

Levent GENÇ¹
Hakan TURHAN²
Kürşad DEMİREL³
Gökhan ÇAMOĞLU^{3,4}
Burak AŞAR⁵
Melis SAÇAN⁵

- ¹ Doç. Dr., Ç.O.M.Ü. Tarımsal Veri İşleme ve Uzaktan Algılama Laboratuvarı (TUAL) Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sul. Böl., Çanakkale, leventgc@comu.edu.tr
² Doç. Dr., Ç.O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Bitkileri Böl., Çanakkale
³ Arş. Gör., Ç.O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sul. Böl., Çanakkale
⁴ Arş. Gör., E. Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sul. Böl., İzmir
⁵ Öğr., Ç.O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sul. Böl., Çanakkale

BİTKİ ÖRTME ORANININ SPEKTRAL FİLTRELER YARDIMIYLA BELİRLENMESİ

Determination of crop cover rate using spectral filters

Alınış (Received): 10.06.2008 Kabul tarihi (Accepted): 20.09.2008

Anahtar Sözcükler:

Dijital Kamera, buğday, bitki örtme oranı, spektral filtre

Key Words:

Digital camera, wheat, crop cover rate, spectral filter

ÖZET

Uydu ve uçak sistemlerinden elde edilen dijital görüntüler tarımsal alanlarda yaprak alan yoğunluklarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu görüntülerin Türkiye şartlarında ihtiyaç duyulan zamanda elde edilmesi oldukça pahalıdır. Bu çalışmada sürekli ve istenilen zamanda görüntü çekebilme olanak tanıyan yersel görüntü alabilen kameralar kullanılarak bitki örtme oranları (BÖO) hesaplanması araştırılmıştır. BÖO hesaplanması için elde edilen görüntüler binary formata çevrilmiştir. Klorofil Okumaları (KO), spektrometre ölçümlerinden hesaplanan Normalize Edilmiş Vejetasyon Farklılık İndeksi (NDVI) değerleri ve bitki alan indeksi (BAI) değerleri, BÖO'nun tahmin edilmesi regresyon analizleri yapılarak araştırılmıştır. Görünür bölge geçirgenlik özelliğine sahip filtreler kullanılarak hesaplanan BÖO sonuçları KO %36.9 (R²), yeşil band kullanımıyla elde edilen Normalize Edilmiş Vejetasyon Farklılık İndeksi GNDVI değerleriyle %50.7, NDVI değerleriyle %53.2 ve BAI değerleriyle %42.2 bir doğruluk göstermektedir. Aynı karşılaştırma kızıl ötesi geçirgenliğe sahip filtre kullanıldığında ise sırasıyla %72.4, %66.8, %72.3 ve %46.9 olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak kızıl ötesi geçirgenliğe sahip filtrelerin görünür bölge geçirgen filtrelerle oranla daha yüksek oranda bir tahminleme yaptığı görülmüştür.

ABSTRACT

The Satellite and aerial multispectral digital images have been using to determine leaf area index (LAI) in agriculture. Obtaining these images is expensive and difficult in Turkey. In this study, digital camera with attached visible and near infrared pass filter was used to obtain the images from field and investigated the capabilities of these images to determine crop cover rate. In order to calculate the crop cover rate, images were converted to binary format. Regression analysis was used to determine the relationship between crop cover rate and chlorophyll readings, Normalize Difference Vegetation Index (green) (NDVI), Normalize Difference Vegetation Index (red) (NDVI) and Leaf Area index. Results of regression analysis (R²) for visible pass filter images were found as follows: chlorophyll readings (36.9%), GNDVI (50.7) %, NDVI (53.2%) and LAI (42.2%). Similarly regression analysis (R²) results for near infrared filter image found as follow: chlorophyll readings (72.4%), GNDVI (66.8 %), NDVI (72.3%) and LAI (46.9%). We found that near infrared filter image was determine crop cover rate more accurately than visible filter image.

