



Isparta Gülü (*Rosa damascena* Mill.) Klorofil İçeriğinin Hiperspektral Algılama Teknikleriyle Tahmini

Levent BAŞAYIĞIT*1, Rabia ERSAN

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 32200, Isparta

(Alınış Tarihi: 05.11.2013, Kabul Tarihi: 24.01.2014)

Anahtar Kelimeler

Isparta gülü
(*Rosa damascena* Mill.),
Hiperspektral
algılama yöntemi,
Klorofil.

Özet: Bu çalışmada, Isparta Gülünün klorofil içeriği hiperspektral algılama yöntemiyle arazi koşullarında belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi gül bahçesinde yürütülmüş ve 33 hafta sürmüştür. Çalışma süresince bahçede normal yetiştirme faaliyetleri uygulanmıştır. Klorofil içeriğini tahmin etmek amacıyla canlı bitki yapraklarından 325-1075 nm dalga boyları arasında spektral yansımalar ölçülmüştür. Ayrıca aynı örnekler kullanılarak klorofil içerikleri analiz edilmiştir. Spektral yansıma ölçümlerinin logaritması ile klorofil içerikleri stepwise çoklu lineer regresyon analiz yöntemiyle ilişkilendirilmiş tahmin modelleri oluşturulmuştur. Çalışma sonunda, hiperspektral tekniklerle arazide ölçülen yansıma değerleri kullanılarak gül yapraklarının klorofil a, klorofil b ve klorofil a+b içeriğinin 30 Nisan ve 6 Mayıs tarihinde en yüksek doğrulukla tahmin edilebildiği ortaya konmuştur.

The Prediction of Chlorophyll Contents of Isparta Roses (*Rosa damascena* Mill.) Using Hyperspectral Sensing

Keywords

Isparta rose
(*Rosa damascena* Mill.),
Hyperspectral
sensing method,
Chlorophyll.

Abstract: In this study, the chlorophyll content of Isparta rose was determined by hyperspectral sensing method in field. The study was carried at rose garden in Suleyman Demirel University during 33 weeks. At experiment, the normal growing activities were applied on the rose garden. The spectral reflection values were obtained from leaves of living plants at 325-1075 nm wavelengths. Furthermore, the chlorophyll content was analyzed using the same leaves samples. Logarithm of the spectral reflectance values and chlorophyll contents were evaluated by the method of stepwise multiple linear regression analysis. The models were produced for prediction of chlorophyll contents. At results, it was found that the contents of chlorophyll a, chlorophyll b and chlorophyll a+b of rose leaves were predicted with highest accuracy on April 30 and May 6 using hyperspectral sensing methods in field.

1. Giriş

Klorofile sahip hücreler, fotosentez sonucu ışık enerjisi karşısında karbondioksit ile suyu özümlem oksijeni bağımsız hale geçirerek karbonhidratları oluştururlar. Fotosentez olayında görev yapan en aktif pigmentler bitkilerin yeşil pigmentleri olan klorofillerdir. Bitkilerde sekiz değişik klorofil bulunmakla birlikte, bol miktarda bulunan ve en iyi bilinenler klorofil-a ve klorofil-b'dir (Demirtaş vd., 2009). Bitki gelişmesindeki herhangi bir olumsuzluk bu iki pigmentin oluşumunu etkilemektedir. Bitkiler

yaşamları sürecinde birçok stres faktörleri ile karşılaşmaktadırlar. Bitki üzerinde ender olarak tek başlarına etki yapabilen bu stres faktörleri, genellikle etkilerini eş zamanlı olarak gerçekleştirmektedirler. Biyotik (patojen, diğer organizmalarla rekabet vb.) ve abiyotik (kuraklık, tuzluluk, radyasyon, yüksek sıcaklık veya don vb.) stresler tüm bitkilerin normal fizyolojik işlevlerinde değişikliklere yol açmaktadır. Tüm bu stres etmenleri bitkilerin biyosentetik kapasitelerini azaltır, normal fonksiyonlarını değiştirir ve bitkinin ölümüne yol açabilecek

* İlgili yazar: leventbasayigit@sdu.edu.tr

zararlara neden olabilirler (Lichtenhaler, 1996; Kalefetoğlu vd. 2005). Bu olaylar sonucunda ekonomik öneme sahip bitkilerde verim ve kalite sorunları ortaya çıkar.

