

Hiper Spektral Görüntülemenin Tarımda Kullanımı

Arif Behiç TEKİN¹, Eray ŞEN²

¹Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Bölümü

²Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü
Corresponding author: behic.tekin@ege.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 01.06.2017

Kabul Tarihi (Accepted): 05.09.2017

Özet: Tarımsal üretimde üreticilerin temel amacı yüksek gelirdir. Bunun için öncelikli hedef yüksek verim değerleri elde etmektir. Bunun yanında ürünün kalitesi de öne çıkmaktadır. Yüksek verimli ve kaliteli ürünler yetiştirmek için son zamanlarda hassas tarım faaliyetlerine gösterilen önem artmaktadır. Bu hassas tarım (akıllı tarım) faaliyetlerinin temelini ise gelişen teknoloji oluşturmaktadır. Günümüzde, hassas tarım teknolojileri arasında yer alan, küresel konum belirleme sistemi (GPS) ve uzaktan algılama gibi teknolojilerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bir uzaktan algılama yöntemi olan hiper spektral görüntüleme ise henüz geliştirilmekte olan bir sistemdir. Hiper spektral görüntüleme de, tıpkı uydu görüntülerinin kullanıldığı uzaktan algılamada olduğu gibi, üzerinde hiper spektral kameralar bulunan yer ya da hava platformları kullanılarak toprak ve bitki yüzeyinden yansıyan ışınlar yardımıyla görüntülenen alanla ilgili bilgi edinmeyi sağlamaktadır. Bu makalede, hiper spektral görüntüleme ile ilgili tarımsal alanlarda yapılmış çalışmalardan bazıları özetlenmiştir. Buradaki amaç, tarımda geleceğin teknolojileri arasında yer alması beklenen bu teknolojinin önemini ve avantajlarını ve kullanım alanlarını belirtmektir.

Anahtar kelimeler: Hassas tarım, hastalık tespiti, yabancı ot tespiti, sulama programlaması

Use of Hyperspectral Imaging in Agriculture

Abstract: In Agriculture, the main aim for growers is high income. So the primary target is to obtain high yield. Beside this, crop quality has become prominent also. Recently the importance of precision agricultural activities is increasing for cultivation with high yield and quality. The basis of these precision agricultural activities is creating developing technology.

Nowadays, using the technologies for the precision agriculture such as GPS (Global Positioning System) and remote sensing are increasing. Hyper spectral imaging is one of the remote sensing methods and is getting developed system. Hyperspectral imaging just as remote sensing using satellite images will provide information about the field through the reflection of light from the soil and plant surface via carried hyper-spectral cameras on platforms and unmanned aerial vehicles.

This paper is a review about using hyperspectral imaging in agricultural fields. The aim of this study is to indicate importance and advantages of this technology which is expected to take part future in agricultural.

Key words: Precision agriculture, disease determination, weed discrimination, irrigation scheduling

GİRİŞ

Tarımsal üretimde ürün yetiştiriciliğinin her aşamasında, minimum girdi ile maksimum verim ve en iyi kalitede ürün elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bunun yansısı çevreye duyarlı bir yetiştiricilik de öncelikli hedeflerin arasında yer almaktadır. Kaynakların optimum kullanımına bağlı olarak verimin ilkelerini göz önünde tutarak, bilişim teknolojilerinin tarımsal üretimle bütünleştirilerek

arttırılması ve çevrenin korunması esasına dayalı yetiştiricilik "hassas tarım" ya da "akıllı tarım" olarak tanımlanmaktadır.

Tarımda insan ve hayvan gücünün kullanımından motor gücüne geçişin devamı niteliğinde olan akıllı tarım uygulamaları, ekonomi ve çevre koruma kullanılmasını sağlamaktadır. Akıllı tarım, girdi kullanımının azaltılması konusundaki baskılar altında,

geliştirilmiş bilgi ve kontrol sistemlerinin kullanımıyla etkinliğin artırılması sayesinde kısıtlı kaynakların israfının önüne geçmeyi, ürünün brüt getirisini artırmayı ve üretimden kaynaklanan çevresel kirliliği en aza indirmeyi amaçlamaktadır.

Akıllı tarım teknikleri, toprak işlemeden hasada kadar bitkisel üretimin hemen her döneminde kullanılabilmektedir. Uygulamada toprak analiz toprak işleme, ekim, gübreleme, ilaçlama, ürün koşullarını izleme ve hasat işlemlerinin daha etkin bir şekilde yerine getirilmesinde bu tekniklerden yararlanılabilmektedir [1].

