

## Ayçiçeği Spektral Özelliklerinin Yetiştirme Dönemi Boyunca Değişiminin Değerlendirilmesi

**Emre TUNCA Eyüp Selim KÖKSAL Sakine ÇETİN Nazmi Mert EKİZ  
Ufuk ÇOBAN Hamadou BALDE**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun  
Sorumlu yazar: emre.tunca@omu.edu.tr

Geliş tarihi: 08/08/2018 Yayına kabul tarihi:07/11/2018

**Özet:** Tarım, uzaktan algılama (UA) tekniklerinin yoğun bir biçimde kullanıldığı alanlardan birisidir. UA teknikleri kullanılarak bitkilerin yetiştirme dönemleri boyunca etkin bir biçimde izlenmesi mümkündür. Özellikle uydu görüntüleri büyük alanlarda, yetiştirilen bitkilerin birçok niteliğini, uydunun frekansı ve görüntünün yersel çözünürlüğü ölçüsünde izleme olanağı sunmaktadır. Ancak, bu tür bir izleme ve değerlendirme çalışmasının uygulamada kullanılabilmesi için uydu sistemlerinden elde edilen uzaktan algılanmış verilerin gerçekte karşılık geldikleri bitki özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle uydu görüntülerinden elde edilen spektral verilerle eşdeğer nitelikteki verilerin yerde ölçülmesi ve değerlendirilmesine yönelik araştırma çalışmaları büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada ayçiçeği bitkisinin yetiştirme dönemi boyunca spektral yansıma oranı özellikleri, çiftçi koşullarında spektrometre cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Çalışma Amasya ili Merzifon ilçesi Yeşilören, Çayırözü ve Uzunyazı köylerinde, ayçiçeği yetiştirilen parsellerde yürütülmüştür. Bu parsellerin büyüklüğü 0,19 ile 5,0 ha arasında değişim göstermiştir. Ölçümler 2016 yılının Mayıs ve Eylül ayları arasında toplamda 8 farklı gün ve 80 farklı noktada yapılmıştır. Elde edilen spektral yansıma oranı verileri literatürde en çok yer alan spektral vejetasyon indekslerinden Normalized Edilmiş Vejetatif Değişim İndeksi (NDVI), Toprak Yansımalarını Dikkate Alan İndeks (SAVI) ve Basit Oran (SR) hesaplamalarında kullanılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, genel olarak spektral yansıma oranı değerleri, Mayıs' tan Temmuz ayına kadar vejetasyonun gelişmesine bağlı bir biçimde (dalga boylarına göre değişen miktarlarda) artmıştır. Fakat Temmuz ayının ortasından sonra bitkilerdeki çiçeklenme döneminin başlamasıyla birlikte spektral yansıma oranı değerleri azalma eğilimi göstermiştir. Buna göre hem tarla düzeyli spektral ölçüm cihazları ile hem de uydu sistemleri ile ayçiçeği bitkisinin etkin bir biçimde izlenmesi olanaklıdır.

**Anahtar kelimeler:** Uzaktan algılama, Spektrometre, Ayçiçeği, NDVI, SAVI, SR

### Evaluation Spectral Properties of Sunflower Throughout the Growing Season

**Abstract:** Agriculture is one of the sector that widely use remote sensing (RS) techniques. Crops can be monitored effectively throughout their growing seasons using RS techniques. Especially, satellite images enable accurate monitoring of numerous properties of crops in big scale agricultural land, depending on the satellite frequency and image resolution. However, since implementation of this type of monitoring and assessment process in application, it is necessary to know relationships between crop properties and remotely sensed data. Therefore, research studies including measurements of spectral data in the field are very important. In this study, spectral reflectance properties of sunflower were measured using a spectroradiometer throughout the growing season. This study was conducted in some sunflower fields of Yeşilören, Çayırözü ve Uzunyazı villages of Amasya-Merzifon county of Turkey. The areas of those fields were varied between 0,19 and 5,0 ha. Measurements were made for 80 different points and in 8 different days between May and September 2016. These spectral reflectance data were evaluated by using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil Adjustment Vegetation Index (SAVI) and Simple Ratio (SR) which are extensively referred in the literature. Results indicated that spectral reflectance values, depends on the vegetation amount, growth level and spectral indexes were increased from May to July. However, after mid-July, spectral vegetation indexes tended to decrease due to flowering of sunflower. Consequently, it is possible to conclude that sunflower crop can be monitored by using spectral reflectance data measured through field level spectroradiometer.

