

## UZAKTAN ALGILAMA SİSTEMİ KULLANILARAK KOYUN YUMAĞI (*Festuca ovina* L.) BİTKİSİNDE FOSFOR VE POTASYUM KONSANTRASYONLARININ BELİRLENME OLANAKLARI

Yaşar ÖZYİĞİT<sup>1\*</sup> Mehmet BİLGEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi, Korkuteli Meslek Yüksekokulu, Korkuteli, Antalya

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Antalya  
\*ozyigit@akdeniz.edu.tr

Geliş Tarihi: 25.03.2013

Kabul Tarihi: 09.01.2014

**ÖZET:** Bu çalışma, koyun yumağı (*Festuca ovina*) bitkisinde spektral yansıma değerleri kullanılarak fosfor ve potasyum seviyelerinin belirlenebilirliğini araştırmak amacıyla tarla ve sera koşullarında yürütülmüştür. Spektral yansıma ölçümleri için elektromanyetik spektrumun 325-1075 nm dalga boyları arasında yansıma ölçümleri yapabilen taşınabilir bir spektrometre kullanılmıştır. Çalışmada parsellere ve saksılara 0, 20 ve 40 kg da<sup>-1</sup> dozlarında fosfor ve potasyum uygulanmıştır. Spektral yansıma ölçümleri hem kanopi hem de tek yaprak düzeyinde yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre fosfor ve potasyum düzeylerindeki değişimler spektrumun mavi (400-500 nm) ve yakın kızıl ötesi (700-900 nm) bölgelerindeki yansımaları etkilemektedir. Sonuçlar, koyun yumağı bitkisinde fosfor ve potasyum konsantrasyonlarının tahmininde spektral yansıma değerlerinin (özellikle mavi ve yakıncı kızıl ötesi bölgeler) kullanılabilirliğini göstermiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Spektral yansıma, uzaktan algılama, fosfor, potasyum, koyun yumağı

### THE POSSIBILITY OF DETERMINE PHOSPHORUS AND POTASSIUM CONCENTRATIONS IN SHEEP FESCUE (*Festuca ovina* L.) USING REMOTE SENSING SYSTEM

**ABSTRACT:** This study was carried out to determine phosphorus and potassium levels in sheep fescue (*Festuca ovina* L.) using spectral reflectance data in field and greenhouse conditions. Spectral reflectance measurements were undertaken using a portable spectroradiometer measuring the wavelength range of 325-1075 nm of the electromagnetic spectrum. The treatments consisted of different concentrations (0, 20 and 40 kg da<sup>-1</sup>) of phosphorus and potassium for each pots and plots. Spectral reflectance values were measured in both canopy level and single-leaf. According to result of the study, the changes in phosphorus and potassium levels were affected reflectance values of blue and near infrared region of spectrum which located in the range of 400-500 nm and 700-900 nm, respectively. The results have shown that spectral reflectance data (especially blue and near infrared region) could be used to estimate the phosphorus and potassium concentration in sheep fescue.

**Keywords:** Spectral reflectance, remote sensing, phosphorus, potassium, sheep fescue

### 1. GİRİŞ

Bitkiler karbon (C), hidrojen (H) ve oksijen (O)'den oluşmuşlardır. Ancak, yaşamlarını sürdürebilmek için, yapısal dokuların bir parçası olan ve kimyasal reaksiyonlara katılan bitki besin elementlerine ihtiyaç duymaktadırlar (Whitehead, 2000). Tarımsal faaliyetlerde istenilen kalitede ve miktarda üretim yapabilmek için bitki besin elementleri mutlak gereklidir. Besin elementleri bitkiler tarafından yeterince alınmadığı takdirde ürünün miktar ve kalitesi olumsuz yönde etkilenir. Bu elementlerin toprakta yeterli düzeyde olmamaları, yavaş biçimde elverişli olmaları veya diğer besin elementleri ile dengeli olmamaları gibi durumlarda bitki büyümesi yavaşlar (Bakırcıoğlu, 2009). Bitkilerin sağlıklı gelişimi için bünyelerine almaları gereken 17 farklı element bulunmaktadır. Fosfor ve potasyum bu elementlerin en önemlilerinden ikisidir.