GİRİŞ

Tarımsal üretim tekniklerinde matematik ve fizik gibi temel bilimlerdeki gelişmeler ışığında elektroniğin kullanılması hızlanmıştır. Dijital kameralar bu gelişmelerden en dikkat çekenini olmakla birlikte, tarımsal alanlarda kullanımı 20. yüzyılın sonlarında olmuştur. Fakat bu kullanımlar uydu ve hava fotoğrafları ile sınırlı kalmıştır. Bu yöntemler, pahalı olmaları ve pazar sorunları nedeniyle tarımsal üretimde, özellikle gelişmekte olan ülkelerde etkin olarak kullanılamamaktadır. Bununla birlikte, uydu görüntüleri ile geniş alanların görüntüsü bir defada elde edebildiğinden, özellikle gelişmiş ülkelerde tarımsal üretimi planlama çalışmalarında karar vericilerin işini kolaylaştırmıştır. Yüksek yersel çözünürlüğe sahip görüntülerin, tarımsal üretimin belirlenmesi ve hassas tarım amaçlı olarak kullanım potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir (Everitt ve ark., 1995; Mao and Ketler, 1995; Escobar ve ark., 1997; Escobar ve ark., 1998; Yang ve ark. 2006). Uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarıyla; orman alanları, meralar ve bazı tarla bitkileri için bitki alan indeksi (BAI) alana özel hesaplanarak, o alandaki biyokütlenin bilinmesi ile ürün tahminlemede yeni yaklaşımları geliştirilmiştir (Malone, 2002; Lefsky ve ark., 2002; Riaño ve ark., 2004), Xavier ve Vettorazzi, 2004).

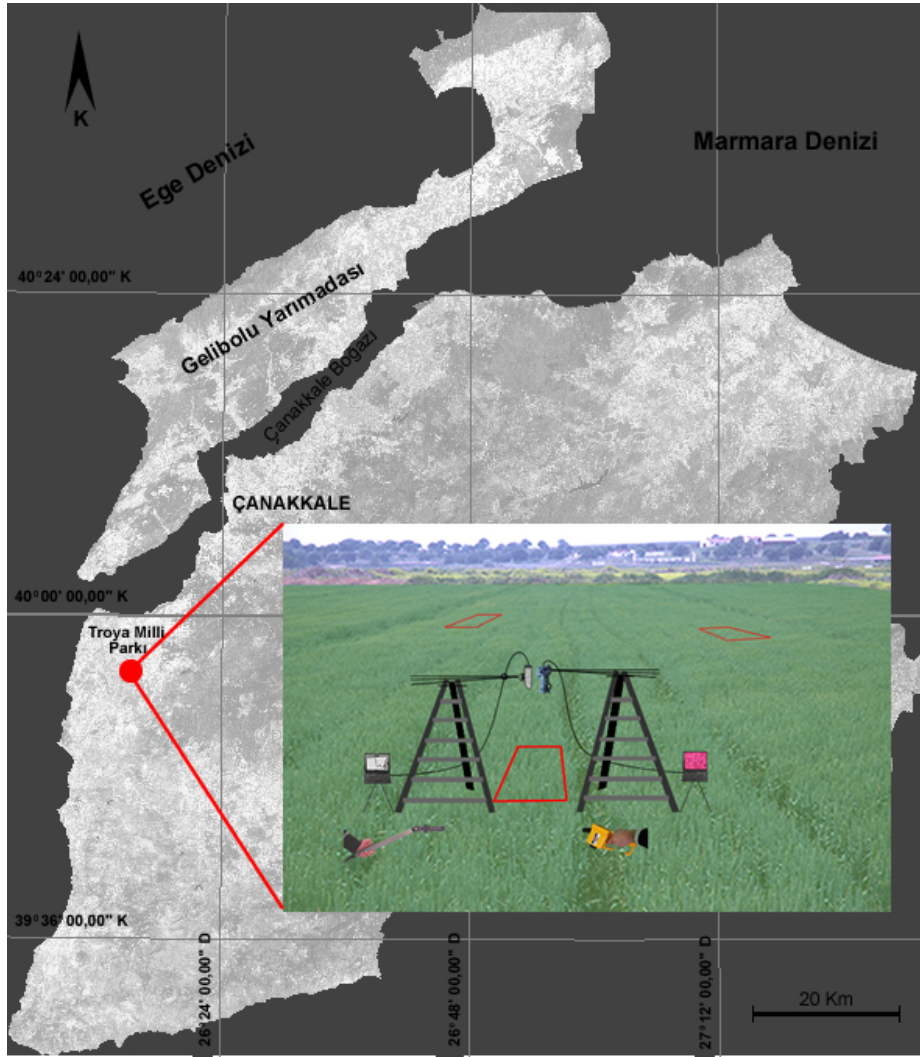
Gelişmekte olan ülkelerde uydu ve uçak orijinli görüntülerin tarımda kullanılması bazı zorlukları beraberinde getirmektedir. Görüntülerin istenilen zamanda istenilen alan için elde edilememesi ve görüntü kalitesine doğal koşulların olumsuz etkilerinden dolayı 1-3 gün gibi kısa sürede işlenmesine engel olmaktadır. Ayrıca, tarımda uydu görüntüsü kullanımını, gelişmekte olan ülkeler için yetişmiş eleman sıkıntısı nedeniyle daha zor olmaktadır. BAI hesaplamalarında kullanılan yöntemlerden en dikkati çeken, kanopi (bitki örtüsü) analiz aleti yardımıyla hesaplanan yaprak alanı indeksi (leaf area index - LAI) değeridir. Bu değer, gökyüzünün düşeyde taranan iki nokta arasındaki farktan yararlanılarak elde edilir (Board ve Harville, 1992; Westgate, 1999; Malone ve ark., 2002; LiCor, 2008). Profesyonel dijital kameraların kullanım yoğunluğunun artması ile spektral geçirgenlik özellikleri olan filtrelerin gelişmesi ve yaygınlaşması, bu kameraların tarımsal üretim

