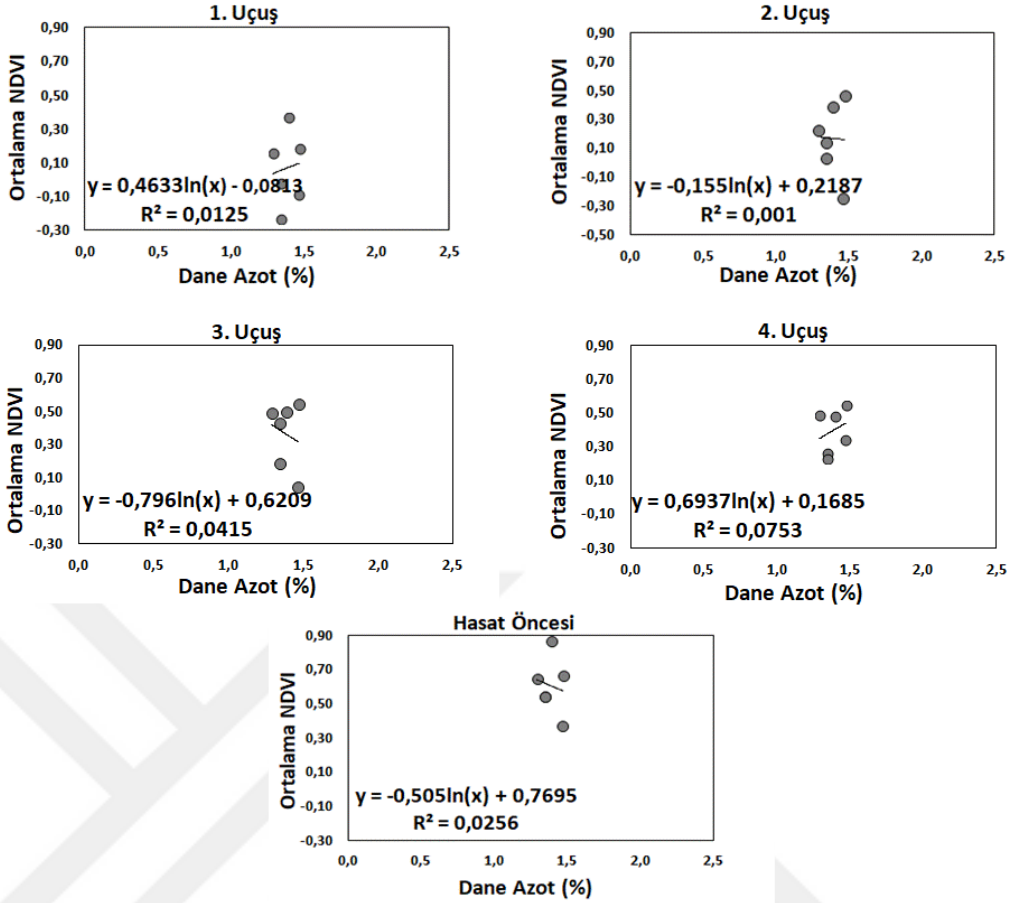
Korelasyon								
Pearson Korelasyon	1. Uçuş	2. Uçuş	3. Uçuş	4. Uçuş	Hasat Öncesi Uçuş	Sap Azot	Dane Azot	Toprak Azot
1. Uçuş	1							
2. Uçuş	0,762	1						
3. Uçuş	0,781	0,933**	1					
4. Uçuş	0,881*	0,748	0,624	1				
Hasat Öncesi Uçuş	0,710	0,851*	0,791	0,654	1			
Sap Azot	0,797	0,369	0,519	0,548	0,195	1		
Dane Azot	0,078	0,059	-0,195	0,284	-0,183	0,130	1	
Toprak Azot	-0,053	-0,251	-0,411	0,327	-0,357	-0,061	0,363	1

*. Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir.

**. Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.14. Test parsellerinin farklı bitki gelişim dönemleri Ortalama NDVI değerleri ve sap azot içeriği arasındaki ilişkiler



Şekil 4.15. Test parsellerinin farklı bitki gelişim dönemleri Ortalama NDVI değerleri ve dane azot içeriği arasındaki ilişkiler

4.4.2. Mısır bitkisi NDVI değerleri ile verim parametreleri (sap, dane, toplam ağırlık) arasındaki ilişkiler

Mısır test parsellerinin iha görüntülerinden hesaplanan NDVI değerleri ile mısır verim parametreleri (Sap, Dane, Toplam kuru ağırlık) pearson korelasyon analiz sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Test parsellerindeki mısır bitkisi farklı dönemlerde elde edilen görüntülerden hesaplanan ortalama NDVI değerleri ve sap kuru ağırlığı, dane kuru ağılığı ve toplam kuru ağırlık arasındaki Regresyon analizi sonuçları Şekil 4.16., 4.17., 4.18.'de görülmektedir. Buna sap kuru ağırlığı ile 1. Uçuş ($r = 0{,}90$), ve 2. Uçuş ($r > 0{,}856$), $p < 0.05$ düzeyinde pozitif yönde yüksek düzeyde ilişki olduğu görülürken, 4.Uçuş ile $p < 0.01$ düzeyinde pozitif yönde yüksek düzeyde ($r = 0{,}95$) ilişki bulunmaktadır. Test parselleri dane kuru ağırlığı ile 1. uçuş arasında $p < 0.01$ düzeyinde yüksek düzeyde ($r = 0.97$) ilişki varken; 4. uçuş arasında

$p<0.05$ düzeyinde yine yüksek düzeyde ilişki vardır. Hakeza dane kuru ağırlığında olduğu gibi toplam kuru ağırlık (biyokütle) ile 1. uçuş arasında $p<0.01$ düzeyinde dördüncü uçuş arasında $p<0.05$ düzeyinde pozitif yönde yüksek düzeyde ilişki bulunmaktadır (Çizelge 4.4.).

Araştırma alanı mısır test parsellerinde 1. Uçuş (31/08/2017) görüntülerinden hesaplanan NDVI değerleri ile; sap kuru ağırlığı arasında önemli $P<0.05$), kuru dane ağırlığı ve toplam kuru ağırlık arasında çok önemli ($P<0.01$) ilişki bulunmaktadır. Yine 2. Uçuş NDVI değerleri ile sap kuru ağırlık arasında ilişki önemlidir ($P<0.05$). Buna karşılık 4. Uçuş (25/10/2019) görüntülerinden hesaplanan NDVI değerleri ile; sap kuru ağırlığı arasında ilişki çok önemli ($P<0.01$), dane kuru ağırlığı ve toplam kuru ağırlık arasında önemli ($P<0.005$) ilişki bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Colwell ve ark. (1976)'na göre bir yerdeki verim, araziden araziye de değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenliklerin nedenleri, arazideki yetiştirme işlemleri, gübreleme, bitki yoğunluğu, toprak tipi, topoğrafyadaki farklılıklar gibi faktörlerle ilişkilidir.

Şekil 4.16'da görüldüğü gibi test parsellerinden hesaplanan ortalama NDVI ile sap kuru ağırlığı arasındaki korelasyonun (R^2) 0,42 - 0,92 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Test parsellerinin ortalama NDVI ve sap kuru ağırlığı arasında en iyi ilişki, 4. Uçuş sırasında alınan görüntülerden elde edilen NDVI değerlerinden elde edilmiştir.