Bitkisel üretimde fosfor makro bitki besin elementi olarak değerlendirilmekte ve bitkilerin verimini artırmak için fosforlu gübreler yoğun bir şekilde

kullanılmaktadır (Saltalı, 2004). Fosfor bitkide çok önemli organik bileşiklerin yapısında bulunur ki bu bileşiklerden en önemlisi enerji transferi yapan ATP (Adenozin tri fosfat)'dir. Bitkide genetik özellikleri belirleyen DNA ve RNA'nın yapısında da bulunan fosfor bu nedenlerle bitki besinleri arasında önemli bir yere sahiptir (Aktaş, 2004).

Potasyum ise bitkide belli enzimlerin aktivatörü veya katalizördür. Kök gelişmesinin sağlıklı olmasını ve tüm bitkinin sağlık ve direncini etkiler. Organik tuzlar şeklinde taşınır veya depolanır, stoma hücrelerinin koruyucu bekçisi olarak turgoru kontrol eder. Aynı zamanda floemde magnezyumun taşınımını ve fotosentezi artırır. Potasyum bitkide son derece hareketli element olduğu için yetersizlik belirtileri önce yaşlı büyüme noktalarında başlar. Potasyum noksanlığının tipik belirtisi yaprak kenarlarında sarı-klorotik ve ölü nekrotik bölgeler görülmesidir (Yıldız ve Bilgin, 2008).

Bitkilerde meydana gelen olayların iyi bir şekilde anlaşılabilmesi için bitkilerin içerdiği maddelerin iyi bir şekilde bilinmesi gerekir (Kacar, 1977). Bitkilerde

bir besin elementinin eksikliği varsa ve bu duruma geç müdahale edilirse, bu durum verim ve kalitede düşmelere neden olmaktadır (Kruse ve ark., 2006). Bu nedenle bitkilerdeki besin elementlerinin tespit edilmesi ve bir noksanlık varsa anında müdahale edilmesi önemlidir. Ancak bitki içerikleri (örneğin besin elementleri) hakkında bilgi elde etmek amacıyla yapılan laboratuvar analizleri uzun zaman isteyen pahalı yöntemlerdir (Kokaly ve Clark, 1999; Graeff ve ark., 2001; Li ve ark., 2006; Zhao ve ark., 2007).

Uzaktan algılama ile yaprak biyokimyasal içeriğinin belirlenmesi bu olumsuzlukları ortadan kaldırmaktadır (Mutanga ve ark., 2004). Objelere fiziksel temasta bulunmadan herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle objeler hakkında bilgi elde etmeyi sağlayan uzaktan algılama sistemleri son yıllarda tarım ve ormancılık alanlarında geniş ölçüde kullanılmaktadır (Wright ve ark., 2005). Bitki besin elementlerinin noksanlığı sonucu ortaya çıkan renk değişimleri (özellikle klorozlar) doğrudan doğruya bitkilerin spektral yansıma karakteristiklerini de etkilemektedir (Carter ve Knapp, 2001). Bu durum besin elementlerinin bitkilerdeki durumlarını belirlemek için uzaktan algılama sisteminin kullanılabilirliğini göstermektedir.

Bu çalışmada koyun yumağı (*Festuca ovina* L.) bitkisinde spektral yansıma değerleri kullanılarak bitkinin fosfor ve potasyum düzeyleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Antalya'da hem sera hem de tarla koşullarında yürütülmüştür. Materyal olarak buğdaygiller familyasına dahil bir yem ve çim bitkisi olan koyun yumağı (*Festuca ovina* L.) bitkisi kullanılmıştır. Denemenin tarla uygulamaları killi, kuvvetli alkali ve organik maddece düşük bir alanda yapılmış ve denemeler tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Parsel büyüklükleri yaklaşık 2 m<sup>2</sup> (1.4m\*1.4m), blok araları 1.27 m ve bloklar içindeki parsel araları da 1.5 m olacak şekilde ayarlanmıştır. Her blokta 27 adet olmak üzere toplam 81 adet (3 tekerrür\*27 uygulama) parsel oluşturulmuştur. Sera denemeleri ise tesadüf parselleri deneme desenine göre yine 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve 22 cm\*20 cm ebadında plastik saksılar kullanılmıştır. Saksılara 2:1:1 oranında oluşturulan toprak:torf:perlit karışımı doldurulmuştur.