Bitkinin stres karşısında verdiği ilk tepki klorofil içeriğinde azalma şeklinde görülmektedir. Klorofil içeriğinin tespiti stresin şiddetini belirlemede kullanılmaktadır. Klorofil içeriğinin zamanında tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması ile bitkilerde verim kayıplarının önüne geçilmekte, ürünlerin kalitesinde oluşan azalma engellenebilmektedir. Bitki klorofil içeriğinin belirlenmesinde kimyasal analiz metodu, kalitatif olarak tahmin edilmesinde klorofilmetre yaygın kullanıma sahiptir. Yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi, bitkilerin klorofil içeriğinin tahmininde kullanılabilirliğinin araştırıldığı konulardandır. Bu sistemin avantajı tek ölçümle elde edilen yüzlerce değerin istatistik olarak karşılaştırılmasına uygun olması dolayısıyla klorofil çeşitleri için ayrı ayrı tahminler yapmaya imkân vermesidir.

Sağlıklı, yeşil bitkilere ait spektral yansıma eğrileri çoğu kez birbirini izleyen tepe ve çukurlar şeklindedir. Spektrumun görülen kısmındaki çukurlar, bitki yapraklarındaki pigmentler nedeniyle oluşur. Çünkü klorofil a ve klorofil b adı verilen maddeler yaklaşık 0.45 ve 0.67 μm değerlerine, merkezlenmiş dalga boyu bantlarındaki enerjiyi kuvvetli bir şekilde soğurur (Senanda, 1986; Kavak, 1998). Mavi ve kırmızı enerjinin sözü edilen bu değerlerde bitki yaprakları tarafından soğurulması ve yeşil enerjinin de bu oranda yansması, gözlerin sağlıklı bir bitki örtüsünü yeşil renkte algılamasına yol açar. Eğer bir bitki türü normal büyüme ve verimliliğini engelleyen bazı zorlamalara konu oluyorsa klorofil üretimi azalmış veya durmuş demektir. Bu durumda mavi ve kırmızı bantlarda daha az enerji soğurulup sağlıklı yeşil renginde bozulmalar gözlenecektir (Kavak, 1998). Yapraklarda besin elementi eksiklikleri, su kaybı, yüksek tuzluluk veya hastalık ve zararlılar nedeniyle oluşan kloroz veya diğer belirtiler özellikle görünebilir yakın kızılötesi bölgede (400-1100 nm) farklı stres koşulları altındaki bitkiler sağlıklı bitkilere göre daha az yansıma göstermektedir (Laudien vd., 2003).

Klorofil içeriği ile yansıma arasındaki ilişki farklı açılardaki foreoptik mercekler ve bitki probu kullanılarak tespit edilmekte, tahmin denklemlerinin oluşturulmasında doğrudan yansıma değerleri kullanılabilirliği gibi yansımaların logaritmaları yada türevleri kullanılarak r^2 değerleri belirlenebilmektedir (Başayığıt vd., 2009).

Bu çalışmada, ekonomik öneme sahip güllü klorofil içeriği hiperspektral yansıma yöntemleri ile belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Gül Bahçesi ile Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmada gül bahçesinden normal gelişme özelliği gösteren beş yaşlarında 5 anaç seçilmiştir. Seçilen bitkilerin yaprakları 1.5 cm'ye ulaştığı zaman 3 paralelli olacak şekilde örnekleme başlanmış Ekim ayının sonuna kadar toplam 33 hafta boyunca devam edilmiştir. Yaprak örnekleri çiçeklenme sürgünü üzerindeki tam güneş ışığına maruz kalmış üst yapraklardan alınmıştır (Kaçar ve İnal, 2008).