**Key words:** Remote Sensing, Spectroradiometer, Sunflower, NDVI, SAVI, SR

## Giriş

Ayçiçeği yağ sanayinin yanı sıra kimya, kozmetik ve sabun sanayilerinin de önemli bir hammaddesidir. Bununla birlikte, küspesinin yüksek oranlarda protein, karbonhidrat, yağ ve fosfor içermesi nedeniyle besleyici bir hayvan yemidir (Ayla, 1974). Dünyada yaklaşık 25,2 milyon ha'lık alanda üretimi yapılan ayçiçeği bitkisi, ekim alanı bakımından 13. sırada yer almaktadır. Dünyadaki ayçiçeği ekili alanlar dikkate alındığında en büyük paya 6,4 milyon ha alan ile Rusya sahiptir. İkinci sırada 5,2 milyon ha ile Ukrayna ve üçüncü sırada 1,7 milyon ha ile Tanzania gelmektedir. Türkiye ise ayçiçeği bitkisinin ekimine ayrılan 0,6 milyon ha alanla dünyada on birinci sırada gelmektedir (Anonim, 2016). Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarım ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilir bir biçimde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla bitkilere ait çeşitli parametrelerin gelişme dönemleri boyunca izlenmesi gerekmektedir (Köksal, 2007). Uzaktan algılama (UA) teknikleri kullanılarak bitkiler gelişme dönemleri boyunca etkin bir biçimde izlenebilmektedir (Vina ve ark., 2004). Fiziksel temas olmaksızın cisimler hakkında bilgi edinme tekniği UA olarak adlandırılmaktadır (Sharma, 2007). Bitkilerin vejetasyon durumunun belirlenmesi amacıyla hem uydu görüntüleri hem de el radyometreleri kullanılmaktadır (Inoue, 1997). UA araçlarının en önemli çıktısı spektral yansımaya oranı verileridir. Fakat bitki özellikleriyle spektral yansımaya oranı arasında doğrudan bir ilişki yoktur (Hatfield ve ark., 2001). Uzaktan algılanmış verilerin uygulamada kullanılabilmesi amacıyla arazi denemelerinin yapılması ve bu verilerin analiz edilmesi gerekmektedir (Köksal ve ark., 2011). Bu kapsamda bitkilerin izlenmesi için Normalize Edilmiş Vejetatif Değişim İndeksi (NDVI), Toprak Yansımalarını Dikkate Alan Vejetasyon İndeksi (SAVI) ve Basit Oran (SR) gibi vejetasyon indeksleri geliştirilmiştir (Alves ve Pereira, 2000; Idso ve ark., 1990; Jackson ve ark., 1980; Jackson ve ark., 1977; Kimura ve ark., 2004; Kustas ve Daughtry, 1990; Moran ve ark., 1994; Peñuelas ve ark.,

1994). Yaygın olarak kullanılan vejetasyon indekslerinin başında NDVI gelmektedir. NDVI bitkiden yansıyan güneş radyasyonunun elektromanyetik spektrumun yakın infrared (NIR) ve kırmızı (RED) bölgelerindeki yansıma değerlerinden hesaplanan bir indekstir (Carlson ve Ripley, 1997). NDVI kullanılarak bitkilerde vejetasyon durumu (Jiang ve ark., 2016), verim (Siyal ve ark., 2015) ve yaprak alan indeksinin tahmin edilmesi (Kross ve ark., 2015), kuraklığın izlenmesi (Peters ve ark., 2002) vb. birçok bitki parametresi tahmin edilebilmektedir. Bu çalışma ile Amasya ili Merzifon ilçesinde yetiştirilen ayçiçeğinin yetiştirme sezonu boyunca spektral yansımaya özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Mevsim boyunca 325 – 1075 nm dalga boyu aralığında hiperspektral özellikteki bitki yansımaya oranı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlerden çeşitli vejetasyon indeksleri hesaplanmıştır. Böylece çalışmada UA kullanılarak bölgedeki ayçiçeğin mevsim boyunca vejetasyon düzeyi değişimi değerlendirilmiştir.