Çalışmada parsellere ve saksılara 0, 20 ve 40 kg/da fosfor ve potasyum gelecek şekilde sırasıyla Diamonyum fosfat ve Potasyum sülfat gübreleri uygulanmıştır. Parsellere ve saksılara ayrıca Amonyum nitrat (%33'lük) gübresi ile aynı dozlarda azot uygulanmış ve kombinasyonlarla birlikte 27 farklı uygulama yapılmıştır (Çizelge 1). Ekimler sırasında parsellere 7 g saksılara ise 0.21 g tohum uygulanmıştır.

Çizelge 1. Azot, fosfor, potasyum dozları ve kombinasyonları

Uy.	N	P	K	Uy.	N	P	K	Uy.	N	P	K
1	0	0	0	10	20	0	0	19	40	0	0
2	0	0	20	11	20	0	20	20	40	0	20
3	0	0	40	12	20	0	40	21	40	0	40
4	0	20	0	13	20	20	0	22	40	20	0
5	0	20	20	14	20	20	20	23	40	20	20
6	0	20	40	15	20	20	40	24	40	20	40
7	0	40	0	16	20	40	0	25	40	40	0
8	0	40	20	17	20	40	20	26	40	40	20
9	0	40	40	18	20	40	40	27	40	40	40

Yansıma ölçümleri başaklanma başlangıcında yapılmış ve ölçümlerde elektromanyetik spektrumun 325-1075 nanometre (nm) dalga boyları arasında yansıma ölçümleri yapabilen bir spektrometre kullanılmıştır (Castro-Esau ve ark., 2006; Albayrak, 2008). Fakat yansıma ölçüm sonuçları incelendiğinde 400 nm'nin altındaki ve 900 nm'nin üstündeki dalga boylarındaki yansıma değerlerinde aşırı dalgalanmalar görülmüş ve sonuçlar değerlendirilirken 400 ile 900 nm dalga boyları arasındaki değerler dikkate alınmıştır. Bu durum bazı araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Han ve Rundquist, 2003; Lin ve Liqun, 2006).

Çalışmada, parsellerde ve saksılarda hem kanopi (genel), hem de tek yaprakta yansıma ölçümleri yapılmış ve ölçümler havanın açık olduğu günlerde saat 10.00 ile 11.30 arasında gerçekleştirilmiştir. Kanopi ölçümlerinde cihazın sensörü ile bitkilerin üst

yüzeyi arasındaki uzaklık parsellerde 1.5 m (Albayrak 2008), saksılarda ise 25 cm olarak ayarlanmıştır. 81 saksı ve parselin her birisinde 5 tekrarlamalı olarak yansıma ölçümleri yapılmış ve her üç ölçümde bir kalibrasyon amacıyla referans panel (spectralon) ölçümü yapılmıştır (Beeri ve ark., 2007).

Yaprak ölçümleri için her bir parselden ve saksıdan 5'er yaprak tesadüfi olarak seçilmiştir. Ölçüm için plant probe ve leaf clip (yaprak kıskacı) ismi verilen ve spektrometreye bağlanabilen sistemler kullanılmıştır. Yaprak kıskacına zedelemeyen sıkıştırılan yapraklarda (NOT: Geniş yapraklı bitkilerde yaprak sıkıştırıldığı cihazın ölçme alanını tamamen kaplar, ancak buğdaygiller gibi dar yapraklılarda tek bir yaprak, alanı tamamen kapamaz ve kenarlardan yansıma olur. Bu çalışmada alanın kapanması ve kenarlardan yansımanın önlenmesi amacıyla alanı kapatacak kadar yaprak yan yana

kullanılmıştır), yapay ışık kaynağı olarak plant probe'un içerisine monte edilmiş olan 100 wattlık halojen lamba kullanılarak yansıma ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Delalieux ve ark., 2009). Yaprak ölçümleri gerçekleştirildikten sonra parsellerdeki ve saksılardaki bitkiler biçilmiş ve parsellerdeki bitkilerden 150 gr, saksılardaki bitkilerin ise tamamı kurutma fırınında 65°C'de 48 saat bekletilmiştir (Brink ve ark., 2003; Halgerson ve ark., 2004). Örneklerin fosfor ve potasyum analizleri için kuru yakma yöntemi kullanılmıştır (Karaca ve Çimrin, 2002). Ancak yaprak ölçümleri için alınan yapraklarda ayrıca fosfor ve potasyum analizleri yapılmamış ve biçimlerden sonra alınan örneklerin sonuçları kullanılmıştır.