Seçilen örneklerde ilk olarak yansıma ölçümleri yapılmıştır. Yansıma ölçümlerinde ASD FieldSpec HandHeld spektrometre ve bitki probu kullanılmıştır. Spektral yansımalar 325-1075 nm (1 nm aralıkla 750 bant) dalga boyları arasında ölçülmüştür. Spektral ölçümlerin yapıldığı yapraklar sapları ile birlikte koparılıp ışık geçirmeyen kilitli örnek poşetlerine konulup klorofil analizi için soğuk zincirde laboratuvara götürülmüştür. Örnekleme tarihleri ile aynı gün taze yapraklarda klorofil analizleri yapılmıştır. Klorofil analizlerinde T80 UV/VIS model ultraviyole ve görünür bölge spektrofotometresi kullanılmış, klorofil a, klorofil b ve klorofil a+b miktarları Arnon (1949)'a göre belirlenmiştir.

Elde edilen yansıma değerleri ASD RS3 ve ViewSpec Pro yazılımları kullanılarak logaritması oluşturulmuş, laboratuvar analizleri ile stepwise çoklu linear regresyon analiz yöntemiyle istatistikî olarak karşılaştırılmıştır. Sonuçta 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 dalga boyundan elde edilen spektral değerler kullanılarak klorofil tahminine yönelik matematiksel modeller üretilmiştir.