Sonuçlara bakıldığında, 1. Uçuş ile verim değerleri oldukça şaşırtıcı bir şekilde yüksek bir korelasyon bulunmaktadır (Şekil 4.15). Mısır verim tahmini ile 1. Uçuş arasındaki korelasyonun yüksek olması verim tahminin bu dönemde yapılabilirliğini akla getirse de bu dönemde (V12-V13) alınan görüntüler sağlıklı sonuç veremeyecektir. Çünkü bu dönemden sonra herhangi bir stres faktörüne (hastalık ve zararlı, susuzluk, yüksek sıcaklık gibi) maruz kalan mısır bitkisi veriminde çok büyük farklılıklar olabilir. Teal ve ark. (2006) NDVI değerlerinin gelişiminin erken evrelerinde verim ile her zaman yakından ilişkili olmadığını göstermiştir.

Pearson korelasyon analizlerinde dikkat çekici verilerden biri de dane verimi ile toplam kuru ağırlık arasındaki ilişkinin sap kuru ağırlığı ile arasındaki ilişkiden

daha büyük olmasıdır. Bu da İHA ile yapılan verim tahmini çalışmalarının; planlamacı ve karar vericilere önemli bir katkı sağlayacağını açıkça göstermektedir.

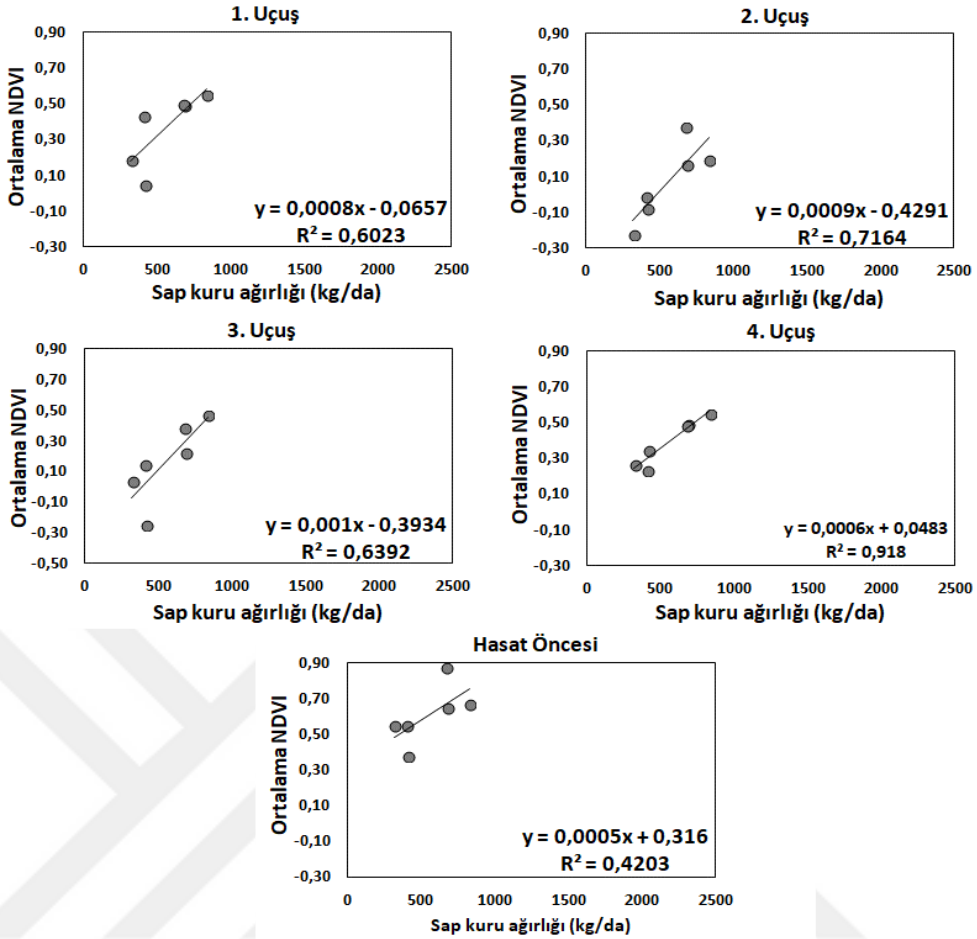
Çizelge 4.5. Ortalama NDVI değerleri ile mısır verim parametreleri arasındaki ilişki

Korelasyon								
Pearson Korelasyon	1. Uçuş	2. Uçuş	3. Uçuş	4. Uçuş	Hasat Öncesi Uçuş	Sap Kuru Ağırlık	Dane Kuru Ağırlık	Toplam Kuru Ağırlık
1. Uçuş	1							
2. Uçuş	0,762	1						
3. Uçuş	0,781	0,933**	1					
4. Uçuş	0,881*	0,748	0,624	1				
Hasat Öncesi Uçuş	0,710	0,851*	0,791	0,654	1			
Sap Kuru Ağırlık	0,900*	0,850*	0,777	0,952**	0,635	1		
Dane Kuru Ağırlık	0,971**	0,713	0,786	0,832*	0,574	0,897*	1	
Toplam Kuru Ağırlık	0,970**	0,772	0,801	0,889*	0,606	0,950**	0,990**	1

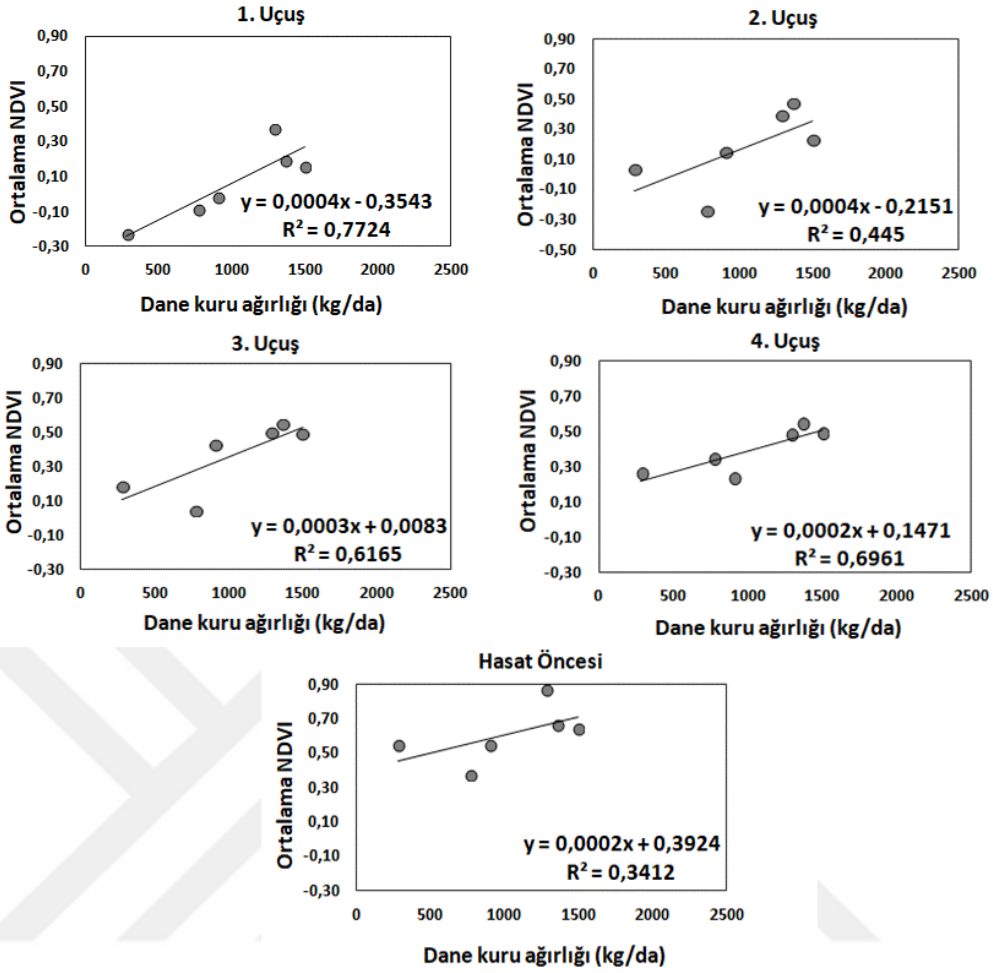
*. Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir.

**. Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir.

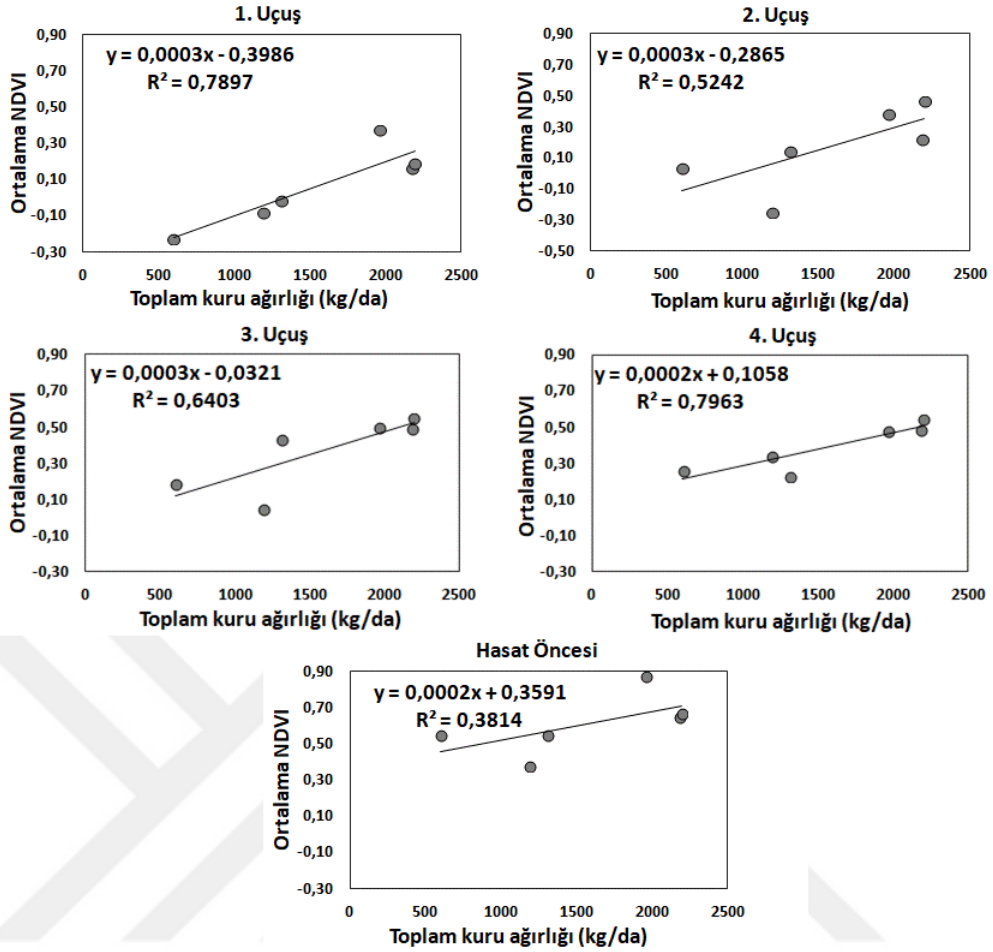
Bununla birlikte 4. Uçuşta (koçan püskülü çıkarma, Tozlaşma öncesi dönem) elde edilen NDVI değerleri ile mısır bitkisinin sap ve dane ve toplam verim tahminini arasında da oldukça yüksek bir korelasyon (sırasıyla R^2= 0.92, 0.70, 0.80) bulunmaktadır (Şekil 4.15, 4.16, 4.17). Prasad ve ark. (2006), uydu verilerinden yararlanarak mısır verimi üzerine yaptıkları bir çalışmanın sonucuna bakıldığında, tahmin edilen verim ile ölçülen verim arasında yüksek bir korelasyon (R^2 =0.86) bulmuşlardır. Bronsveld ve ark. (2017), İHA ile mısır verim tahmini için yaptıkları çalışmada; tepe püskülü döneminde ve olgunlaşma döneminde sırasıyla (R^2 0.68), (R^2 0.85) düzeyinde ilişki bulmuşlardır.



Şekil 4.16.Test parsellerinin ortalama NDVI ve sap kuru ağırlık arasındaki ilişkiler



Şekil 4.17.Test parsellerinin ortalama NDVI değerleri ile dane kuru ağırlık arasındaki ilişkiler



Şekil 4.18. Test parsellerinin ortalama NDVI ve toplam kuru ağırlık arasındaki ilişkiler

Mkhabela ve ark. (2005), yaptığı bir çalışma sonucunda, NDVI değerleri ülkenin dört tarımsal ekolojik bölgesinden üçünde mısır verimini tahmin etmek için etkili bir şekilde kullanılabileceğini ve doğru bir verim tahmini yapmak için en uygun zamanın, hasattan en az 2 ay önce yapılabilir olduğunu belirtmiştir. Aydın ve ark. (2013), Konya ilinde silajlık mısır bitkisi verimi tahmini üzerine yapılan çalışma, araştırmacılar uzaktan algılama yöntemlerinden faydalanarak elde ettikleri NDVI değerleri ve verim değerlerini karşılaştırmışlardır. En yüksek ilişki R^2=0.945 olarak çiçeklenme döneminde elde edilen görüntüler ile verim arasında bulunmuştur. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlar neticesinde çiçeklenme döneminde mısır bitkisi görüntülerinden alınan NDVI değerleri verim tahmininde kullanılabileceğini belirtmiştir.

4.4.3. Mısır bitkisi NDVI değerleri ile besin elementleri içeriği

Çizelge 4.6'da belirtildiği gibi mısır bitkisi kuru ağırlığı ile dane besin içerikleri arasında yüksek bir ilişki olmasına rağmen sadece potasyum, demir ve magnezyum ile dane kuru ağırlığı arsında 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Genel olarak bitki ağırlıkları ile dane besin elementleri arasındaki ilişkinin yüksek olduğu potasyum, demir ve magnezyum dışında diğer besin elementleri bitki ağırlığına etki etmemiş ve korelasyon sonucunda önemli bulunmamıştır. Heckman ve ark. (2003), yaptıkları bir çalışmada mısır tanelerindeki potasyum konsantrasyonlarının verim düzeyleri ile pozitif ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Mısır bitkisinin sap ve dane fosfor konsantrasyon içeriği oldukça düşük bulunmuştur. Kireçli topraklarda (yüksek pH) bulunan fosfor ile kalsiyum çözünmez bir bileşik oluşturur ve bitki tarafından alınımı azalır (Lithourgidis ve ark, 2007).

Fosfor bitki dokularında azot kadar büyük miktarlarda bulunmamasına rağmen, bitki hücresinde meydana gelen birçok önemli metabolik fonksiyonda rol oynar (Johnston ve Dowbenko, 2004).