## Materyal

Çalışma 2016 yılı ayçiçeği yetiştirme döneminde, Amasya ili Merzifon İlçesine bağlı Yeşilören, Çayırözü ve Uzunyazı köylerinde seçilen ayçiçeği parsellerinde yürütülmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü köylerin toplam tarım arazisi varlığı 2.025,73 ha ve bu alan içerisinde 2016 yılında toplam ayçiçeği ekim alanı 416,03 ha (%20,54)'dir. Bölgede ayçiçeği tarımı hem yağışa dayalı hem de suluma ile gerçekleştirilmektedir. Ekim sıklığı genel olarak 40x70 cm'dir. Çalışmanın yürütüldüğü parsellerin büyüklükleri 0.19 ile 5.0 ha arasında değişim göstermektedir.

Çalışma sahasında genel olarak yarıkurak iklim koşulları hakimdir. Uzun yıllar iklim verilerine göre en yüksek sıcaklık 42.6°C iken en düşük sıcaklık -18.9°C'dir. Yıllık ortalama toplam yağış ise 451.0 mm'dir (Anonim, 2015). Çalışma sahasındaki araziler düz ve düze yakındır. Herhangi bir tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmamaktadır.

Çalışmada spektral yansımaya oranı ölçümleri Field Spec Pro FR, ASD model

spektroradyometre cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Söz konusu cihaz 1,6 nm adımlarla 325-1075 nm dalga boyu aralığında hiperspektral ölçümler alabilmektedir. Arazide irradyans ölçümlerinde 50 x 50 cm boyutlarında olan, tüm dalga boylarında %100'e yakın seviyede yansıtma özelliğine sahip bir spektralon panel kullanılmıştır.

## Yöntem

Spektral yansıtma oranı spektral radyansın, irradyansa oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Spektral yansıtma oranı okumaları güneş ışınlarının geliş açısının yaklaşık 45<sup>0</sup>-55<sup>0</sup> olduğu zaman dilimlerinde (yerel saat 10.30 ile 11.30 arası) yapılmıştır. Ölçümler Yeşilören köyünden 10, Çayırözü köyünden 4 ve Uzunyazı köyünden ise 2 adet parselde yapılmıştır. Ölçümlerde cihaz ölçülen bitkinin sıra arası kadar çapta bir alan görece yükseklikte yere dik olarak konumlandırılmıştır. Yapılan ölçümler ise çiftçi koşullarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında 2016 yılında, 8 farklı tarihte, 16 adet ayçiçeği üretim alanından toplam 60 kez ölçüm alınmıştır. Alınan bu ölçüler ise 2016 yılı Mayıs ve Eylül ayları arasında gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada vejetasyon indeksi olarak NDVI, SAVI (Allen ve ark., 2007) ve SR (Aparicio ve ark., 2000) kullanılmıştır. NDVI, SAVI ve SR hesabında sırasıyla Eşitlik 1, 2 ve 3' den yararlanılmıştır.

$$NDVI = \frac{(R_{800} - R_{680})}{(R_{800} + R_{680})} \quad (1)$$

$$SAVI = (1 + L) \times \frac{(R_{800} - R_{680})}{(L + R_{800} + R_{680})} \quad (2)$$

$$SR = \frac{(R_{800})}{(R_{680})} \quad (3)$$

Eşitliklerde yer alan R<sub>680</sub> ve R<sub>800</sub> sırası ile 680 ve 800 nm dalga boyları için hesaplanan spektral yansıtma oranını ifade etmektedir. L , toprak yansımalarının etkisini en düşük düzeye indirmek için uygulanan denominator katsayısıdır ve Heute (1988) tarafından birçok toprak koşulu için 0,5 olarak önerilmiştir.