Verilerin istatistik analizi yapılırken her bir dalga boyundaki yansıma değeri için 5 tekrarlamalı yapılan ölçümlerin ortalaması alınmıştır. MİNİTAB istatistik programında stepwise regresyon analizi kullanılarak yapılan analizde bitkinin fosfor ve potasyum seviyesi ile ilişkili dalga boyları belirlenmiş ve bu dalga boyları kullanılarak regresyon eşitlikleri oluşturulmuştur.

### 3. BULGULAR

Koyun yumağında yapılan ölçümler sonucu elde edilen verilere regresyon analizleri uygulanarak regresyon eşitlikleri oluşturulmuş ve bu eşitlikler için

çizelgeler hazırlanmıştır. Elementin düzeyini belirlemek için kullanılan formül "**Element=Sabit+(Katsayı x Y<sub>Dalgaboyu</sub>)**" şeklindedir. Eşitliklerde yer alan "**Y**" harfi birlikte yazıldığı dalga boyundaki yansıma değerini ifade etmektedir (Örnek: "**Y<sub>664</sub>**", 664 nm'deki yansıma değeridir). Sonuçlar değerlendirilirken, 400-500 nm dalga boyları arası mavi, 501-600 nm arası yeşil, 601-700 nm arası kırmızı ve 701-900 nm arası ise NIR (Yakın kızıl ötesi) bölge olarak ele alınmıştır (Summy ve ark. 2003). Regresyon grafiklerindeki ölçülen ve hesaplanan değerlerin birimi yüzde (%) olarak verilmiştir.

#### 3.1 Fosfor Düzeyleri ile Dalga Boyları Arasındaki İlişkiler

Koyun yumağında fosfor ölçümlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 2'de görülmektedir. Tarla-genel ölçümlerinde, regresyon analizleri sonucu fosfor düzeyleri için kırmızı (601-700 nm) bölgeden 2 adet dalga boyu belirlenmiş ve oluşturulan regresyon eşitliğinin R<sup>2</sup> değeri düşük (0.16) çıkmıştır. Yine aynı çizelgede, yaprak ölçümlerinde fosfor için oluşturulan regresyon eşitliği ve bu eşitliğe ait R<sup>2</sup> değeri (0.74) görülmektedir. Bu eşitlikte 11'i spektrumun mavi ve 8'i de yakın kızıl ötesi bölgesinde bulunan 19 dalga boyu yer almaktadır. Regresyon grafikleri, tarla-genel ölçümleri için Şekil 1 ve tarla-yaprak ölçümleri için Şekil 2'de görülmektedir.

Çizelge 2. Koyun yumağında tarla ve sera koşullarında fosfor (P) düzeyleri için regresyon eşitlikleri ve R<sup>2</sup> değerleri