Akıllı tarım; kontrol, elektronik, bilgisayar ve veri tabanı ile hesap bilgisini bir araya getirerek gelişmiş bir sistem yaklaşımı ortaya koymaktadır. Ortaya konan bu sistem teknolojisinin temel bileşenleri:

- Küresel konum belirleme sistemi (Global Positioning Systems, GPS),
- Coğrafi bilgi sistemi (Geographical Information Systems, GIS),
- Uzaktan algılama (Remote Sensing)
- Veri İşleme (Data Mining),
- Değişken oranlı girdi uygulama (Variable Rate Application, VRA)'dır [1, 2]

Hiper Spektral Görüntü Algılama

Uzaktan algılama (temassız algılama) teknolojisinin içerisinde yer alan hiper spektral görüntü algılama, nesne (organik/inorganik) yüzeylerinden yansıyan enerjinin dar ve bitişik çok sayıda dalga boyu bandında ölçümü ve elektromanyetik spektrumdan gelen verilerin kayıt edilmesi ve işlenmesidir. Günümüzde gelişmekte olan ve kullanım alanları yaygınlaşmakta olan bu teknoloji; tarım, askeri, madencilik, fizik, astronomi, çevre, göz bakımı gibi pek çok alanda kullanılmaktadır [3].

İnsan gözü 0,4-0,7 μm (400-700 nm) aralığını renk olarak algılar. Hiper spektral görüntülemeye ise bu aralık genellikle 0,4-2,5 μm (400-2500 nm) olarak tasarlanır. Görünür, yakın kızılötesi ve orta kızılötesi aralığını içine alan bu geniş bant aralığı nesne tanımlamasında (ayrıştırma) kritik öneme sahiptir. Böylece, hiper spektral görüntüleme, tıpkı diğer uzaktan algılama tekniklerinde (uydu görüntüleri, multi spektral görüntüler) olduğu gibi insan gözünün algılayamadığı spektral bantlarda ve dalga boylarında veri sağlayarak bitki yetiştiriciliğinin farklı aşamaları, bitki ihtiyaçları, verim tahminleri gibi konularda araştırmacılara ve yetiştiricilere önemli bilgiler sağlamaktadır [4].

Hiper spektral alıcıların en belirgin özelliği, multi spektral görüntülerden farklı olarak çok daha fazla bantta sahip olmalarıdır. Ancak, alıcıları hiper spektral yapan özellik bant sayısından çok, bantların ne kadar

dar ve birbirine ne kadar bitişik olduğudur. Ayrıca, hiper spektral görüntü algılama; görünür ışıktan kısa dalga kızılötesine kadar olan bölgedeki birkaç yüz spektral bant çözme yeteneğine sahip olup ve sürekli spektral özelliklerin analiziyle, daha fazla fitobiyojik bilgi sağlamayı mümkün kılabilir [5].

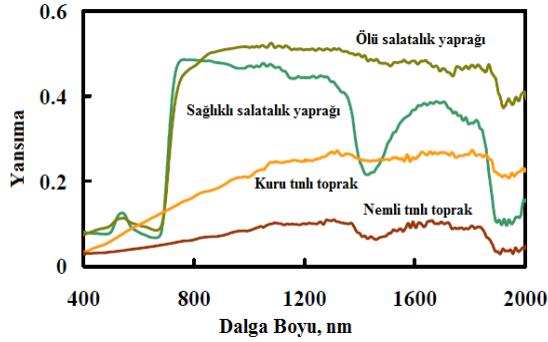
Hiper Spektral Görüntülemenin Tarımda Kullanımı

Tarımda hiper spektral görüntüleme; tarımsal ürünlerin sınıflandırılması, hastalık, zararlı ve yabancı otların kontrolü, bitki su içeriğinin tahmini ve sulama zamanı kontrolü, bitki stres durumunun izlenmesi, verim tahmini gibi alanlarda kullanılmaktadır. Hiper spektral analiz; bitkilerin verimlilik ve stresleri, canlı bitkilerdeki ve topraklardaki biyokimyasal ve mineral bileşenler, türlerin sınıflandırılması ve bitki bölümleri ve toprak tipleri hakkında daha fazla fitobiyojik bilgi sağlayabilir. Geniş kullanım alanı sayesinde ürün yetiştiriciliğinin her aşamasında, arazi ve bitki durumu izlenerek oluşabilecek problemlerin belirtileri gözle görünür hale gelmeden ve kısa sürede belirlenmesini ve böylece anında müdahale edilmesini sağlamaktadır.