amaçlı olarak kullanılmasına imkan tanımıştır (Bo Su ve ark. 2002). Spektrometre kullanımı yardımıyla tarımsal alanlarda ürünlerin yansıma değerlerinden yararlanılarak bitki yansıma indeksi (BI) değerleri, elektromanyetik spektrumun kırmızı band aralığı ve kızıl ötesi band aralığı kullanılarak hesaplanan Normalize Edilmiş Vejetasyon Farklılık İndeksi (NDVI) (Gitelson and Merzlyak, 1996; Rouse ve ark, 1973; Royo ve ark, 2003) ve yeşil band aralığı ve kızıl ötesi band aralığı kullanılarak hesaplanan Normalize Edilmiş Vejetasyon Farklılık İndeksi (GNDVI) (Jensen, 2000; Royo ve ark. 2003,) değerleri ve bitkilerin klorofil okumaları (KO) pek çok bitkisel ürünün azot yeterliliği hakkında bilgi verdiği bildirilmiştir (Turner and Jund, 1991; Schepers et al., 1992; Chapman and Barreto, 1997; Aparicio, et al., 2000; Denuit et al., 2002). Böylelikle, bitkilerin sağlıklı olup olmadıkları belirlenebilmekte ve bu değerlere bağlı olarak verim tahminleri yapılabilmektedir. Bu yansıma teknikleri yardımıyla, bitki örtme oranı (BÖO) ile biyokütle ve bitki verimi arasında bir ilişki kurulabilmektedir (Roya ve ark, 2003). Tarımı gelişmiş ülkelerde, dijital kameraların bilim ve mühendislik çalışmalarında kullanımı standart hale gelmiş ve tarımsal üretim planlarının yapılmasında dijital kameraların kullanılmasını yaygınlaştırmıştır.

Bu çalışma; BAI değerleri, KO değerleri ve spektral yansıma değerlerinden hesaplanan BI değerleri ile dijital kameraya monte edilmiş görünür band geçirgenliği olan ve yalnızca kızıl ötesi band geçirgenliği olan filtrelerden hesaplanan BÖO değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu yaklaşımın tarımda biyokütle ve verim tahminlerinin yapılmasında kullanılabilirliği için yeni yöntemler arama çabalarının başlangıcı olup olamayacağı araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, TİGEM Kumkale Tarım İşletmesi arazilerinde yürütülmüştür. Denemede, kışlık ekmeclik buğday çeşidine (*Gönen 98*) 3 farklı azot dozu (120, 180, 240 azot kg ha⁻¹) 3 tekerürlü olarak uygulanmıştır (Şekil 1). Veriler, üç farklı tarihte (10 Nisan 2007, 3 Mayıs 2007 ve 9 Haziran 2007) toplanmış (Şekil 1) ve Tarımsal Veri İşleme ve Uzaktan Algılama Laboratuvarında (TUAL) analiz edilmiştir.



Şekil 1. Spektrometre, dijital kamera, KO ve BAI ölçüm alanları

Görüntü ile ilgili ölçümler, her bir parselde 0.75 m² büyüklüğündeki alanda yapılmıştır. Hiper-spektral yansımaya ve KO değerleri, elektromanyetik bölgenin görünür ve kızıl ötesi ışınlarını geçirme özellikli filtreler kullanılarak elde edilen görüntüler, yerel saat ile 11:00 ile 14:30 arasında elde edilmiştir (Şekil 2 ve 3). Hiper-spektral yansımaya değerleri buğday bitkilerinin üst yüzeyinden 120 cm yukarıda yüzeye dik olacak şekilde 25° alete monte edilmiş lens kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan spektrometre 325 nm ile 1075 nm arasında yansımaya değerlerini algılayan özelliktedir. Spektrometreden elde edilen 512 dar banddan elde edilen yansımaya değerleri, 30 m'lik yersel çözünürlükte olmasına rağmen spektral çözünürlüğü vejetasyon çalışmalarında kullanılmaya imkan tanıyan Landsat TM programının 5. ve 7.