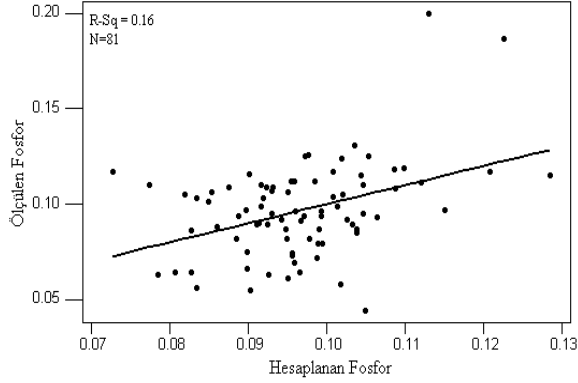
		Sabit	Katsayı x Dalga Boyu Yansıma Değerleri	R <sup>2</sup>
Tarla	Genel	0.108	+ (29.7xY <sub>676</sub> ) + (-29.9xY <sub>671</sub> )	0.16**
	Yaprak	0.297	+ (-1.62xY <sub>893</sub> ) + (-4.54xY <sub>868</sub> ) + (5.72xY <sub>861</sub> ) + (-3.73xY <sub>431</sub> ) + (2.22xY <sub>403</sub> ) + (1.48xY <sub>900</sub> ) + (-1.37xY <sub>415</sub> ) + (4.53xY <sub>444</sub> ) + (-3.03xY <sub>429</sub> ) + (-13.3xY <sub>835</sub> ) + (1.16xY <sub>412</sub> ) + (19.8xY <sub>830</sub> ) + (-5.27xY <sub>446</sub> ) + (2.22xY <sub>448</sub> ) + (1.84xY <sub>409</sub> ) + (-13.3xY <sub>824</sub> ) + (-1.90xY <sub>408</sub> ) + (2.92xY <sub>427</sub> ) + (5.64xY <sub>818</sub> )	0.74**
Sera	Genel	0.166	+ (3.09xY <sub>515</sub> ) + (-0.353xY <sub>758</sub> )	0.23**
	Yaprak	0.246	+ (-6.03xY <sub>434</sub> ) + (2.14xY <sub>420</sub> ) + (24.3xY <sub>445</sub> ) + (-15.5xY <sub>444</sub> ) + (-10.7xY <sub>428</sub> ) + (5.71xY <sub>429</sub> ) + (-16.7xY <sub>672</sub> ) + (14.7xY <sub>681</sub> ) + (24.5xY <sub>455</sub> ) + (-14.5xY <sub>454</sub> ) + (-26.5xY <sub>812</sub> ) + (11.9xY <sub>794</sub> ) + (13.8xY <sub>880</sub> ) + (-15.6xY <sub>900</sub> ) + (15.9xY <sub>844</sub> ) + (-5.85xY <sub>437</sub> )	0.91**

\*\*; P<0.01

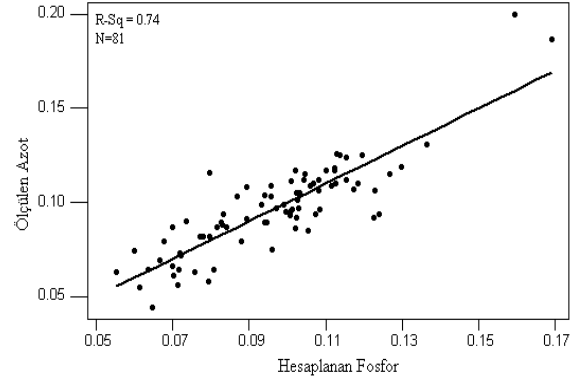
Sera koşullarındaki genel ölçüm sonuçlarına bakıldığında, fosfor düzeyleri için 1'i yeşil 1'i yakın kızıl ötesi bölgede yer alan 2 adet dalga boyu belirlenmiş ancak regresyon eşitliği için düşük bir R<sup>2</sup> değeri (0.23) hesaplanmıştır (Çizelge 2). Bu nedenle eşitlik ile hesaplanan değerler ölçülen değerlerden farklı çıkmıştır (Şekil 3). Yaprak ölçümlerinde ise fosfor düzeyleri ile yansıma değerleri arasında önemli

bir ilişki olduğu belirlenmiş ve R<sup>2</sup> değeri yüksek (0.91) bir regresyon eşitliği oluşturulmuştur. Bu eşitlik için kullanılan 16 dalga boyunun 9'u spektrumun mavi bölgesinde yer alırken, 2'si kırmızı ve 5'i yakın kızıl ötesi bölgesinde yer almaktadır. Şekil 4'de regresyon eşitliği kullanılarak hesaplanan fosfor değerleri ile laboratuarda ölçülen değerlerin oldukça yakın olduğu görülmektedir.

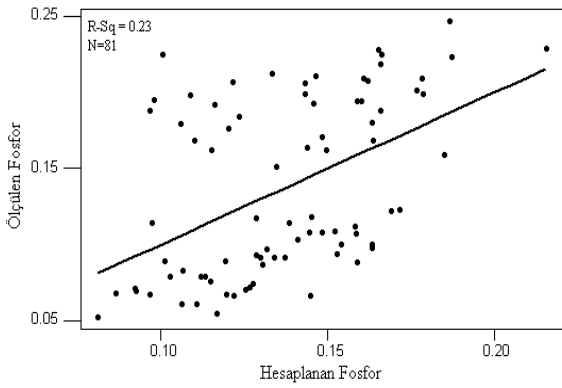
**Uzaktan algılama sistemi kullanılarak koyun yumağı (*Festuca ovina* L.) bitkisinde fosfor ve potasyum konsantrasyonlarının belirlenme olanakları**