Kırmızı ve yakın kızılötesi spektral bölgelerden ölçülen yansıma değerlerine bağlı olarak üretilen bazı vejetasyon indeksleri, olası net birincil üretim (NPP, Net Primary Production) ve yaprak alan indeksi (LAI, Leaf Area Index) tahminini mümkün kılmıştır. Görünür bölge ile birlikte yakın kızılötesi bölgeyi de içeren aralıktaki spektral özelliklerin analizi; pigment, su, mineral ve besinler ve aynı zamanda ekin bitki türleri, üretimi ve yetiştirme koşulları hakkında daha faydalı bilgi sağlayabilir. Bundan dolayı hiper spektral uzaktan algılamanın, akıllı tarım uygulamalarında anahtar araç olması beklenmektedir [11].

Yapraktaki klorofil, karoten ve ksantofil gibi fotosentetik pigmentlerin kullandığı ışınım emilimi, görünür bölgede (400-700 nm) yoğunlaşmıştır. Yaprak yansıması büyük ölçüde 690-740 nm (kırmızı kenar)'lik bölgede artmaktadır. Toprağın yansımasındaki değişim ise spektrum boyunca önemsiz olmasına rağmen, tepe değerine 1300 nm (yakın kızılötesi)'de ulaşmaktadır. Yüksek yaprak yansıması ile yakın kızılötesi bölgedeki dalga boylarının kullanımı toprak zeminden bitkilerin kolay ayrılmasına izin vermektedir. Renk bilgisi (ton, canlılık, açıklık) içeren görünür bölgenin spektral analizleri; yaprak, taç yaprak, meyve, bitkilerin başka bölümleri ve büyüme analizlerine ayrılması için etkilidir. Ayrıca yapraktan gelen yansıma değerlerine göre bitki su durumu tahmin edilebilmektedir [6, 7, 11].

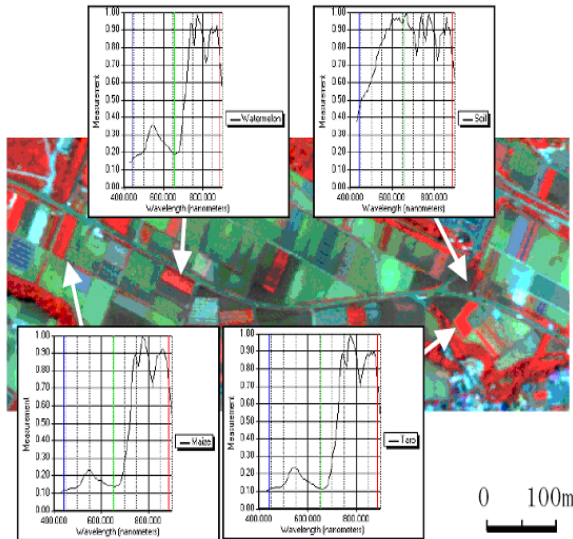
Hiper spektral veriler; çeşitli bitkilerin ve tarla toprakları gibi diğer toprak örtüsünün spektral özelliklerinin analizinde kullanışlıdır [8].



Şekil 1. Sağlıklı ve ölü (kuru) salatalık yapraklarının ve nemli ve kuru tınlı toprakların tipik yansıma spektrumları.

Figure 1. Typical reflection spectra of healthy and dead (dry) cucumber leaves and moist and dry loamy soils.

Şekil 2, Tokyo'nun yaklaşık 50 km güneyinde, Miura Yarımadasındaki çiftlikteki üç tarla bitkisi (karpuz, mısır ve gölevez) ve tınlı toprakla kaplı dört alanın spektral özelliklerini göstermektedir. Spektral özellikler, AISA (Spektral Imaging, ABD) tarafından 430 ile 900 nm aralığında, 70 banddan, 2 m mekansal çözünürlükle ölçülen havadan alınan hiper spektral görüntülerden elde edilmiştir.