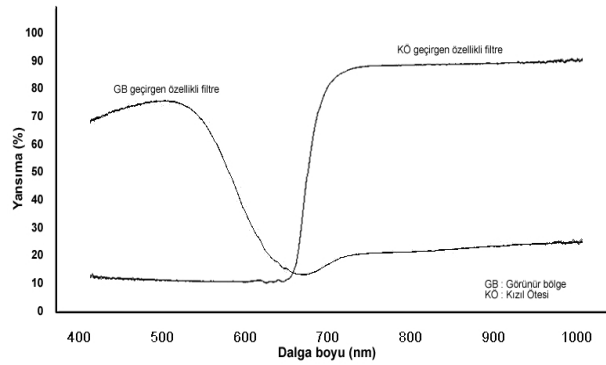
programından elde edilen görüntülere benzerlik göstermesi amacıyla geniş band aralıklarına çevrilmiştir. Landsat TM 2. band (yeşil), 3. band (kırmızı) ve 4. band (kızılötesi) ları temsil edecek şekilde sırasıyla 500, 680 ve 800 bandlar merkez olacak şekilde 30 sağ 30 sol bandların ortalaması alınarak TM band genişliklerine uyumlu olması sağlanmıştır. Elde edilen bandlar kullanılarak NDVI ve GNDVI değerleri hesaplanmıştır. BAI değerleri, LiCor 2000 bitki kanopi analiz aleti yardımıyla her parselde 3 ölçüm alınarak belirlenmiştir.

KO değerleri; ölçüm yapılan alanda (0.75 m²), 3 tekrerr olarak, hiper-spektral yansımaya ölçümlerinden hemen önce elde edilmiştir. Hiper-spektral yansımaya ölçümleri, kamera görüntüleri 67 mm görünür bölge ve kızıl

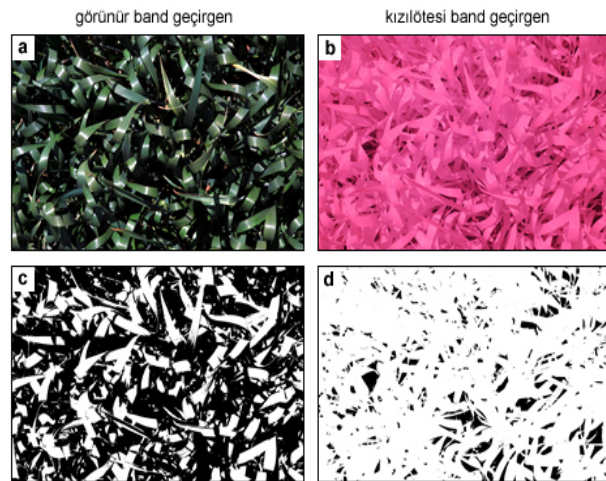
ötesi band geçiren özellikli filtreler kullanılarak bitki yüzeyinden 120 cm yükseklikteki platformdan yapılmıştır (Şekil 1). Görüntü işleme yazılımı kullanılarak görüntüler binary formata çevrilip bitki örtüsü ile kaplı olan alanlar hesaplanmıştır (Şekil 3). BAI, KO ve buğday alanından kaydedilen yansımalarından hesaplanan BI değerleri (Çizelge 1) arasındaki ilişkiler korelasyon ve regresyon analizleri yardımıyla hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Vejetasyon indeks hesaplamaları

| İndeks | Formül | Kaynak |
|-------------------|--|------------------------|
| NDVI _r | $NDVI_r = \frac{(KÖ - Kırmızı)}{(KÖ + Kırmızı)}$ | Rouse 1973 |
| NDVI _g | $NDVI_g = \frac{(KÖ - Yeşil)}{(KÖ + Yeşil)}$ | Gitelson ve ark., 1996 |



Şekil 2. Görünür ve kızıl ötesi band geçirenliği olan filtrelerin yansımaları



Şekil 3. Görünür band geçiren özellikli (a) ve kızıl ötesi band geçiren özellikli filtre ölçümleri (b) ve binary formata dönüştürülmüş görüntüleri (c ve d).