Mısır bitkisinin sap ve dane potasyum konsantrasyon içeriği bakımından oldukça düşük bulunmuştur. Bunun sebebi potasyumun Ca ve Mg elementleri ile arasındaki antagonist etkiden dolayı potasyum alınımını sınırlar (Kaçar ve Katkat, 2010).

Analiz sonucunda elde edilen kalsiyum düzeyi Çizelge 4.2'deki sınır değerinden çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu düzeyin yüksek olmasının sebebi mısır tarımının yapıldığı arazinin kireç içeriğinin yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

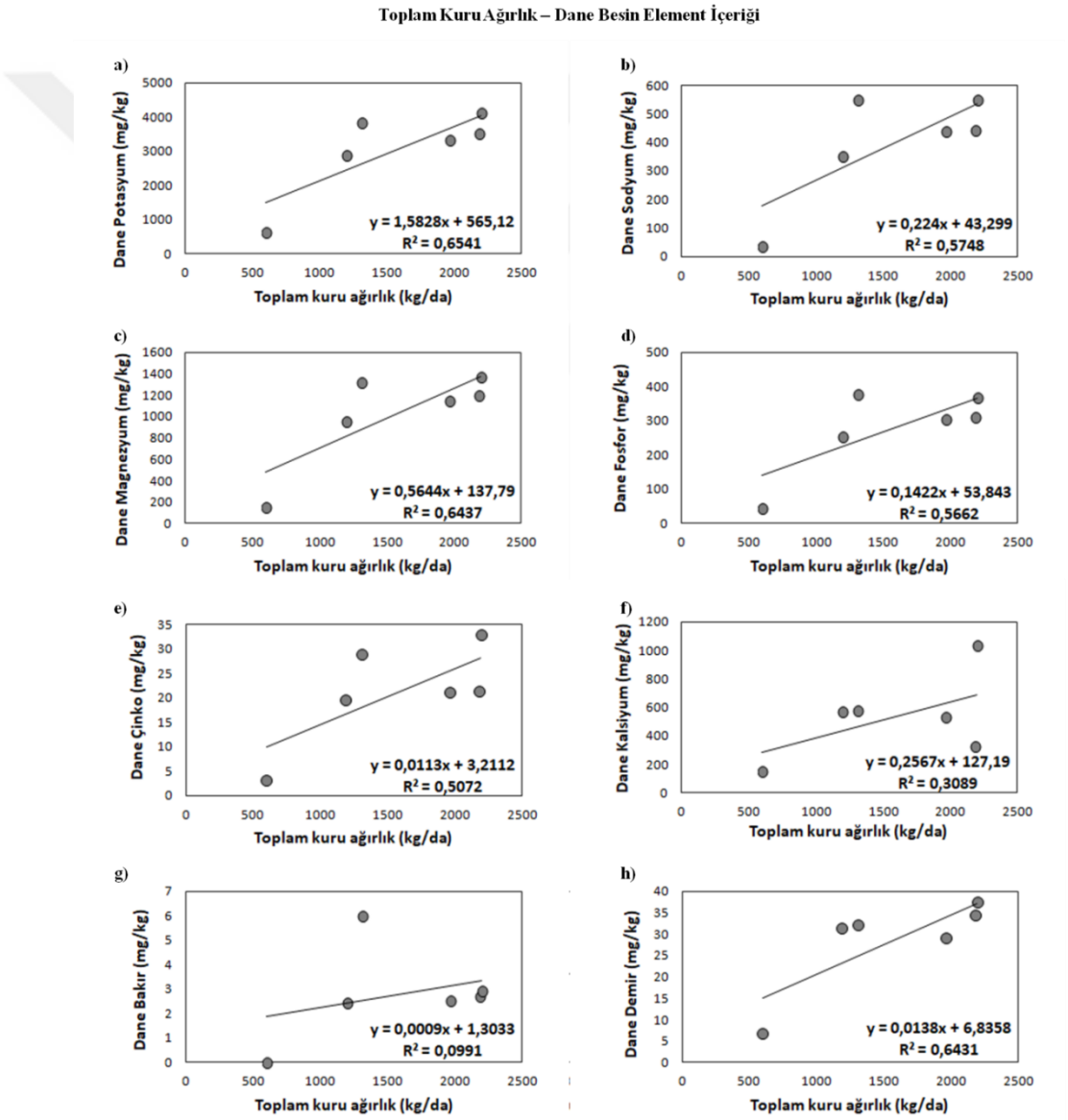
Çizelge 4.6. Mısır bitkisi verimi ile dane besin elementi ilişkisi

Korelasyon											
Pearson Korelasyon	Sap Kuru Ağırlık	Dane Kuru Ağırlık	Toplam Kuru Ağırlık	Dane Potasyum	Dane Magnezyum	Dane Sodyum	Dane Fosfor	Dane Çinko	Dane Kalsiyum	Dane Bakır	Dane Demir
Sap Kuru Ağırlık	1										
Dane Kuru Ağırlık	0,897*	1									
Toplam Kuru Ağırlık	0,950**	0,990**	1								
Dane Potasyum	0,681	0,840*	0,809	1							
Dane Magnezyum	0,664	0,838*	0,802	0,999**	1						
Dane Sodyum	0,627	0,792	0,758	0,994**	0,995**	1					
Dane Fosfor	0,610	0,792	0,752	0,994**	0,996**	0,999**	1				
Dane Çinko	0,635	0,724	0,712	0,969**	0,960**	0,976**	0,969**	1			
Dane Kalsiyum	0,636	0,502	0,556	0,740	0,716	0,738	0,715	0,853*	1		
Dane Bakır	-0,213	0,026	-0,049	0,445	0,461	0,532	0,537	0,513	0,203	1	
Dane Demir	0,671	0,835*	0,802	0,970**	0,964**	0,941**	0,946**	0,920**	0,721	0,301	1