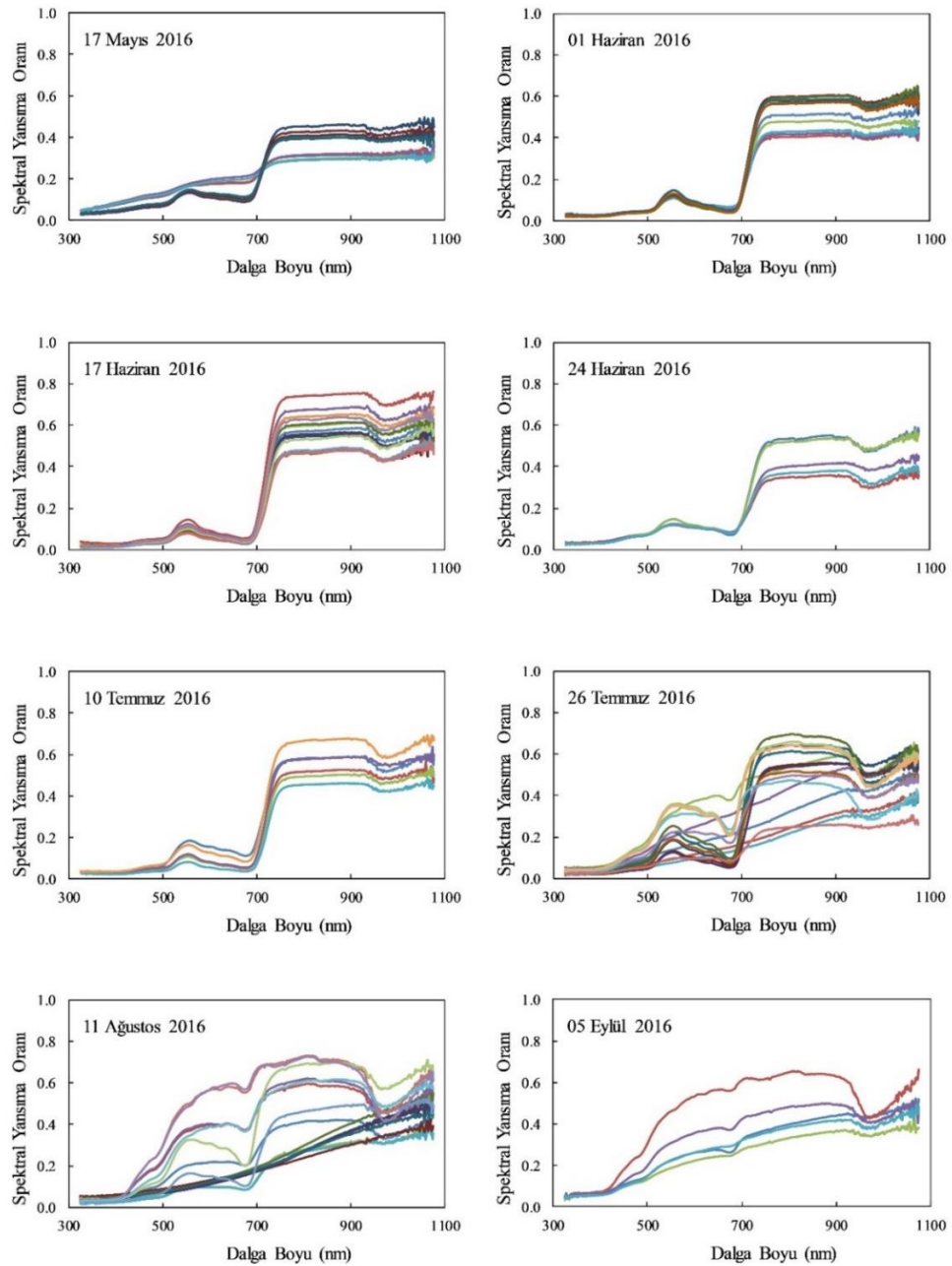
## Bulgular ve Tartışma

### Spektral Yansıtma Oranı Bulguları

Ayçiçeği bitkisi çalışma alanında yaygın bir biçimde tarımı yapılan bitkilerden birisidir. Bölgede hem yağışa dayalı hem de sulu koşullarda yetiştirilen ayçiçeğinde 2016 yılının farklı dönemlerinde spektroradyometre sistemi kullanılarak hiperspektral yansıtma oranı ölçümü yapılmış ve elde edilen sonuçlar grafik olarak sırasıyla Şekil 1' de verilmiştir. Bölgede ayçiçeği ekimi Mart ayının başlarından Nisan ayının sonlarına kadar sürebilmektedir. Bu farklılığın temel nedenleri arasında çeşit farkı, toprak özellikleri, sulama suyu varlığı ve üretici tercihleri sayılabilir. Ancak bu farklılık özellikle Mayıs ve Ağustos aylarında farklı alanlarda çok farklı hiperspektral imzaların elde edilmesine neden olmuştur. Örneğin 17 Mayıs 2016 tarihli ölçüm sonucunda elde edilen spektral imzalar farklı tarihlerdeki ekimi kanıtlar niteliktedir. Burada spektral yansıtma oranı değerleri iki farklı gruba ayrılmaktadır. Bu gruplardan birinde NIR ve RED bant değerleri arasındaki fark diğerine göre net bir biçimde daha fazladır. NIR ve RED arasındaki fark arttıkça vejetasyon miktarı artmaktadır. Genel olarak Haziran ve Temmuz aylarında beklenen spektral imza karakteri elde edilirken, Temmuz ayının sonu ve Ağustos ayının ilk döneminde ayçiçeğinde birbirinden oldukça farklı spektral imzalar belirlenmiştir. Tarafımızca yapılan arazi gözlemlerinde göre yağışa dayalı üretilen ayçiçeği bitkileri Ağustos ayının başlarında tamamen kurumakta ve bu parseller kurumuş