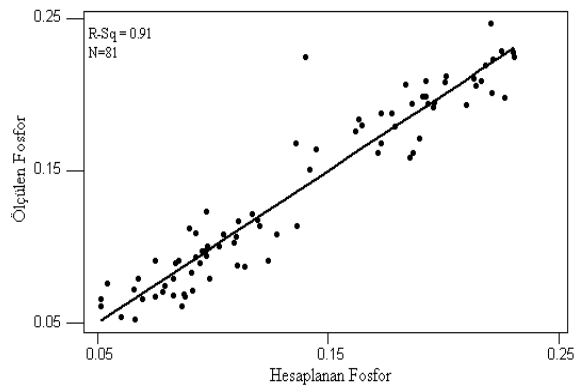
Şekil 1. Koyun yumağında laboratuarda ölçülen fosfor (P) değerleri ve yansımalar kullanılarak hesaplanan fosfor değerleri arasındaki ilişki (Tarla-Genel)



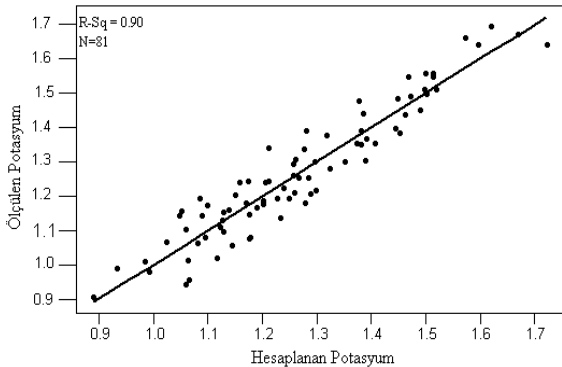
Şekil 2. Koyun yumağında laboratuarda ölçülen fosfor (P) değerleri ve yansımalar kullanılarak hesaplanan fosfor değerleri arasındaki ilişki (Tarla-Yaprak).



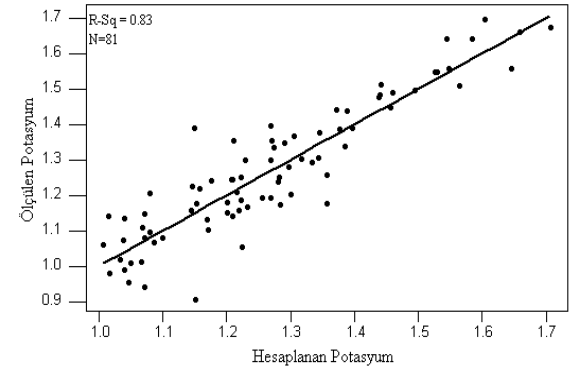
Şekil 3. Koyun yumağında laboratuarda ölçülen fosfor (P) değerleri ve yansımalar kullanılarak hesaplanan fosfor değerleri arasındaki ilişki (Sera-Genel)



Şekil 4. Koyun yumağında laboratuarda ölçülen fosfor (P) değerleri ve yansımalar kullanılarak hesaplanan fosfor değerleri arasındaki ilişki (Sera-Yaprak)



Şekil 5. Koyun yumağında laboratuarda ölçülen potasyum (K) değerleri ve yansımalar kullanılarak hesaplanan fosfor değerleri arasındaki ilişki (Tarla-Genel)



Şekil 6. Koyun yumağında laboratuarda ölçülen potasyum (K) değerleri ve yansımalar kullanılarak hesaplanan fosfor değerleri arasındaki ilişki (Tarla-Yaprak)

**3.2. Potasyum Düzeyleri ile Dalga Boyları Arasındaki İlişkiler**

Tarla denemesi genel ölçümlerinde Çizelge 3'de görüldüğü gibi, stepwise analizi sonucu 26 tane (16 mavi, 6 kırmızı ve 4 yakın kızıl ötesi) dalga boyundaki yansımalar değerlerinin potasyum düzeyleriyle ilişkili olduğu belirlenmiş ve bu dalga boyları ile bir

regresyon eşitliği oluşturulmuştur. Oluşturulan eşitliğin regresyon katsayısı oldukça yüksek (0.90) çıkmış, bu nedenle eşitlikle hesaplanan potasyum değerleri ile laboratuvar ölçümleri sonucu belirlenen değerler birbirine çok yakın çıkmıştır. Bu durum Şekil 5'deki regresyon grafiğinde de görülmektedir. Tarla yaprak ölçüm sonuçlarına göre ise, potasyum