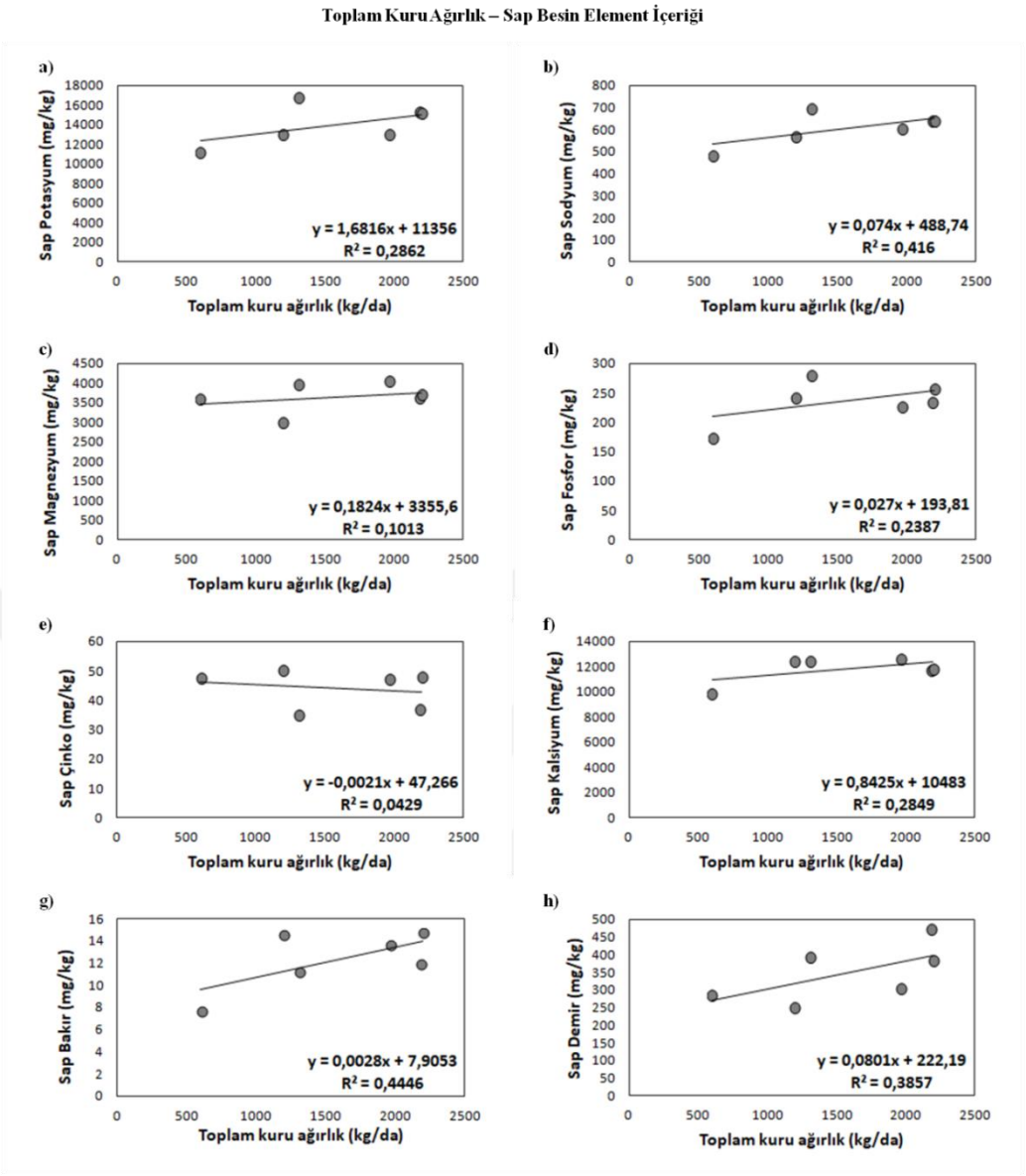
*. Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir.

**. Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir.

Bitki toplam kuru ağırlık ile dane besin element içerikleri arasında ilişki genel olarak sap kuru ağırlığı arasındaki ilişkiden daha yüksektir (Şekil 4.18,4.19, 4.20) Aşağıdaki şekillerde de görüldüğü gibi en yüksek ilişki potasyum, demir ve magnezyum içeriğinde bulunmuştur. Heckman ve ark. (2003), mısır tanelerindeki K konsantrasyonlarının verim düzeyleri ile pozitif ilişkili olduğunu bildirmiştir. Ayrıca demir ve magnezyum ilişki değerleri birbirine oldukça yakındır. Bunun sebebi demir ve magnezyum elementlerinin bitkideki klorofil ve fotosentez gibi benzer işlevler üzerinde etkili olmasından kaynaklanır **(**Kacar ve Katkat, 2010).



Şekil 4.19. Mısır bitkisi dane besin elementi içeriği



Şekil 4.20. Mısır bitkisi sap besin elementleri içeriği

Bitki toplam kuru ağırlık ile sap besin element içerikleri arasında genellikle orta düzeyde ilişki vardır. Yukarıdaki Şekil 4.9'da görüldüğü gibi en yüksek ilişki bakır ve sodyum içeriğinde bulunmuştur.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Mısırda verim ve bazı verim değişkenlerinin NDVI kameralı alçak irtifa insansız hava aracı kullanılarak tahmin edilmesi amacıyla yapılmıştır. Yapılan bu çalışmanın sonuçları göz ününe alındığında farklı zamanlarda elde edilen görüntülerin NDVI değerleri bitki gelişimi arttıkça buna paralel bir şekilde arttığı gözlemlendi. Yapılan verim tahmini değerleri ile NDVI değerleri arasında yüksek regresyon ilişkileri bulunmuştur.

İnsansız hava aracı (İHA) tabanlı NDVI görüntülerinin mısır biyokütlesini doğru bir şekilde tahmin edebildiğini ve tozlaşmadan önce R^2'nin 0.89'dan daha yüksek bir değerle elde edilebildiğini göstermiştir. Bunların sağlaması da SPSS programında Pearson korelasyon sonuçları 0,01 ile 0,05 düzeyinde önemli ilişkiler elde edilerek yapılan istatistiksel olarak desteklemiştir. Daha önce yapılan birçok çalışma NDVI değerleri ile verim tahmini arasındaki ilişkiyi yüksek değerler elde etmiş ve bu da yaptığımız çalışmayı destekler niteliktedir.

Bitki gelişiminin ilk dönemler olan 1. Uçuş görüntülerinden üretilen NDVI değerleri ile mısır verim tahmini arasında yüksek korelasyon bulunmuştur. Ancak verim tahminlerinin ilk uçuş değerlendirilmesi yapılması sağlıklı olmayabilir. Zira bu dönemden sonra herhangi bir stres faktörüne (hastalık ve zararlı, susuzluk, yüksek sıcaklık gibi) maruz kalan mısır bitkisi veriminde çok büyük farklılıklar olabilir. Uzaktan algılama ile verim tahmini yapan araştırıcılar; bir alandaki verim değişimi nedeninin önemli bir kısmının bazen sadece tek bir kültürel faktörün etkisiyle olabileceğini bu nedenle sağlıklı verim tahminleri için yüksek çözünürlüklü görüntüler gerekmektedir.

Genel olarak İHA görüntülerinden hesaplanan NDVI değerleri ile mısır test parsellerindeki verim parametreleri arasında bir korelasyon bulunmamıştır. Hasat döneminde genel olarak sap azot içeriğinin önemli bir kısmı sensense nedeni ile diğer bitki organlarına aktarıldığından, sap ve dane azot içeriği ile farklı vejetasyon dönemlerde ölçülen NDVI değerleri arasında önemli bir korelasyon

beklenmemektedir. Buna rağmen özellikle 4. ucusun yapıldığı dönemde en belirgin korelasyon değerleri bulunmuştur.

Mısır bitkisi kuru ağırlığı ile dane besin içerikleri arasında yüksek bir ilişki olmasına rağmen sadece potasyum, demir ve magnezyum ile dane kuru ağırlığı arsında 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu besin elementleri dışında sap ve dane besin elementi ile mısır bitkisi kuru ağırlığı arasında korelasyon önemli bulunmamıştır.

Sonuç olarak mevcut çalışma, erken vejetasyon döneminde İHA ile gözlemlenen NDVI değerleri ile mısır verim tahmini yapmanın mümkün olabileceğini göstermekle beraber; bu daha sonraki dönemde ortaya çıkabilecek bazı stres faktörlerini verimi etkileyeceğinden dolayı bazı riskler taşıması olasıdır. Ancak sonuçlar tozlaşma dönemi verim tahminin daha yüksek bir doğrulukla elde edilebileceğini açıkça göstermiştir. Özellikle dane verimi ile toplam kuru ağırlık arasındaki ilişkinin sap kuru ağırlığı ile arasındaki ilişkiden daha yük olması iha ile yapılan verim tahmini çalışmalarının; planlamacı ve karar vericilere önemli bir katkı sağlayacağını açıkça göstermektedir.