ayçiçeği bitkileri ile kaplanmaktadır. Ayrıca bu parsellerde ölçümler sırasında sensörlerin görüş alanlarında kurumuş bitki ve arka planda kuru toprak yüzeyi yer almaktadır. Sulanan ayçiçeği bitkilerinde fenolojik farklılıklarla (taç ve süt dönemlerinin daha uzun sürmesi) birlikte vejetasyonun gelişmişlik bakımından tüm özellikleri de farklılık göstermektedir. Ancak Ağustos döneminde sulanan parsellerdeki ayçiçeği bitkilerinin spektral ölçümlerinde cihazın görüş alanında ayçiçeği tacı, geniş yapraklar ve arka planda az miktarda toprak bulunması özellikle 500 nm – 680 nm arasında diğer bitkilerden çok

farklı bir yansıma özelliği ortaya koymuştur. Eylül ayı ile beraber sulama uygulamaların kesilmesi ile kurumaya terk edilen ayçiçeği alanlarında belirlenen spektral imzalar da birçok bitkinin spektral imzasından önemli seviyede farklılık göstermektedir. Özellikle 325 – 900 nm aralığında genel olarak spektral yansıma oranının doğrusal olarak artması, yaklaşık 680 nm dalga boyundaki çukurun çok azalması veya ortadan kaybolması ve 970 veya 980 nm merkezli yansıma çukurunun çoğunlukla varlığı

devam ettirmesi bu farklılığın en önemli kanıtları arasında sayılabilir. Burada belirtilen spektral özelliklere göre, yarı kurak bölgelerde ayçiçeğinde Temmuz sonu veya Ağustos başı gibi yapılacak ölçümler veya görüntülemeler sulama ile veya yağışa dayalı yetiştiriciliğin ayırt edilmesine olanak sağlayabilecektir. Diğer yandan, olgunlaşma ve hasat dönemindeki spektral imza ayçiçeğinin diğer bitkilerden ayırt edilmesinde önemli bir veri niteliğindedir.