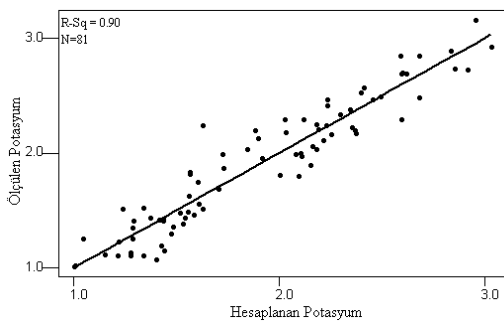
Çizelge 3. Koyun yumağında tarla ve sera koşullarında potasyum (K) düzeyleri için regresyon eşitlikleri ve R<sup>2</sup> değerleri

		Sabit	Katsayı x Dalga Boyu Yansıma Değerleri	R <sup>2</sup>
Tarla	Genel	1.98	+ (-52.6xY <sub>680</sub> ) + (164xY <sub>402</sub> ) + (-143xY <sub>446</sub> ) + (152xY <sub>409</sub> ) (245xY <sub>831</sub> ) + (-123xY <sub>861</sub> ) + (-278xY <sub>469</sub> ) + (329xY <sub>481</sub> ) + (-594xY <sub>465</sub> ) + (226xY <sub>435</sub> ) + (-75.7xY <sub>760</sub> ) + (-95.6xY <sub>455</sub> ) + (148xY <sub>466</sub> ) + (-171xY <sub>400</sub> ) + (-215xY <sub>416</sub> ) + (215xY <sub>442</sub> ) (368xY <sub>464</sub> ) + (208xY <sub>687</sub> ) + (-252xY <sub>647</sub> ) + (181xY <sub>414</sub> ) + (-48.9xY <sub>882</sub> ) + (-124xY <sub>417</sub> ) + (138xY <sub>637</sub> ) + (-139xY <sub>624</sub> ) + (60.1xY <sub>616</sub> ) + (-95.7xY <sub>424</sub> )	0.90**
	Yaprak	0.108	+ (-60.5xY <sub>612</sub> ) + (-1.58xY <sub>405</sub> ) + (6.20xY <sub>705</sub> ) + (-74.3xY <sub>447</sub> ) + (-3.6xY <sub>482</sub> ) + (32.6xY <sub>424</sub> ) + (1.8xY <sub>468</sub> ) + (73.3xY <sub>440</sub> ) (14.4xY <sub>451</sub> ) + (3.6xY <sub>479</sub> ) + (-25.5xY <sub>687</sub> ) + (159xY <sub>624</sub> ) + (-61.0xY <sub>602</sub> ) + (-119xY <sub>621</sub> ) + (59.9xY <sub>494</sub> ) + (-47.4xY <sub>441</sub> ) + (-22.9xY <sub>427</sub> ) + (-3.50xY <sub>503</sub> ) + (96.7xY <sub>557</sub> ) + (-7.9xY <sub>572</sub> ) + (-98.3xY <sub>540</sub> ) + (109xY <sub>628</sub> ) + (44.8xY <sub>542</sub> ) + (-69.9xY <sub>597</sub> ) + (-49.6xY <sub>452</sub> ) + (38.2xY <sub>470</sub> ) + (3.56xY <sub>713</sub> )	0.83**
Sera	Genel	1.17	+ (75.5xY <sub>820</sub> ) + (190xY <sub>861</sub> ) + (-234xY <sub>889</sub> ) + (-86.0xY <sub>852</sub> ) + (135xY <sub>819</sub> ) + (216xY <sub>890</sub> ) + (81.3xY <sub>798</sub> ) + (-140xY <sub>844</sub> ) (173xY <sub>845</sub> ) + (119xY <sub>879</sub> ) + (254xY <sub>666</sub> ) + (-241xY <sub>683</sub> ) + (-155xY <sub>812</sub> ) + (-123xY <sub>831</sub> ) + (-103xY <sub>877</sub> ) + (-86.9xY <sub>850</sub> ) + (-60.4xY <sub>891</sub> )	0.90**
	Yaprak		Herhangi bir dalga boyu belirlenmemiştir	