NDVI değerleri sadece verim çalışmaları için değil bitki üzerine oluşabilecek birçok stres faktörünü belirlemek için kullanılabilir bir indekstir. Bunun için İHA'lardan elde edilen NDVI değerleri bitki stres faktörlerini kısa zamanda belirleyebilir ve gerekli önlemleri almak isteyen üreticiler için büyük imkanlar sunabilir. NDVI değerleri ile yetiştiriciliği yapılan diğer bitkilerin de verim tahmininin hasattan önce önemli düzeyde bilgi sağlayabilir.

Bu çalışmada görüntüler, yaklaşık 100 m yükseklikte, farklı tarihlerde ve öğle 12 ile ikindi 16 saatleri arasında İHA ile alınmıştır. Alınan bu görüntülerin kontrast değerleri arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu farklılıkların NDVI değerleri üzerinde etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmalar verim tahmini, için önemli bir gösterge olmakla birlikte gerek tüm Harran ovası gerekse de diğer bölgelerde verim tahmini için büyük veri setleri ve algoritmalar geliştirmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulabilir.

KAYNAKLAR

AKALIN, A., 1997. İklim verilerinden yararlanılarak Türkiye bugday üretiminin tahmini. Basbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Baskanlıgı,Uzmanlık tezi, Ankara.

ANONİM. (2019). Türkiye İstatistik Kurumu Verileri. http://www.tuik.gov.tr. Erişim tarihi:13.03.2019.

ANONİM, 2019.Türkiye İstatistik Kurumu Verileri. http://www.tuik.gov.tr. Erişim tarihi:13.03.2019.

ANONYMOUS. (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.faostat.fao.org/. Erişim tarihi:13.03.2019

AVDAN, U., BİLGET, Ö., ÇÖMERT, R., SAVAŞLI, E. ve ÖNDER, O., 2014. İnsansız Hava Araçları Yardımı İle Tarımsal Alanlarda Yeşil Bant Edilmiş Normalize Bitki İndeksi Hesaplanması. Tepebaşı, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü.

AYDIN, C., ve KAYAHAN, N. (2013). Uzaktan Algılama Kullanılarak Silajlık Mısır Veriminin Tahminlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Konya, s. 33-40.

BABAOĞLU, M., 2005. Mısır ve Tarımı (Zea mays L.). Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü EDİRNE, s. 8.

BALAGHI, R., TYCHON, B., EERENS, H., and JLIBENE, M., 2008. Empirical regression models using NDVI, rainfall and temperature data for early prediction of wheat grain yields in Morocco. International Journal of Applied Earth Observation, 10; 438-452.

BANNARI, A., MORIN, D., BONN, F., and HUETE, A. R., 1995. A Review of Vegetation Indices. Remote Sensing Reviews,13(1); 95-120.

BENEDETTI, R., and ROSSINI, P., 1993. On the use of NDVI profiles as a tool for agricultural statistics: The case study of wheat yield estimate and forecast in Emilia Romagna. Remote Sensing of the Environment, 311-326.

BOISSARD, P., GUERİF, M., POINTEL, J., and GUINOT, J.P., 1989. Application of SPOT data to wheat yield estimation. Inra Station de Bioclimatologie, 7-8850 Thiverval Grignon, France, 9 (1); 143-154 p.

BOOLTİNK, H.W.G., and J. VERHAGE., 1997. Integration of remote sensing, modeling and field measurements towards an operational decision support system for precision agriculture. Oxford, United Kingdom. Bioss Scientific Publ. Ltd. In J.V. Stafford (ed) Precision Agriculture.

BOYER, J. S., 1982). Plant productivity and envi ronment Science, 218, 443-448 p.

CARBONE, G., NARUMALANİ, S., and KİNG, M. (1996). Application of remote sensing and GIS technologies with physiological crop models. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62(2); 171-179 p.

CARTER, G. A., (1993). Ratios of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. International Journal of Remote Sensing, 697-703 p.

COLWELL, J., RICE, D., and NALEPKA, F. R. (1976). Wheat Yield Forecasts Using Landsat Data. Ann Arbor Michigan.: Environmental Research Institute Of Michigan, 78, 1245-1254 p.

ÇAMOĞLU, G., AŞIK, Ş., ve GENÇ, L. Mısır Bitkisinin Su Stresine Karşı Spektral Tepkileri. ÇANAKKALE, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 3 (1); 37-43.

ÇULLU, M. A. (2003). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Toprak Tuzluluğunun Ürün Verimi Üzerine Etkisinin Tahmin Edilmesi. Turk J Agric For, s. 23-28.

DEERING, D. (1978.). Measured by Aircraft and Spacecraft Sensors, Ph.D. Dissertation,. Texas A and M University: College Station, Texas, 338 p.

DOWSWELL, R.C., PALIWAL, R.L, and CANTRELL, R.P., 1996. Maize in the Third World. Westview Press, Colorado, USA, 268 p.

DURAN, C. (2007). Uzaktan Algılama Teknikleri ile Bitki Örtüsü Analizi DOĞU Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Doa Dergisi (Journal Of Doa), 13, 45-67

El-MEZOUAR, M. C., TALEB, N., KPALMA, K., and RONSIN, J. (2010). A New Intensity-Hue-Saturation Fusion Technique with Color Distortion Reduction for IKONOS Imagery. IEEE 5th International Conference of Sciences of Electronic, Technologies of Information and Telecommunications, Hammamet, Tunisia, 408 p.

ESQUERDO, J. C., and J. F. G. ANTUNES, D. G. (2007). Use of NDVI/AVHRR time-series profiles for soybean crop monitoring in Brazil. International Journal of Remote Sensing, 3711-3727 p.

FEDERER, C. A., and TANNER, C. B. (1966). Spectral distribution oflightin the forest. Ecology, 47 p.

GARDINER, D. T., and MILLER, R. W. (2008). Soils In Our Environment. Upper Saddle River, N.J. il. (Algunas Col.), Mapas (Algunos Col.), 13-21 p.

GATES, D. M., KEEGAN, H. J., SCHLETER, J. C., and WEIDNER, V. R. (1965). Spectral Properties Of Plants. Applied Optics, . 4(1); 11-20.

GOWER, T., J., S., KUCHARIK, C., and M. NORMAN, J. (1999). Direct and Indirect Estimation of Leaf Area Index, fAPAR, and Net Primary Production of Terrestrial Ecosystems. Remote Sensing of Environment,70, 29-51 p.

GÜNDOĞAN, R., ve K, S. (2017). Alçak İrtifa İnsansız Hava Araçlarının Oyuntu Erozyonu İzlenmesinde Ve Toprak Kayıplarının Tahmin Edilmesinde Kullanılması. Kahramanmaraş: Fen Bilimleri Enstitüsü.

GÜNDOĞDU, S. K., ve BANTCHINA, B. B. (2018). Landsat Uydu Görüntülerinden NDVI Değer Dağılımının Parsel Bazlı Değerlendirilmesi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çiftlik Arazisi Örneği. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32 (2); 45-53.

HATFIELD, J. L., GITELSON, A. A., SCHEPERS, J. S., and WALTHALL, C. L. (2008). Application of Spectral Remote Sensing for Agronomic Decisions. Agronomy Journal, 100 (3); 117-131.

HAYES, M. J., and DECKER, W. L. (1996). Using NOAA AVHRR data to estimate maze production in the United States Corn Belt. International Journal of Remote Sensing, 17(16); 3189-3200.