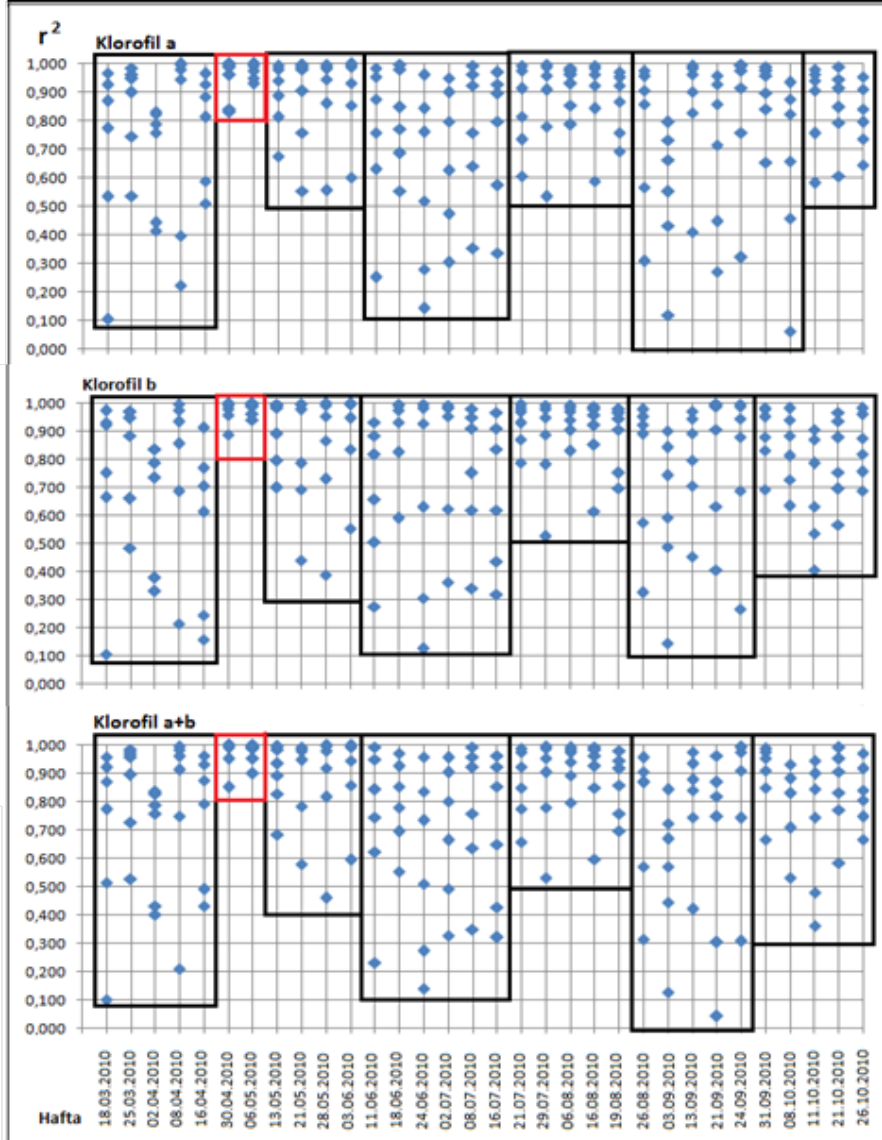
3. Bulgular

Yaprak örneklerinde yapılan klorofil analizleri sonuçlarına göre minimum ve maksimum değerler klorofil a için 0.629-1.755 ppm, klorofil b için 0.088-1.494 ppm ve klorofil a+b içeriği ise 0.106-2.301 ppm arasında değişmektedir. Örneklerin standart sapması klorofil a, b ve a+b için sıra ile; 0.209, 0.119 ve 0.303 olarak belirlenmiş, varyasyon katsayısı; 0.044, 0.014 ve 0.092 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada en düşük klorofil içeriği 28.05.2010 tarihinde en yüksek klorofil içeriği ise 26.08.2010 tarihinde belirlenmiştir. Yansıma eğrilerinin logaritmik değerleri ve klorofil analizlerinden elde edilen klorofil a, b ve a+b değerlerinin karşılaştırılması ile oluşturulan model denklemlerin r^2 değerleri 0.103-1.00 arasında değiştiği bulunmuştur. Şekil 1'de 33 hafta boyunca alınan örneklerin 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 dalga boyuna ait spektral yansımalar kullanılarak oluşturulan modeller ile klorofil içeriklerinin tahmininde elde edilen r^2 değerleri verilmiştir.

Modelin oluşturulmasında kullanılan dalga boyu sayısı azaldıkça doğal olarak modelin doğruluğunda da azalma olmaktadır. Ancak 30 Nisan ve 6 Mayıs tarihlerinde klorofil a, klorofil b ve klorofil a+b için oluşturulan modellerin tamamında (1, 2, 3, 4, 5 ve 6 dalga boyu kullanılarak) r^2 değeri 0.80-1.00 arasında bulunmuştur. Başka bir ifadeyle bu dönemde tek dalga boyuna ait spektral değerler kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde bile r^2 değeri 0.80'in üzerinde bulunmuştur. Oysa diğer haftalarda r^2 'nin 0.80'in üzerinde olduğu tahmin modellerinde daha fazla dalga boyu kullanılmıştır. Örneğin, 18 Mart-16 Nisan tarihleri arasında klorofil a, b ve a+b için 3 dalga boyu, 13 Mayıs-03 Haziran tarihleri arasında klorofil a ve a+b için 2 dalga boyu klorofil b için ise 3 dalga boyu, 11 Haziran-16 Temmuz tarihleri arasında klorofil a için 5 dalga boyu klorofil b ve a+b için 4 dalga boyu, 21 Temmuz-24 Eylül tarihleri arasında klorofil a, b ve a+b için 3 dalga boyu, 31 Eylül - 26 Ekim tarihleri arasında ise klorofil a, b ve a+b için 3 dalga boyu kullanılarak r^2 0.80'in üzerinde tahmin modeli üretilebilmiştir.

Araştırmanın yapıldığı 2010 senesinde Nisan ayının sonundan Mayıs ayının sonuna kadar geçen süre gül çiçeklerinde tomurcukların oluştuğu döneme karşılık gelmektedir. Bu nedenle klorofil içeriğinin en yüksek doğrulukla tahmin edildiği bu dönem gülün vejetasyon dönemi içerisinde "Gül Çiçeği Tomurcuk Evresi" olarak tanımlanmıştır.