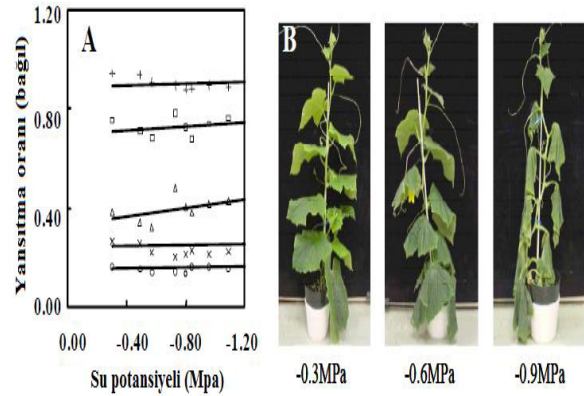
Şekil 2. Çiftlikteki üç tarla bitkisi (karpuz, mısır ve gölevez) ve bir balçık alanın havadan hiper spektral görüntülerle elde edilen spektral özellikleri.

Figure 2. Spectral properties of a slime field and three field crops (watermelon, maize and taro) in the farm obtained by aerial hyperspectral images.

Şekilde tarla ürünlerinin spektral özellikleri, görünen aralıktaki fotosentetik pigmentler tarafından büyük bir emilim ortaya koymaktadır. 690 ile 740 nm aralığındaki kırmızı kenar bölgesinden başlayan ve 900 nm'ye kadar devam eden dik bir artış bulunmaktadır. Tınlı toprağın özellikleri, tarla bitkilerinin yansıma spektrumundan açık şekilde farklıdır. Ancak, 740 nm ötesindeki yüksek yansıma bölgesinde bazı düşüşler bulunmaktadır. Bunlara atmosferdeki O₂ (760 nm seviyesinde); atmosferdeki H₂O (960 nm seviyesinde), bitki örtüsü ile toprak ve diğer faktörler sebep olmaktadır.

Şekil 3'te yaprak su durumu, spektral yansıma kullanılarak tahmin edilmiştir. 850 nm ile 1450 nm arasındaki bant oranı, bir kuru yaprağın su potansiyeli olan -7,1 MPa'nın üstündeki su potansiyelleri arasında iyi bir doğrusal ilişki ($R^2 = 0,91$) göstermiştir fakat -1,2 MPa'nın üstünde su potansiyeline sahip geri kazanılabilir yaprakların bant oranında sadece küçük değişiklikler meydana gelmiştir [9].

Bitki su stres durumunu izlemek için farklı sulama suyu dozu uygulanan asmada gün doğumu öncesi yaprak su potansiyeli ile bazı vejetasyon indeksleri arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmada elde edilen korelasyonlar Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 3. (A) -1,2MPa üstünde su potansiyeli ile geri kazanılabilir salatalık yapraklarının yansıma bant oranındaki değişimler (B) bitkiler [9]. A: semboller x=550nm/850nm, bant oranı; o=680/850; +=1,200/850; Δ=1,450/850; □=1,650/850.

Figure 3. (A) Changes in the reflection band ratio of recyclable cucumber leaves with water potential above -1.2 MPa, (B) crops [9]. A: symbols x=550nm/850nm, band ratio; o=680/850; +=1,200/850; Δ=1,450/850; □=1,650/850.

Tablo 1. Gün doğumu öncesi yaprak su potansiyeli ile vejetasyon indeksleri arasındaki korelasyon [10].

Table 1. The correlation between vegetation indices and predawn leaf water potential [10].

Vejetasyon İndeksi	Blok 1 (n=27)	Blok 2 (n=30)
VARI	0,55***	0,58***
GI	0,37***	0,51***
NDGI	0,45***	0,54***
PRI	0,39***	0,39***
TCARI	0,03	0,02
WI	0,00	0,59***
NDVI	0,09	0,20*
SAVI	0,23*	0,17*
OSAVI	0,27**	0,21*