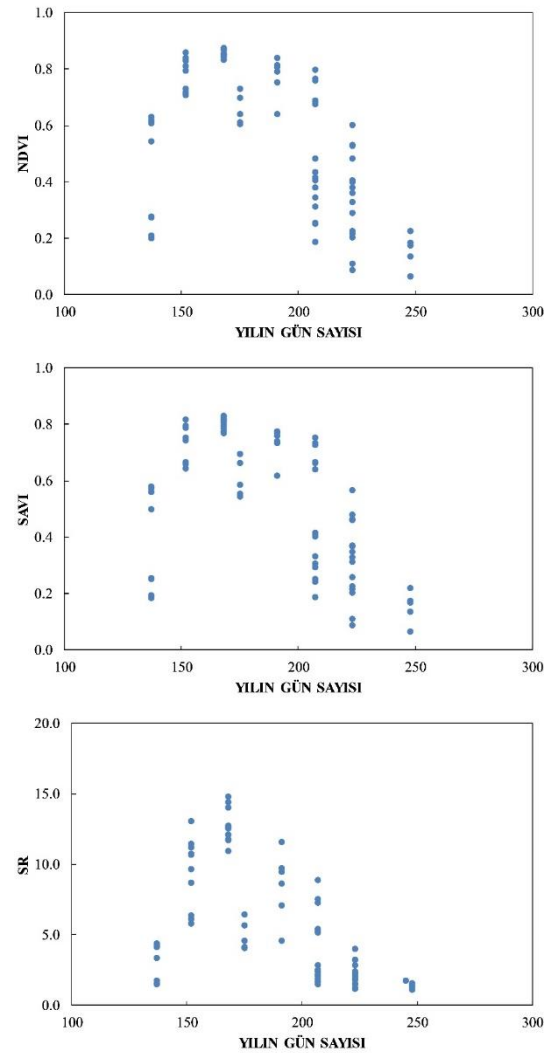
Şekil 1. Ayçiçeği bitkisinin yetiştirme dönemi boyunca spektral yansıma oranı değişimleri  
Figure 1. Spectral reflection changes during the growing period of sunflower

### Vejetasyon İndeksi Bulguları

Arazide spektrometre ölçümlerinden elde edilen NDVI, SAVI ve SR bulguları Şekil 2' de verilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde belirtilen vejetasyon indekslerindeki değişimler benzerlik göstermektedir. NDVI ve SAVI değerleri vejetasyon dönemi boyunca 0,06 ile 0,87 arasında belirlenirken SR değerleri ise 1,13 ile 14,82 arasında yer almıştır. Görsel olarak NDVI ve SAVI grafikleri arasında önemli bir farklılık olmamasına rağmen sayısal olarak bazı farklılıklar bulunmaktadır. Ayçiçeğinde 17 Mayıs 2016 (YGS 137) tarihinde yapılan ölçümlerde NDVI 0,20 ve 0,63 arasında değişim göstermektedir. Bu durum düşük NDVI değerine sahip parsellerde ekimin geç yapıldığı ve çıkışların yeni başladığı şeklinde yorumlanabilir. Bu tarihten itibaren NDVI değerleri hızlı bir şekilde artış göstermiştir. 01 Haziran 2016 (YGS 153) günü gerçekleştirilen ölçümlerde ortalama NDVI değeri 0,80'dir. Hava sıcaklıklarının yükselmesiyle birlikte bitki vejetasyonu artmaya devam etmiş ve 17 Haziran 2016 (YGS 169) gününde ortalama NDVI değeri 0,85 olarak tespit edilmiştir. Temmuz ayına gelindiğinde 10 Temmuz 2016 (YGS 192) günü NDVI değeri 0,77 olarak saptanmıştır. Temmuz ayının sonlarına yaklaşılırken çiçeklenme döneminin sona ermesiyle birlikte bitki sararmaya başlamış ve NDVI değerleri genel olarak azalma eğilimi göstermiştir. Bu tarihte üç farklı arazide yapılan yansıma ölçümleri sonucunda ortalama NDVI değerleri 0,27, 0,72 ve 0,39 olarak tespit edilmiştir. Parsellerden birinde NDVI değerinin yüksek olarak gerçekleşmesi, bu parselde yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin ikinci ürün olmasından kaynaklanmaktadır. Ağustos ayında yapılan ölçümlerde NDVI değeri 0,25' e kadar gerilemiştir. 5 Eylül 2016 (YGS 249) tarihindeki yapılan ölçümde ise NDVI 0,14 olarak tespit edilmiştir.