Şekil 2'de seçilen filtreler için spektrometre yardımıyla elde edilmiş yansımalar görünmektedir. Şekil 3'de ise görünür band geçirenlik özelliğine sahip filtre ve yalnız kızıl ötesi band geçiren özellikli filtrelerle çekilen görüntüler ve binary şekline dönüştürülmüş resimler görülmektedir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Farklı azot miktarları uygulanan (120, 180, 240 azot kg ha⁻¹) 5 da büyüklüğündeki ekmeleklik buğday (Gönen 98) ekilmiş her bir parselin üç farklı yerinden seçilen 0.75 m²lik alanlarda elektromanyetik spektrumun görünür ve kızıl ötesi ışınlarını geçirme özellikli filtreler kullanılarak elde edilen görüntüler ImageJ yazılımı yardımıyla işlenmiştir. BÖO belirlemek amacıyla elde edilen görüntüler binary formata çevrilmiştir. KO değerleri ve hiper-spektral veri toplama özelliğine sahip spektrometre yardımıyla buğday alanından kaydedilen yansımalar arasındaki doğrusal ilişki korelasyon ve regresyon hesaplamaları yardımıyla belirlenmiştir.

Elde edilen KO, BÖO, GNDVI, NDVI ve BAI özelliklerinin zamana ve konulara bağlı olarak aralarındaki ilişkileri, görünür geçiren filtre için Çizelge 2'de, kızıl ötesi geçiren filtre için ise Çizelge 3'de verilmiştir.

Görünür bölge geçiren filtre için zaman ve azot uygulama oranları arasında ilişki olmasına rağmen, zamanla diğer bütün özellikler arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki vardır (Çizelge 2). Zaman ve bitki örtme oranı arasındaki ilişki Pearson korelasyon değeri ve P önemlilik değeri sırasıyla r=-0.667 ve P=0.000 olarak bulunmuştur. Bir başka deyişle zamandaki bir birimlik değişim, bitki örtü oranında negatif yönde 0.667 oranında bir değişime neden olmuştur. KO değerleri, zamanla negatif yönde %94.9 oranında ilişkilidir. Zaman ile GNDVI, NDVI ve BAI arasında negatif yönde sırasıyla %77.0, %81.4 ve %52.0 oranında bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Azot uygulama oranıyla BAI arasında %38.4 oranında pozitif bir ilişki P=0.021 istatistiksel önemlilik düzeyinde bulunmuştur (Çizelge 2). BÖO haricindeki ilişki, ortak veri kullanımı nedeniyle, kızıl ötesi geçiren özellikli filtre görüntüsü ile görünür bölge geçiren özellikli filtre görüntüsü için aynıdır.

Görünür bölge geçirgen özellikli filtre yardımıyla belirlenen BÖO ile KO, GNDVI, NDVI ve BAI arasında sırasıyla %62.3, %71.2, %72.9 ve %64.9 oranında pozitif ve yüksek önemlilik düzeyinde ilişki bulunmuştur (Çizelge 2). KO değerleri ile GNDVI ve NDVI değerleri arasındaki ilişki pozitif yönde sırasıyla %74.9 ve %78.2 ve $P=0.000$ istatistiksel önemlilikte iken, KO ve BAI arasındaki ilişki $P=0.004$ istatistiksel önemlilikte ve %47.1 oranındadır (Çizelge 2). Alana ait KO ve BAI ölçümleri ile GNDVI ve NDVI değerleri arasındaki farklılık, filtre özelliklerinin farklılıklarıyla değişmektedir. Dolayısıyla Çizelge 2 ve Çizelge 3'deki KO, GNDVI, NDVI ve BAI arasındaki ilişkiler farklılık göstermemektedir. Bununla birlikte, NDVI ve GNDVI arasındaki yüksek ilişki beklenen bir durumdur (Jensen, 2000).