Tablo incelendiğinde yaprak su potansiyeli ile en iyi korelasyonu gösteren vejetasyon indekslerinin VARI (Visible Atmospherically Resistant Index - Görünür Atmosferik Direnç İndeksi), GI (Greenness Index - Yeşillik İndeksi) NDGI (Normalized Difference Greenness Index - Normalleştirilmiş Fark Yeşillik İndeksi) ve PRI (Photochemical Reflectance Index- Fotokimyasal Yansıma İndeksi) oldukları görülmektedir. TCARI (Transformed Chlorophyll Absorption in Reflectance Index- Yansıma İndeksinde Dönüştürülmüş Klorofil Absorpsiyonu), WI (Water Index - Su İndeksi), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi), SAVI (Soil Adjust Vegetation Index-Toprağa Göre Ayarlanmış Vejetasyon İndeksi) ve OSAVI (Optimized Soil-Adjust Vegetation Index -Optimize Edilmiş Toprağa Göre Ayarlanmış Vejetasyon İndeksi) gibi indekslerin ise iyi korelasyonlar göstermediği görülmüştür. Tablodaki bu sonuçlara göre yaprak su potansiyeli tahmini için hiper spektral görüntülerden elde edilen veriler ışığında daha yüksek ve daha istikrarlı r^2 sonuçlarına sahip VARI ve NDGI indekslerinin kullanılabileceği önerilmiştir. Suarez vd. (2010) [12], farklı sulama rejimlerine tabi bitkilerde meyve kalitesinin değerlendirilmesi için bir çalışma yapmışlardır. Şeftali, nektarin ve portakal ağaçlarında

fotokimyasal yansıma indeksi (PRI) izlemek için yüksek mekânsal çözünürlüklü multi spektral görüntüleme ve bireysel ağaçlardaki su durumunu izlemek için ksilem su potansiyelini kullanmışlardır. Yaprak ve havadan kanopi düzeyinde ksantofil epoksidasyon durumu (EPS) ve PRI arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla yaprak örnekleri toplamışlardır. Hasatta, meyve kalitesini belirlemek için meyve büyüklüğü, toplam çözünebilir kuru madde (TSS), titre edilebilir asitlik (TA) değerlerini ölçmüşlerdir.

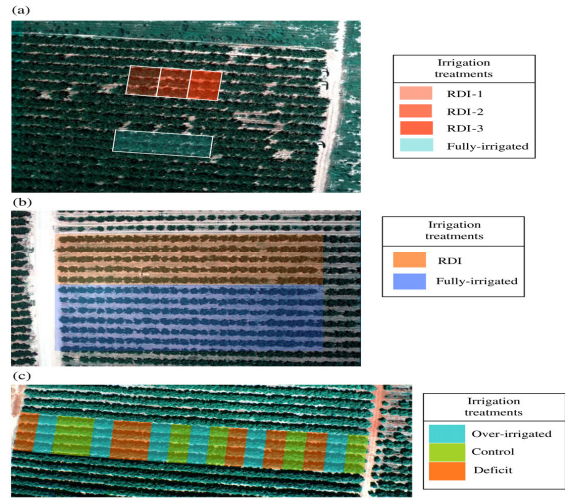
**Şekil 4. Çalışma alanının havadan görüntüsü. a; şeftali, b; nektarin, c; portakal**

Figure 4. The aerial view of the study area. a; peach, b; nektarin, c; orange.

Yapmış oldukları istatistiksel analiz sonucunda, EPS ve PRI arasında yaprakta ($r^2=0,81$) ve kanopi seviyesinde ($r^2=0,41$) istatistiksel olarak önemli ilişkiler bulunmuştur. Meyve gelişimi boyunca havadan elde edilen görüntülerden hesaplanan taç PRI değeri ile TSS/TA arasında $r^2=0,50$ düzeyinde ilişki bulunmuştur. PRI zaman serisi integrali ile TSS/TA arasındaki ilişki şeftali için $r^2=0,72$, nektarin için $r^2=0,61$ elde edilmiştir.

Rallo vd. [13] yaz sezonunda Sicilya'da Yaprak Su Potansiyeli (YSP) ile tam spektral ölçümler (350-2500 nm) arasındaki korelasyonu araştırmışlardır. YSP değerleri ağaç kanopi seviyesinde, görünür bölgede optimize edilmiş Normalleştirilmiş Fark Yeşil İndeksi (Normalized Difference Greenness Index) (NDGI, $R^2=0,57$), Yeşil İndeksi (The Green Index) (GI, $R^2=0,39$) ve Nem Spektral İndeksi (Moisture Spectral Index) (MSI, $R^2=0,48$) değerleriyle incelenmiştir.

SONUÇ

Hiper spektral görüntüleme teknolojisi, günümüzde tarım dâhil birçok alanda kullanılmakta ve kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Yeni kullanım alanlarının artmasıyla teknolojik gelişiminin sürmesi yadsınamaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bahsedilen yararlarından ve kullanım olanaklarından dolayı hiper spektral görüntülemenin özellikle tarımda geleceğin vazgeçilmez teknolojileri arasında yer alması beklenmektedir.