SAVI bulgularına göre bitkilerde çıkışların başlamasıyla 17 Mayıs 2016 (YGS 137)' da ortalama SAVI değeri 0,38 olarak belirlenmiştir. Haziran ayının başlarında SAVI değerleri artmaya başlamış ve 1 Haziran 2016 (YGS 153) tarihinde 0,79 olarak tespit edilmiştir. Haziran ayı boyunca

bitki vejetasyonunun gelişmesiyle birlikte SAVI değerleri hızlı bir şekilde artmaya devam etmiştir. 17 Haziran 2016 (YGS 169) ve 24 Haziran 2016 (YGS 176) tarihlerinde SAVI değerleri sırasıyla 0,80 ve 0,61 olarak tespit edilmiştir. 10 Temmuz 2016 (YGS 192) tarihinde ortalama SAVI değerleri 0,73 seviyesinde gerçekleşmiştir. Ağustos ve Eylül aylarındaki ortalama SAVI değerleri ise sırasıyla 0,32 ve 0,16 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Vejetasyon indeksi bulguları  
Figure 2. Vegetation index findings

Yapılan SR hesaplamaları dikkate alındığında en düşük SR değeri 05 Eylül 2016 (YGS 249) günü 1,13 olarak bulunurken en yüksek SR değeri ise 17 Haziran 2016 (YGS 169) tarihinde 14,82 olarak belirlenmiştir. 17 Mayıs 2016 (YGS

138) tarihinde yapılan ölçümlerde SR değerleri 1,50 ve 4,39 olarak tespit edilmiştir. Haziran ayının başlamasıyla birlikte SR değerleri artmaya başlamış 1 Haziran 2016 (YGS 153) ve 17 Haziran 2016 (YGS 169) tarihlerinde ortalama SR değerleri sırasıyla 9,49 ve 12,68 olarak gerçekleşmiştir. Bitkilerdeki sararmaların başlamasıyla birlikte ortalama SR değerleri azalmaya başlamış ve 24 Haziran 2016 (YGS 176) tarihinde 4,97 olarak tespit edilmiştir. Temmuz ve Ağustos aylarında benzer şekilde SR değerleri düşük gerçekleşmiştir. 5 Eylül 2016 (YGS 187) tarihinde SR 1,38 olarak tespit edilmiştir.

### Sonuç ve Öneriler

Elde edilen çalışma sonuçlarına göre, çiftçi koşullarında ayçiçeği bitkisinde vejetasyon dönemi boyunca gerçekleştirilen farklı tarımsal uygulamaların elektromanyetik spektrumun 325 – 1075 nm bölgesinde farklı spektral yansımaları oranı değerlerine neden olduğu saptanmıştır. Ayrıca spektral yansımaları oranı bulgularından elde edilen NDVI, SAVI, SR gibi vejetasyon indeksleri kullanılarak bitkinin farklı vejetasyon dönemlerindeki gelişme durumu hakkında bilgi sağlanabileceğini belirlenmiştir. Elde edilen bu bilgiler kullanılarak en yüksek verim hedefini gerçekleştirmek amacıyla tüm tarımsal uygulamalarla ilgili alınması gereken tedbirler planlanabilir. Sonuç olarak bitkilerin vejetasyon dönemi boyunca izlenmesi spektral yansımaları oranı ve spektral indeksler kullanılarak başarılı bir biçimde ortaya konulmuştur. Bu kapsamda tarımsal yönetimde önemli karar destek araçlarından biri olan bitki vejetasyon durumu etkili bir biçimde zamansal ve konumsal olarak belirlenebilmektedir. Ayrıca çalışma kapsamında elde edilen veriler uydu ve insansız hava aracından elde edilen görüntülerin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Çalışmada kullanılan yöntemlerin ayçiçeği bitkisinde başarılı sonuçlar vermesi bu yöntemlerin diğer bitkilerde de başarılı bir biçimde kullanılabilirliği şeklinde değerlendirilebilir. Bu sebeple gelecekte farklı bitkiler için yeni