30 Nisan yaprakların çok sağlıklı olduğu, gül tomurcuklarının oluşmaya başladığı dönemdir. Bu dönemde yaprak genişliği 3-4 cm, yaprak boyu ise 4-4.5 cm ye ulaşmıştır. Ayrıca yapraklanma oranı % 50-60 arasındadır. Bu dönemde örneklerin klorofil içeriği klorofil a, b ve a+b için sıra ile 1.40, 0.53 ve 1.92 ppm olarak belirlenmiştir. 30 Nisan tarihinde alınan yaprak örneklerinde yapılan klorofil analizi ve yansıma ölçümlerinin logaritması kullanılarak elde edilen model ve tahmin denklemi Çizelge 1'de verilmiştir



Şekil 1. Klorofil içeriklerinin tahmininde oluşturulan modellerin doğruluklarının vejetasyon dönemine göre dağılımı

Çizelge 1. 30 Nisan tarihinde elde edilen tahmin model denklemleri

Klorofil-a Tahmin Modeli		TAHMİN
BANT	MODEL	DENKLEM
1 Bant	=8.46+(-5.008*386nm)	y = 0.8307x + 0.6549
2 Bant	=10.898+(-5.152*386nm)+(-1.562*373nm)	y = 0.8398x + 0.2244
3 Bant	=8.676+(-5.034*386nm)+(-1.523*373nm)+(1.393*398nm)	y = 0.6992x + 5.5779
4 Bant	=8.844+(-5.019*386nm)+(-1.41*373nm)+(1.537*398nm)+(-0.386*377nm)	y = 0.9882x + 0.0161
5 Bant	=8.391+(-4.831*386nm)+(-1.48*373nm)+(1.475*398nm)+(-0.518*377nm)+(0.401*364nm)	y = 0.9978x + 0.0022
6 Bant	=9.084+(-4.96*386nm)+(-1.295*373nm)+(1.39*398nm)+(-0.511*377nm)+(0.463*364nm)+(-0.52*384nm)	y = 0.9998x + 0.0031
Klorofil-b Tahmin Modeli		
1 Bant	=2.899+(-1.683*386nm)	y = 0.8982x + 0.0210
2 Bant	=4.791+(-2.008*386nm)+(-0.997*384nm)	y = 0.8901x + 0.0573
3 Bant	=5.139+(-2.497*386nm)+(-1.145*384nm)+(0.383*407nm)	y = 0.9583x + 0.0217
4 Bant	=4.298+(-2.15*386nm)+(-0.753*384nm)+(0.987*407nm)+(-0.804*421nm)	y = 0.9927x + 0.0049
5 Bant	=4.287+(-2.126*386nm)+(-0.818*384nm)+(0.991*407nm)+(-0.863*421nm)+(0.1011*375nm)	y = 0.9979x + 0.0022
6 Bant	=4.271+(-2.127*386nm)+(-0.807*384nm)+(1.06*407nm)+(-0.763*421nm)+(0.1189*375nm)+(-0.201*671nm)	y = 0.9994x + 0.0025
Klorofil a+b Tahmin Modeli		
1 Bant	=11.36+(-6.6906*386nm)	y = 0.8523x + 0.2861
2 Bant	=19.29+(-8.0547*386nm)+(-4.1786*384nm)	y = 0.8520x + 0.2821
3 Bant	=21.34+(-10.9381*386nm)+(-5.0536*384nm)+(2.26*407nm)	y = 0.9906x + 0.0138
4 Bant	=19.55+(-10.137*386nm)+(-4.1843*384nm)+(3.7782*407nm)+(-1.992*411nm)	y = 0.9995x + 0.0021
5 Bant	=20.02+(-10.3304*386nm)+(-4.2238*384nm)+(3.8347*407nm)+(-1.858*411nm)+(-0.2855*403nm)	y= 0.9999x + 0.0032
6 Bant	=19.94+(-10.2846*386nm)+(-4.2117*384nm)+(3.7954*407nm)+(-1.767*411nm)+(-0.2505*403nm)+(-0.0958*435nm)	y = 1x + 0.0013