Tarımsal alanlarda yapılan akademik çalışmalar ışığında, girdi kullanımını azaltıp verimi artırıcı yeni tekniklerin geliştirilmesi mümkün gözükmektedir. Böylece, üzerinde hiper spektral kameralar bulunan platformlar kullanılarak, hastalık-zararlı ve yabancı otların anlık izlenmesi ve kısa sürede müdahale ile verim kaybının azaltılması hatta hastalık-zararlı veya

yabancı otların yoğun olduğu alanlar ile zayıf olduğu alanlar arasında ilaç etken maddesinin değiştirilmesi ve doz kullanımının ayarlanması ile çevreye duyarlı ve girdi kullanımını azaltıcı mücadele yapılması, sulama konularında bitki tabanlı suyun izlenmesi ile suyun optimum kullanımı ve hatta suyun kısıtlı olduğu bölgelerde su kısıtı uygulayarak en yüksek verim elde edilmesi olanaklı olacaktır. Ekim öncesi toprak yansıma değerlerinden de toprak besin içeriği hakkında bilgi elde edilerek arazide homojen yetiştiriciliğinin yapılması sağlanacaktır.

Sonuç olarak; tarımsal üretimde hiper spektral görüntüleme teknolojisinin kullanımı, çevreye duyarlı yetiştiricilik yapmak, girdi kullanımını düşürerek maliyeti azaltmak böylece gıda fiyatlarının düşmesini sağlayarak verimi yükseltecek geleceğin önemli bir teknolojisi arasında yer alacaktır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- www.zmo.gov.tr – Hassas Tarım Teknolojisi. Erişim Tarihi: 20.12.2016
- Türker, U. 2001. Hassas Tarım Tekniği, Türk-Koop Ekin, 16: 100-106.
- De Baerdemaeker, J., A. Munack, H. Ramon, and H. Speckmann. 2001. Mechatronic systems, communication, and control in precision agriculture. *IEEE Contr. Syst. Mag.* 21: 48-70.
- Hashimoto, Y. 1989. Recent strategies of optimal growth regulation by the speaking plant concept. *Acta Hortic.* 260: 115-121.
- Myers, V. I. 1983. Remote sensing applications in agriculture. *Manual of Remote Sensing*, 2nd ed., Vol. II, ed. R. N. Colwell, 2111-2228. VA: Amer. Soc. Photogrammetry.
- Shippert P. "Introduction to Hyperspectral Image Analysis", *Online Journal of Space Communication*, Ohio University, Athens, 2003.
- Omasa, K., and I. Aiga. 1987. Environmental measurement: Image instrumentation for evaluating pollution effects on plants. *Systems and Control Encyclopedia*, ed. M. G. Singh, 1516-1522. Oxford, UK: Pergamon Press.
- Demetriades-Shah, T. H., M. D. Steven, and J. A. Clark. 1990. High resolution derivative spectra in remote sensing. *Remote Sens. Environ.* 33: 55-64.
- Fujino, M., R. Endo, and K. Omasa. 2002. Nondestructive instrumentation of water-stressed cucumber leaves— Comparison between changes in spectral reflectance, stomatal conductance, PSII Yield and shape. *Agr. Inform. Res.* 11: 161-170.
- Poças, I., Rodrigues, A., Gonçalves, S., Costa, P.M., Gonçalves, I., Pereira, L.S., ve Cunha, M., 2015. Predicting grapevine water status based on hyperspectral reflectance vegetation indices. *Remote Sensing* 7, 16460-16479.
- Omasa, K., 2006. Section 5.1 Image Sensing and Phytobiological Information, pp. 217-231 of Chapter 5 Precision Agriculture, in *CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology*. Edited by CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering; Volume Editor, Axel Munack. St. Joseph, Michigan, USA: ASABE. Copyright American Society of Agricultural Engineers. Editörler: Sefa Tarhan ve Mehmet Metin Özgüven.
- Suárez L., Zarco-Tejada P.J., González-Dugo V., Berni J.A.J., Sagardoy R., Morales F. ve Fereres E., 2010. Detecting water stress effects on fruit quality in orchards with time-series PRI airborne imagery. *Remote Sensing of Environment* 114, 286-298.
- Rallo, G., Minacapilli, M., Ciraolo, G. and Provenzano, G. 2014. "Detecting crop water status in mature olive groves using vegetation spectral measurements", *Biosystem Engineering*, 128, 52-68.