çalışmaların yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

### Teşekkür

Bu çalışma TUBİTAK tarafından 114O534534 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

### Kaynaklar

- Allen R. G., Tasumi M ve Trezza R, 2007. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Model. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 133(4): 380-394
- Alves I. ve Pereira L. S., 2000. Non-water-stressed baselines for irrigation scheduling with infrared thermometers: a new approach. *Irrigation Science*, 19(2): 101-106.
- Anonim, 2015. [www.mgm.gov.tr](http://www.mgm.gov.tr).
- Anonim, 2016. [www.fao.org](http://www.fao.org).
- Aparicio N, Villegas D, Casadesus J, Araus J L ve Royo C, 2000. Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. *Agronomy Journal*, 92(1): 83-91
- Ayla C., 1974. Azot-Su İlişkileri ve Su Tüketiminin Tarla Parsellerinde Tespiti. Merkez TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Mudurluğu Yayınları, 7
- Carlson T. N. ve Ripley D. A., 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote sensing of environment*, 62(3): 241-252
- Hatfield J. L., Sauer T. J. ve Prueger J. H., 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency. *Agronomy Journal*, 93(2): 271-280
- Idso S., Pinter P. ve Reginato R., 1990. Non-water-stressed baselines: the importance of site selection for air temperature and air vapour pressure deficit measurements. *Agricultural and forest meteorology*, 53(1-2): 73-80
- Inoue Y., 1997. Remote sensing of crop and vegetative environment. *Journal of*

- Japan remote sensing society, 17(4): 57-67
- Jackson R., Pinter Jr P., Reginato R. ve Idso S., 1980. Hand-held radiometry: A set of notes developed for use at the Workshop of Hand-held radiometry.
- Jackson R., Reginato R. ve Idso S., 1977. Wheat canopy temperature: a practical tool for evaluating water requirements. *Water resources research*, 13(3): 651-656
- Jiang R., Xie J., He H., Kuo C-C., Zhu J. ve Yang M., 2016. Spatiotemporal variability and predictability of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in Alberta, Canada. *International journal of biometeorology*, 60(9): 1389-1403
- Kimura R., Okada S., Miura H. ve Kamichika M., 2004. Relationships among the leaf area index, moisture availability, and spectral reflectance in an upland rice field. *Agricultural Water Management*, 69(2): 83-100
- Köksal E., 2007. Sulama Suyu Yönetiminde Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanımı. *J. of Fac. of Agric., OMU*, 22(3): 306-315
- Köksal E. S., Güngör Y. ve Yildirim Y E., 2011. Spectral reflectance characteristics of sugar beet under different levels of irrigation water and relationships between growth parameters and spectral indexes. *Irrigation and Drainage*, 60(2): 187-195
- Kross A., McNairn H., Lapen D., Sunohara M. ve Champagne C., 2015. Assessment of RapidEye vegetation indices for estimation of leaf area index and biomass in corn and soybean crops. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 34: 235-248
- Kustas W. P. ve Daughtry C. S., 1990. Estimation of the soil heat flux/net radiation ratio from spectral data. *Agricultural and forest meteorology*, 49(3): 205-223
- Moran M., Clarke T., Inoue Y. ve Vidal A., 1994. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote sensing of environment*, 49(3): 246-263
- Peñuelas J., Gamon J., Fredeen A., Merino J. ve Field C., 1994. Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen-and water-limited sunflower leaves. *Remote sensing of environment*, 48(2): 135-146
- Peters A. J., Walter-Shea E. A., Ji L., Vina A., Hayes M. ve Svoboda M. D., 2002. Drought monitoring with NDVI-based standardized vegetation index. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 68(1): 71-75
- Sharma P., 2007. *Precision Farming*. New Delhi, Gene Tech Books.
- Siyal A. A., Dempewolf J. ve Becker-Reshef I., 2015. Rice yield estimation using Landsat ETM+ Data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 9(1): 095986-095986
- Vina A., Gitelson A. A., Rundquist D. C., Keydan G., Leavitt B. ve Schepers J., 2004. Monitoring maize (L.) phenology with remote sensing. *Agronomy Journal*, 96(4): 1139-1147