6 Mayıs tarihinde tomurcuklanmanın daha da arttığı, yaprak genişliğinin 3.5-4.5 cm, yaprak boyunun 4.5-5 cm kadar ulaştığı belirlenmiştir. Bu haftada yapraklanma oranı % 70-80 olmuştur. Örneklerin klorofil içeriği ise klorofil a, b ve a+b için sıra ile 1.15,

0.33 ve 1.48 ppm olarak belirlenmiştir. 6 Mayıs tarihinde alınan yaprak örneklerinde yapılan klorofil analizi ve yansıma ölçümleri kullanılarak elde edilen model ve tahmin denklemi Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. 6 Mayıs tarihinde elde edilen tahmin model denklemleri

Klorofil-a Tahmin Modeli		TAHMİN
BANT	MODEL	DENKLEM
1 Bant	=-1.6323+(2.41*648nm)	y = 0.8856x + 0.1279
2 Bant	=-0.03672+(2.44*648nm)+(-1.096*382nm)	y = 0.9514x + 0.0596
3 Bant	=1.56435+(7.7*648nm)+(-1.226*382nm)+(-6.2*656nm)	y = 0.9729x + 0.0266
4 Bant	=1.3773+(24.68*648nm)+(-1.09*382nm)+(-11.67*656nm)+(-11.72*644nm)	y = 0.9937x + 0.0017
5 Bant	=1.33347+(32.86*648nm)+(-1.098*382nm)+(-11.64*656nm)+(-22.63*644nm)+(2.98*609nm)	y = 1.0216x + 0.0246
6 Bant	=1.49715+(31.46*648nm)+(-1.097*382nm)+(-5.9*656nm)+(-23.49*644nm)+(3.05*609nm)+(-3.73*660nm)	y = 0.9977x - 0.0081
Klorofil-b Tahmin Modeli		
1 Bant	=-0.2818+(0.5362*648nm)	y = 0.8933x + 0.1343
2 Bant	=1.1772+(0.4472*648nm)+(-0.9229*366nm)	y = 0.9614x + 0.0127
3 Bant	=0.8785+(0.4417*648nm)+(-0.933*366nm)+(0.2142*389nm)	y = 0.9884x + 0.0038
4 Bant	=1.0616+(0.4532*648nm)+(-0.8404*366nm)+(0.2795*389nm)+(-0.297*417nm)	y = 0.9967x + 0.0016
5 Bant	=1.0485+(0.471*648nm)+(-0.8307*366nm)+(0.3292*389nm)+(-0.209*417nm)+(-0.162*431nm)	y = 0.9989x + 0.0009
6 Bant	=1.11+(0.4514*648nm)+(-0.8698*366nm)+(0.2833*389nm)+(-0.264*417nm)+(-0.252*431nm)+(0.205*424nm)	y = 1x + 5E-05

Klorofil a+b Tahmin Modeli		
1 Bant	$=-1.914+(2.95*648nm)$	$y = 0.8649x + 0.2002$
2 Bant	$=1.349+(2.75*648nm)+(-2.064*366nm)$	$y = 0.9534x + 0.0707$
3 Bant	$=4.059+(1.09*648nm)+(-3.291*366nm)+(12.57*733nm)$	$y = 0.9860x + 0.0191$
4 Bant	$=3.945+(1.43*648nm)+(-2.851*366nm)+(10.24*733nm)+(-0.497*382nm)$	$y = 0.9928x + 0.0111$
5 Bant	$=4.431+(3.81*648nm)+(-2.628*366nm)+(9.31*733nm)+(-0.639*382nm)+(-2.69*657nm)$	$y = 0.9964x + 0.0087$
6 Bant	$=3.765+(6.16*648nm)+(-2.75*366nm)+(8.07*733nm)+(-0.709*382nm)+(-5.45*657nm)+(1.151*413nm)$	$y = 0.9977x - 0.0049$