HECKMAN, J., SİMS, J., BEEGLE, D., COALE, F., HERBERT, S., and BRUULSEMA, T. (2003). Nutrients removal by corn grain harvest. Agronomy Journal, 95, 587-591 p.

İnternet Erişimi. http://www.tuik.gov.tr/PreÇizelge.do?alt_id=1001. (2019), Erişim tarihi 01.08.2019.

İnternet Erişimi. https://www.google.com. (2019). search?q= bitki+ +yans% C4% B1ma+de%C4%9 Ferleri and tbm, Erişim tarihi 01.08.2019.

İnternet Erişimi. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m = SANLIURFA. (2019). MGM. adresinden alınmıştır, Erişim tarihi 01.08.2019.

İnternet Erişimi. https://www.farmersweekly.co.za/crops/field-crops/maize-production-managing-critical-plant-growth-stages/, Erişim tarihi 01.08.2019.

HUETE, A. (August 1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 25 (3); 295-309.

HUNT, E., DAUGHTRY, C., MIRSKY, S., and HIVELY, W. (2014). Remote Sensing With Simulated Unmanned Aircraft Imagery For Precision Agriculture Applications. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 1-6.

İDİKUT, L., ve YILDIZ, Ş. (2018). Birinci Ürün Mısırda Farklı Dozlarda Fosfor Uygulamasının Tane Verimi ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisinin Kahramanmaraş Koşullarında Araştırılması. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 5(2), 211–221.

JACOBS, S., HELMER, H., DOAKE, C. S., and JENKINS, A. (1992). Melting of ice shelves and the mass balance of Antarctica, 38 (130); 375-387.

JOHNSTON, A., DOWBENKO, R., BITTMAN, C., ve KOWALENKO, G. (2004). Essential elements in corn. Advances in Silage Corn Management. Pacific Field Corn Association, Agassiz, BC, Canada, 23-27 p.

JOSEPH, K., ALLEY, M., BRANN, D., and GRAVELLE, W. (1985). Effect of row spacing and seeding rate on yield and yield components of soft red winter wheat. Agron. Journal, 77, 211 - 214 p.

KABAKCI, Y., ve TANRIVERDİ, M. (2000). Harran Ovasında ikinci Ürün Olarak Yetiştirilebilecek Mısır Çeşitlerinin Belirlenmesi Harran Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Faaliyet Raporu. Akçakale, Şanlıurfa.

KACAR, V., ve KATKAT, B. (2010). Bitki Besleme. 5. Baskı,. Kızılay-Ankara: Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti.

KAPOI, J. K., BOİTT, M. K., MUNDIA, C. N., and PELLIKKA, P. K. (2015). Land Suitability Assessment For Effective Crop Production, a Case Study of Taita Hills. Kenya.

KARAKAS, S. (2004). Cografik bilgi sistemi ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak toprak özellikleri ile pamuk verimi arasındaki ilişkinin belirlenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Şanlıurfa.

KİP, Z. (2013). İha Görüntülerinin Anlamlandırılması Üzerine Bir Sistem Analizi Çalışması. Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

KURUCU, Y., ALTINBAS, Ü., ve BOLCA, M. (2000). Ege'de pamuk alanlarının ve ürün rekoltesinin uzaktan algılama teknigi kullanılarak belirlenmesi. İzmir Ticaret Borsası. İzmir:

LABUS, M. P., LAWRENCE, R. L., ENGEL, R., and LONG, D. S. (2002). Wheat yield estimates using multi-temporal NDVI satellite imagery. International Journal of Remote Sensing, , 23(20), 4169-4180.

LAMKEY, K., and HALLAUER, A. (1987). Heritability estimated from recurrent selection. Argonomy Publications, 32 (1); 61-78 p.

LELONG, C. C., BURGER, P., JUBELIN, G., ROUX, B., LABBE, S., and BARET, F. (2008). Assessment Of Unmanned Aerial Vehicles Imagery For Quantitative Monitoring Of Wheat Crop İn Small Plots, 8(5); 3557-3585 p.

LEROUX, L., CASTETS, M., BARON, C., ESCORIHUELA, M., BÉGUÉ, A., and LO SEEN, D. (2019). In West Africa, corn yield estimation is derived from combinations of multi-field remote sensing indices derived from the crop process. European Journal of Agronomy, 108, 11-26 p.

LITHOURGIDIS, A., MATSI, T., BARBAYIANNIS, N., and DORDAS, C. (2007). Effect of liquid cattle manure on corn yield, composition, and soil properties. Agronomy Journal, 99 (4); 1041-1047 p.

LIU, W. T. (2002). Monitoring Brazilian soybean production using NOAA/AVHRR based vegetation condition indices. International Journal of Remote Sensing, 23 (6); 1161-1179 p.

LYNCH, A. L. (2007). Modeling technical change in Midwest corn yields, 1895-2005: A time vary regression approach. Paper presented at the American Agricultural Economics Annual Meeting, Portland, 1-16 p.

MANSOUR, M. (2003). Use of remote sensing for explaining variations of relative yield of pistachio trees. ITC, International InstituteForGeo-Information Science and Earth Observation Enschede, the Nedherlands.

MASELLI, F., CONASE, C., PETKOV, L., and GILABERT, M. A. (1993). Environ Mental Monitoring And Crop Forecasting İn The Sahel Through The Use Of Noaa Ndvı Data.

MASELLI, F., CONASE, C., PETKOV, L., and GILABERT, M. (1992). Use of NOAA-AVHRR NDVI data for environmental monitoring and crop forecasting in the Sahel. Preliminary results. International Journal of Remote Sensing, , 13(14), 2743-2749.

MKHABELA, M., RAJBS, B., and YANG, W. (2011). Crop yield for ecasting On The canadian prairies using MODIS NDVI Data. Agricultura land forest meteorology, 153 (3); 385-393.

MKHABELA, S. A., MKHABELA, S. K., and N.MASHININIC. Early Maize Yield Forecasting İn The Four Agro-Ecological Regions Of Swaziland Using Ndvı Data Derived From Noaa's-Avhrr. Agricultural And Forest Meteorology. 129 (1-2); 1-9 p.

MORIONDO, M., MASELLI, F., and BINDIA, M. (Issue 3, April 2007). A simple model of regional wheat yield based on NDVI data. European Journal of Agronomy, 26, 266-274 p.

NACHTERGAELE, J., and POESEN, J. (1999). Assessment of soil losses by ephemeral gully erosion using high-altitude (stereo) aerial photographs. Earth Surface Processes and Landforms, 24 (8), 693–706.

NAGLER, P. L., GLENN, E., THOMPSONA, T. L., and A., H. (2004). Leaf area index and normalized difference vegetation index as predictors of canopy characteristic sand light interception byriparian species on The Lower Colorado River. Agricultural and Forest Meteorology, Elsevier Science Inc, 10, 0168-1923

ÖZCAN, S. (2009). Modern Dünyanın Vazgeçilmez Bitkisi Mısır: Genetiği Değiştirilmiş(Transgenik) Mısırın Tarımsal Üretime Katkısı. Türkiye Bilimsel Derlemeler Dergisi, 2(2); 1-34.

ÖZYİĞİT, Y., ve BİLGEN, M. (2001). Antalya Koşullarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Bazı Mısır (Zea Mays) Çeşitlerinde Farklı Hasat Dönemlerinin Verim Öğeleri Üzerine Etkisi. ANTALYA: Akdeniz Üniversitesi, 07059, s. 1-4

PLANT, R. E., MUNK, D. S., ROBERTS, B. R., VARGAS, R. L., RAINS, D. W., and TRAVIS, R. L., (2000). Relatıonshıps Between Remotely Sensed Reflectance Data And Cotton Growth And Yıeld. Transactions Of The Asae., 43(3); 535-546.