Çizelge 2. Görünür bölge geçirgen özellikli filtre ile elde edilen görüntüye ait korelasyon katsayıları

| | Z | A | BÖO | KO | GNDVI | NDVI |
|-------|---|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| BÖO | -0.667 ¹ 0.000 ² | 0.170 0.322 | | | | |
| KO | -0.949 0.000 | -0.054 0.754 | 0.623 0.000 | | | |
| GNDVI | -0.770 0.000 | 0.119 0.491 | 0.712 0.000 | 0.749 0.000 | | |
| NDVI | -0.814 0.000 | 0.128 0.459 | 0.729 0.000 | 0.782 0.000 | 0.944 0.000 | |
| LAI | -0.520 0.001 | 0.384 0.021 | 0.649 0.000 | 0.471 0.004 | 0.853 0.000 | 0.835 0.000 |

¹ Pearson korelasyon katsayısı, ² P-Değeri, **Z**: Zaman, **A**: Azot Uygulaması (120, 180, 240 azot kg ha⁻¹), **BÖO**: Bitki örtme oranı, **KO**: Klorofil okuması, **GNDVI**: Düzeltilmiş Yeşil Bölge Vejetasyon İndeksi, **NDVI**: Normalize Edilmiş Vejetasyon Farklılık İndeksi, **LAI**: Bitki Alan indeksi

Çizelge 3. Kızıl ötesi pas filtre ile elde edilen görüntüye ait korelasyon katsayıları

| | Z | A | BÖO | KO | GNDVI | NDVI |
|-------|---|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| BÖO | -0.906 ¹ 0.000 ² | 0.261 0.124 | | | | |
| KO | -0.949 0.000 | -0.082 0.634 | 0.851 0.000 | | | |
| GNDVI | -0.770 0.000 | 0.119 0.491 | 0.817 0.000 | 0.749 0.000 | | |
| NDVI | -0.814 0.000 | 0.128 0.459 | 0.850 0.000 | 0.782 0.000 | 0.944 0.000 | |
| LAI | -0.520 0.001 | 0.384 0.021 | 0.685 0.000 | 0.471 0.004 | 0.853 0.000 | 0.835 0.000 |

¹ Pearson korelasyon katsayısı, ² P-Değeri, **Z**: Zaman, **A**: Azot Uygulaması (120, 180, 240 azot kg ha⁻¹), **BÖO**: Bitki örtme oranı, **KO**: Klorofil okuması, **GNDVI**: Düzeltilmiş Yeşil Bölge Vejetasyon İndeksi, **NDVI**: Normalize Edilmiş Vejetasyon Farklılık İndeksi, **LAI**: Bitki Alan indeksi

Kızıl ötesi geçirgen özellikli filtre görüntüsü ile elde edilen BÖO ile zamansal değişim arasın-

daki ilişki $P=0.000$ istatistiksel önemlilikte ve negatif yönde %90.6 oranındadır (Çizelge 3). Bir başka deyişle, buğdayın kardeşlenmesinden hasat öncesine kadar geçen zaman içinde BÖO'da değişim olduğu ve bu değişimin görünür bölge geçirgen özellikli filtreye göre kızıl ötesi geçirgen özellikli filtrede %23.9 daha fazla oranda olduğu görülmüştür. Azot uygulama oranı ile LAI arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli olmasına rağmen bu ilişki düşük düzeydedir (Çizelge 3). Bu ilişki, pozitif yönde %38.4 oranında ve $P=0.021$ istatistiksel önemlilikte bulunmuştur.

Çizelge 3 incelendiğinde; BÖO ile KO, GNDVI, NDVI ve BAI arasındaki ilişkilerin Çizelge 2'deki görünür bölge geçirgen özellikli filtreye oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu oranlar $P=0.000$ istatistiksel önemlilikte ve sırasıyla %85.1, %81.7, %85.0 ve %68.5 bulunmuştur (Çizelge 3).

KO, hiper-spektral verilerden hesaplanan GNDVI ve NDVI indeks değerleri ve ölçülen BAI değerleri yardımıyla BÖO belirlenmesi için hesaplanan regresyon eşitlikleri ve doğruluk oranları hem görünür bölge geçirgen özellikli filtre, hem de kızıl ötesi bölge geçirgen özellikli filtre için Çizelge 4'de gösterilmiştir. Bütün değerler istatistiksel olarak $P=0.000$ düzeyinde önemlidir. Görünür bölge geçirgen özellikli filtre yardımıyla elde edilen görüntüden hesaplanan BÖO, KO değerleri kullanarak tahmin edilmesindeki doğruluk oranı %36.9 olarak bulunmuştur. Bir başka deyişle görünür bölge geçirgen özellikli filtre kullanılarak çekilen yüz görüntüden hesaplanan BÖO, aynı alandan elde edilecek KO değerleri kullanılarak hesaplandığında %36.9 defasında doğru tahmin edilebilir. Ayrıca Çizelge 4 incelendiğinde, bu oran GNDVI değerleri kullanıldığında %50.7, NDVI değeri kullanıldığında en yüksek oran olan %53.2 ve BAI değerleri kullanıldığında ise %42.2 oranında BÖO'nun doğru tahmin edebileceği hesaplanmıştır. Bununla birlikte, kızıl ötesi geçirgen özellikli filtre kullanılarak elde edilen regresyon eşitliklerinin doğruluk oranları klorofil okumaları için %72.4 olarak bulunmuş ve bu değer hiper-spektral verilerden hesaplanan NDVI ile benzer olduğu görülmüştür. BÖO hesaplanmasında kullanılan eşitliklerin doğruluk oranları GNDVI için %66.8 iken BAI yine en düşük oranda bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Görünür bölge geçirgen özellikli filtre ve kızıl ötesi bölge geçirgen özellikli filtre ile elde edilen görüntülerden hesaplanan BÖO ile KO, GNDVI, NDVI ve BAI değerleri arasındaki regresyon ilişkisi