6 Mayıs tarihinde tomurcuklanmanın daha da arttığı, yaprak genişliğinin 3.5-4.5 cm, yaprak boyunun 4.5-5 cm kadar ulaştığı belirlenmiştir. Bu haftada yapraklanma oranı % 70-80 olmuştur. Örneklerin klorofil içeriği ise klorofil a, b ve a+b için sıra ile 1.15, 0.33 ve 1.48 ppm olarak belirlenmiştir. 6 Mayıs tarihinde alınan yaprak örneklerinde yapılan klorofil analizi ve yansıma ölçümleri kullanılarak elde edilen model ve tahmin denklemi Çizelge 2’de verilmiştir.

Bu iki hafta için oluşturulan tahmin modellerinde kullanılan dalga boyları, dalga boyu sayısı ve aralıklarına göre güllün vejetasyon dönemi boyunca klorofil içeriğinin en yüksek doğrulukla belirlendiği dalga boyları mor ötesi ve kırmızı bölgede bulunmuştur. Klorofil içeriğinin belirlenmesinde mavi ve kırmızı bölgeden kullanılan spektral değerlerin yanında morötesi bölgenin mavi bölgeye yakın olduğu 365-400 nm ve kızılötesi 700-730 bölgenin nm aralığından alınan spektral yansımaların logaritmasının kullanılması tahminin doğruluğunu artırmaktadır.

5. Tartışma ve Sonuç

Gül Çiçeği Tomurcuk Evresinin ilk haftalarında en yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir. Yansıma değerlerinin logaritması alınarak oluşturulan tahmin modellerinde mavi ve kırmızı bölgeden alınan spektral değerler yanında morötesi ve yakın kızılötesi bölgeden alınan spektral değerlerin kullanılması doğruluğu artırmaktadır. Tahmin modellerinin r^2 değerlerinin bu haftalarda tüm bant (1, 2, 3, 4, 5 ve 6) uygulamalarında 0.80-1.00 arasında olmaktadır. Bu dönemde bu bantlar kullanılarak tek bant yada çok bant olması tahmin modellerinin oluşturulmasını etkilememektedir.

Tesekkür

Bu çalışma “TÜBİTAK 2209 Destekleme Programı” projesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

Arnon, DI., 1949. Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta Vulgari. Plant Physiology, 24(1), 1-15.

Basayigit, L., Albayrak, S. ve Şenol, H., 2009. Analysis of VNIR Reflectance for Prediction of Macro and Micro Nutrient and Chlorophyll Contents in Apple Trees (*Malus communis*). Asian Journal of Chemistry, 21, 1302-1308.

Demirtaş, N. M., Kırnak, H., 2009. Kayısıda Farklı Sulama Yöntemleri ve Aralıklarının Fizyolojik Parametrelere Etkisi. YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 19(2), 79-83.

Kaçar, B., İnal, A., 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayınları, Ankara, 892s.

Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2005. Bitkilerde Kuraklık Stresinin Etkileri ve Dayanıklılık Mekanizmaları. G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 18(4), 723-740.

Kavak, K., Ş., 1998. Uzaktan Algılamanın Temel Kavramları ve Jeolojideki Uygulama Alanları. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 52, 63-74.

Laudien, R., Bareth, G. ve Doluschitz, R., 2003. Analysis Hyperspectral Field data for Detection of Sugar Beet Diseases. Information Technology for a Better Agri-Food Sector, Environment and Rural Living. Proceedings 4th Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and Environment, Debrecen, Budapest, Hungary, Vol. I, 375-381.

Lichtenhaler, H. K., 1996. “Vegetation Stress: an Introduction to the Stress Concept in Plants”, J. Plant Physiol., 148,4-14.

Senanda, E., 1986. Physical Fundamentals of Remote Sensing. Berlin, Springer Verlag.