PRASAD, A. K., CHAI, L., SINGH, R. P., and KAFATOS, M. (2006). Crop yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 8, 26-33.

PRETTY, K. M., and SANDERS, J. (1985). Maximizing the yield of perennial crops through integrated management. International Conference on Soil and Nutrient of Perennial Crops (ICOSANP). Malay. Soc. of Soil Sci., s. 329-345.

QUARMBY, N. A., MILNES, M., HINDLE, T. L., and SILLEOS, N. (1993). The use of multi- temporal NDVI measurements from AVHRR data for crop yield estimation and prediction, 14 (2) 199-210.

QUARMBY, N. A., MILNES, M., HINDLE, T. L., and SILLEOS, N. (1991). The use Of Multi-Temporal Ndvı Measure ments from Avhrr Data for cro pyield estimation and prediction. 199-210.

RASMUSSEN, M. S. (1991). Assessment of millet yield sand production in northern Burkina Faso using integrated NDVI fromthe AVHRR, 3431-3442 p.

RASMUSSEN, M. S. (1992). Assessment of millet yields and production in northern Burkina Faso using integrated NDVI from the AVHRR. International Journal of Remote Sensing , 13(18); 3431-3442.

REN, J., CHEN, Z., ZHOU, Q., and TANG, H. (2008). Regional yield estimation for winter wheat with MODIS-NDVI data in Shandong, China. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation , 10(4); 403-413.

ROUSE, J., HASS, R., WELL, J., and DEERING, D. (1973,). Monitoring vegetation systems in the great plains with erts,. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, , Vol. I: Technical Presentations Section A: 309–317.

SCHEPERS, J. S., FRANCIS, D. D., and VIGIL, M. (1992). Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. Communications in Soil Scienceand Plant Analysis,, 23, 2173-2187.

SEID, N. H., FERU, B., KIBRET, K., and ZIADAT, F. (2013). Soil-Landscape Modeling And Remote Sensing To Provide Spatial Representation Of Soil Attributes For An Ethiopian Watershed, Hindawi publishing corp oration App lie dand environmental soil science, 6-10 p.

SILAPATHONG, C., and BLASCO., F. (1992). The application of geographic information system to mangrove forest management. Asian Pacific Remote Sensing Journal, 5 (1); 97-104 p.

SINGH, D., HERLIN, I., BERROIR, J. P., SILVA, E., and MERIELLES, M. S. (2004). An Approach To Correlate Ndvı With Soil Colour For Erosion Process Using Noaa/Avhrr Data Institut National De Recherche En Informatique Et Automatique, 33 (3); 328-33 p.

SÖNMEZ, N., ve SARI, M. (2005). Verim Tahmini Çalışmalarında Yeni Yaklaşımlar, Uzaktan Algılama ve Agrometeorolojik Yöntemler. Derim, 21(2), 5-18.

STAFF, S. S. (2014). Keys to Soil Taxonomy by Soil Survey Staff Twelfth Edition. U.S. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation, 362 p.

ŞİMŞEK, O., MERMER, A., YILDIZ, H., ÖZAYDIN, K. A., ve ÇAKMAK, B. (2007). AgroMetShell Modeli Kullanılarak Türkiye'de Buğdayın Verim Tahmini,. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 13 (3), 299-307.

TANNURA, M. A., IRWIN, S. H., and GOOD, D. L. (2008). Weather, technology and corn and soybean yields in the U.S. Corn Belt. Retrieved from University of Illinois at Urbana-Champaign, Department of Agricultural and Consumer Economics.

TEAL, R.K., TUBANA. B., FREEMAN, K.W., ARNALL , D.B., WALSH, O., ve RAUN, W.R., (2006). In-season prediction of corn grain yield potential using normalized difference vegetation index. Agronomy Journal, 98: 1488–1494.

THOMPSON. (1962). THOMPSON, L. M. (1962). An evaluation of weather factors in the production of corn (Report No. 12T). Iowa State University, Center for Agricultural and Rural Development. Ames, IA.

TUCKER, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment 8 (2): 127–150.

TUCKER, C. J., HOLBEN, B. N., ELGİN JR, J. H., and McMURTREY, J. E. (1981). Remote sensing of total dry-matter accumulation in winter wheat. Remote Sensing of Environment , 11, 171-189.

TÜBA. (2016). www.acikders.org.tr. (2017) http://www.acikders.org.tr/ , erişim tarihi 06, 03, 2017.

TÜRKSEVEN, S., KIZMAZ, M. Z., TEKİN, A. B., URKAN, E., ve SERİM, A. T. (04.11.2016). Tarımda Dijital Dönüşüm; İnsansız Hava Araçları Kullanımı.

WALKER, G. K. (1989). Model for operational forecasting of Western Canada Wheat Yield. Agricultural and Forest Meteorology , 44, 339-351.

WEIGAND, C. L. (1990). Use of spectral vegetation indices to infer leaf area, evapotranspiration and yield. Journal of Agronomy , 82, 623-629.

WHALEY, J., SPARKES, D., FOULKES, M., SPINK, J. ve SEMERE, T. (137 (2000). Rk Scott Physiological response of winter wheat to decrease in plant density. Ann. Baş. Biol., s. 165 - 177.

XIANG, H., and TIAN, L. (2011). Development of A Low-CostAgricultural Remote SensingSystemBased on an AutonomousUnmannedAerialVehicle (UAV). Biosystems Engineering , 174-190.

YAGCI, A. L., DI, L., ve DENG, M. (2015, April 03). The effect of corn–soybean rotation on the NDVI-based drought indicators: a case study in Iowa, USA, using Vegetation Condition Index. s. Vol. 52, No. 3, 290–314.

YANG, G., LIU, J., ZHAO, C., LI, Z., HUANG, Y., YU, H., et al. (2017). Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing For Field-Based Crop Phenotyping: Current Status And Perspectives. 14-21 p.

YERDELEN, A., MERMER, A., DEDEOĞLU, F., YILDIZ, H., KAYA, Y., ve SÜZER, S. ÖCAL, M. B., (2007). Edirne İlinde Ürün Deseninin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi ve Ayçiçeği Verim Tahmini, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 17, 1-2.

YILDIZ, H., A. BAYRAK, S., MERMER, A., E, Ü., ve AYDOĞDU, M. (5-7 Ekim 2016,). Bitki Örtüsü Değişiminin Orta Çözünürlükteki Uydu Görüntüleri İle İzlenmesi. Adana: UZAKTAN ALGILAMA-CBS SEMPOZYUMU (UZAL-CBS 2016),.

ZHANG, C., and KOVACS, J. M. (2012). The Application of Small Unmanned Aerial Systems for Precision Agriculture: A Review. Precision Agriculture, 13(6), 693-712.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet Ali EMİNOĞLU

Uyruğu : T.C

Doğum Yeri ve Tarihi : Siverek - 25/03/1992

Telefon : 0 (534) 3970624

e-mail : eminoglumali@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Mustafa Kemal Lisesi	Siverek	Şanlıurfa	2010
Üniversite	: ÇukurovaÜniversitesi	Sarıçam	Adana	2016
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi	Haliliye	Şanlıurfa	2019

UZMANLIK ALANI

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

YABANCI DİLLER

İngilizce