| | Görünür Bölge Pas Filtre | R ² | Kızıl Ötesi Pas Filtre | R ² |
|-----|--------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| BÖO | 0.441 + 0.00192 KO | 36.9* | 0.632 + 0.00183 KO | 72.4* |
| BÖO | 0.277 + 1.19 GNDVI | 50.7* | 0.587 + 0.933 GNDVI | 66.8* |
| BÖO | 0.476 + 0.750 NDVI | 53.2* | 0.737 + 0.596 NDVI | 72.3* |
| BÖO | 0.291 + 0.261 LAI | 42.2* | 0.639 + 0.188 LAI | 46.9* |

* P ≤ 0.001

Uzaktan algılama çalışmalarında gerek uydu görüntülerinin pahalı oluşu, gerekse yer bilgisi ve arşiv verilerinin yetersiz olması ya da var olan yersel verilerin doğruluk oranlarının düşük olması nedeniyle, ülkemizde araştırmacıları, özellikle tarımsal üretimi doğrudan ilgilendiren hassas tarım uygulamalarında, yeni alet ve tekniklerin kullanılmasına yöneltmiştir. Dijital kameraların görünür bölge geçirgen ve kızıl ötesi bölge geçirgen özellikte filtreleme teknikleriyle birlikte kullanılmasıyla tarımsal alanlarda uydu görüntülerine bağımlılık, parsel düzeyinde ortadan kalkacaktır. Bunun için doğruluk oranı yüksek tekniklere ihtiyaç vardır. Dijital kameralar uydu görüntülerinin gerek mekansal, gerekse spektral çözünürlüklerinin tarımsal faaliyetler için kullanılmasını kısıtladığı alanlarda hızlı ve ekonomik çözümler getirebilecektir. Özellikle tarımsal üretim yapılan alanlarda sorunlu olduğunu düşündüğümüz bölgelerin belirlenmesinde spektrometre ve kanopi analiz aletleri gibi pahalı aletlere alternatif olarak kullanılmasının mümkün olduğu bu çalışma sonucunda öne çıkmıştır. Ayrıca hassas tarım uygulamaları için elde edilen görüntülerin işlenmesi ve bilgi haline getirilmesi için her zaman sorun olan pahalı ve kullanımının öğrenilmesi zaman alan yazılımlar uzaktan

algılama çalışmalarının uygulanmasında en önemli sorunlardan biridir. Bu çalışma ile dijital kamera ve filtreler yardımıyla, özellikle kızıl ötesi geçirgen özellikli filtreler ile elde edilecek görüntülerin NDVI ve GNDVI vejetasyon indekslerinin tahminlenmesinde kullanılabilme potansiyelinin olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla, BÖO'nun bitki sağlığını gösteren NDVI indeksi ve bitki biyokütlesi hakkında bilgi veren BAI değerlerini tahmin etmek amacıyla kullanılması mümkün olacaktır. Bu anlamda, bu parametreler arasındaki yüksek ve orta düzeydeki ilişkiler nedeniyle özellikle kızıl ötesi geçirgen filtrelerle birlikte kullanıldığında, dijital kameraların bitki sağlığı hakkında bilgi verebileceği sonucuna varılmıştır. Bu ön çalışmadan elde edilen sonuçlar, bitki su stresi ve bitki besin maddesi eksikliğine bağlı olarak belirlenecek bitki örtme oranları ve bunların verime etkilerinin araştırılmasına temel oluşturacaktır. Bununla birlikte bu çalışmaların sonucunun uygulanabilirliği için buğday bitkisinin yanında başka bitki türlerinde de denenmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 104O244 nolu proje desteği ile yapılmıştır.

KAYNAKLAR

- Aparicio, N., D. Villegas, J. Casadesus, J.L. Araus and C. Royo, 2000. Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. *Agron. J.*, 92:83-91.
- Bo Su, H., R.H. Zhang, Z.L. Li, X.Z. Tang, X.M. Sun, Z.L. Zhu and G.F. Yuan, 2002. retrieval of directional fraction of vegetation cover using digital camera. *IEEE*, pp. 2762-2764.
- Board, J.E., and B.G. Harville, 1992. Explanations for greater light interception in narrow- vs. wide-row soybean. *Crop Sci.*, 32:198-202.
- Chapman, S.C. and H.J. Barreto, 1997. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth, *Agron. J.*, 89:557-562.
- Denuit, J.P., M. Olivier, M.J. Goffaux, J. Herman, J. Goffart, J. Destain and M. Frankinet, 2002. Management of nitrogen fertilization of winter wheat and potato crops using the chlorophyll meter for crop nitrogen status assessment, *Agronomie* 22:847-855.

- Escobar D.E., J.H. Everitt, J.R., M.R. Noriega Davis, and I. Cavazos, 1997. A true digital imaging system for remote sensing applications. In: Everitt JH, (ed.) Proceedings of 16th biennial workshop on color photography and videography in resource assessment. Bethesda, Maryland, USA, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, pp 470–484.
- Escobar D.E, J.H. Everitt, J.R. Noriega, I. Cavazos, and M.R. Davis, 1998. A twelve-band airborne digital video imaging system (ADVIS). *Remote Sens. Environ.*, 66:122–128.
- Everitt J.H, D.E. Escobar, I. Cavazos, J.R. Noriega, M.R. Davis, 1995. A three-camera multispectral digital video imaging system. *Remote Sens. Environ.*, 54:333–337.
- Gitelson A.A, and N. Merzlyak, 1996. Signature analysis of leaf reflectance spectra: algorithm development for remote sensing of chlorophyll. *J. Plant Physiol.*, 148: 494-500.
- Jensen, R.J., 2000. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*, Prentice Hall.
- Lefsky, M.A., W.B. Cohen, G.G. Parker, and D.J. Harding, 2002. Lidar remote sensing for ecosystem studies. *Bioscience*, 52, 1:19–30.
- LiCor, 2008. www.licor.com. Erişim: Ağustos 2008.
- Malone S.D., Jr. Ames Herbert, and L.D. Holshouser, 2002. Evaluation of the LAI-2000. plant canopy analyzer to estimate leaf area in manually defoliated soybean. *Agron. J.*, 94:1012-1019.
- Mao C., and D. Ketler, 1995. Digital CCD cameras for airborne remote sensing. In: Mausel PW (ed.) Proceedings of 15th biennial workshop on color photography and videography in resource assessment. Bethesda, Maryland, USA, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, pp 1–12.
- Riño D.,F. Valladares, S. Condés and E. Chuvieco, 2004. Estimation of leaf area index and covered ground from airborne laser scanner (Lidar) in two contrasting forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 124, Issues 3-4, 20 August, pp. 269-275.
- Rouse J.W, R.H. Haas, J.A. Schell, D.W. Deering, 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ETRS. In: Third ETRS Symposium, NASA SP353, Washington, DC., 1: 309-317.
- Royo, C., N. Aparicio, D. Villegas, J. Casadesus, P. Monneveux, and J.L. Araus, 2003. Usefulness of spectral reflectance indices as durum wheat yield predictors under contrasting. Mediterranean conditions. *Int. Journal of Remote Sensing*, Vol:24: No: 4 403–4 419.
- Schepers, J.S., D.D. Francis, M.F. Vigil, and F.E. Below, 1992. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 23:2173–2187.
- Turner F.T. and M.F. Jund, 1991. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requirement for semidwarf rice, *Agron. J.*, 83:926–928.
- Westgate, M.E. 1999. Managing soybean for photosynthetic efficiency. In H.E. Kauffman (ed.) *World soybean research. Proc. World Soybean Res. Conf.*, 6th, Chicago, IL. 4-7 Aug., pp. 223-228.
- Xavier A.C., and C.A. Vettorazzi, 2004. Mapping leaf area index through spectral vegetation indices in a subtropical watershed. *Int. Journal of Remote Sensing*, Vol. 25, No.9:1661–1672.
- Yang, C., J.H. Everitt, J.M. Bradford, 2006. Comparison of satellite imagery and airborne imagery for mapping grain sorghum yield patterns. *Precision Agriculture*, 7, pp.33-44.