\*\* : P&lt;0.01

düzeyleri için 13 mavi, 6 yeşil, 6 kırmızı ve 2 yakın kızıl ötesi olmak üzere toplam 27 adet dalga boyu belirlenmiştir. Belirlenen dalga boyları ile oluşturulan regresyon eşitliğinin R<sup>2</sup> değeri 0.83'tür. Regresyon eşitliği ile hesaplanan potasyum değerleri ile laboratuvar analizleri sonucu belirlenen potasyum değerleri arasındaki ilişki ve en iyi regresyon eğrisi Şekil 6'da görülmektedir.

Sera koşullarında yürütülen genel ve yaprak ölçüm sonuçları yine Çizelge 3'de görülmektedir. Genel ölçümlerde potasyum düzeylerini belirlemek için R<sup>2</sup> değeri yüksek (0.90) olan bir eşitlik oluşturulmuştur. Bu eşitlik için seçilen 17 dalga boyunun 2'si spektrumun kırmızı bölgesinde yer alırken, 15 tanesi yakın kızıl ötesi bölgede yer almaktadır. Bu eşitlik ile hesaplanan potasyum düzeylerinin ölçülen değerlere oldukça yakın olduğu Şekil 7'deki regresyon grafiğinde görülmektedir.



Şekil 7. Koyun yumağında laboratuvarında ölçülen potasyum (K) değerleri ve yansıma değerleri kullanılarak hesaplanan potasyum değerleri arasındaki ilişki (Sera-Genel)

Sera koşullarında yetiştirilen bitkilerdeki yaprak ölçümlerinde ise potasyum düzeyleri ile yansımalar arasında herhangi bir ilişki belirlenmemiştir.

#### 4. TARTIŞMA

Çalışmada koyun yumağında fosfor düzeylerini belirleyebilmek amacıyla oluşturulan eşitliklerde çoğunlukla mavi ve yakın kızıl ötesi bölgeden dalga boyları yer almıştır. Bitkilerde fosfor eksikliğinin en önemli sonuçlarından birisi antosiyan birikimidir. Antosiyan spektrumun mavi ve kırmızı bölgelerindeki ışığı yansıtırken yeşil bölgedeki ışığı absorbe etmektedir (Salisbury ve Ross, 1992). Biolley ve Jay (1993), antosiyan'ın 400-580 nm dalga boylarındaki yansımaları etkilediğini bildirmiştir. Fosfor ayrıca enzimlerin yapısında yer alan ve organlar için gerekli bir elementtir. Bu nedenle fosfor bitkilerde hem fotosentetik olaylar için hem de doku kompozisyonları için gereklidir. Bundan dolayı da elektromanyetik spektrumun görünür bölgesindeki (400-700 nm) absorpsiyon bandları ile ilişkilidir (Albayrak, 2008). Yapılan bazı çalışmalarda bitkilerin fosfor düzeyleri yansıma değerleri kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır (Böğreççi ve ark., 2005; Mutanga ve ark., 2004). Osborne ve ark. (2002), mısırdaki fosfor içeriğini tahmin etmek için spektrumun mavi bölgesinin önemli olduğunu ve 440 ile 445 nm'lerdeki yansıma değerlerinin fosfor düzeyleri ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Aynı çalışmada, ayrıca spektrumun yakın kızıl ötesi bölgesinde yer alan 730 nm ve 930 nm dalga boylarındaki yansıma değerlerinin fosfor tahminleri için kullanılabileceği bildirilmektedir. Kruse (2004), çim alanlarda fosfor konsantrasyonunu belirlemek amacıyla spektrumun mavi (480 nm), yeşil (565, 595 nm) ve kırmızı (650 nm) bölgelerinde

ölçümler yapmış ve yansıma değerleri ile fosfor konsantrasyonları arasında önemli ( $R^2=0.73$ ) ilişkiler belirlemiştir. Al-Abbas ve ark. (1974), ise mısır bitkisinde fosfor eksikliği durumunda spektrumun yakın kızıl ötesi bölgesinde yer alan 830 nm dalga boyundaki absorpsiyonlarda bir azalma belirlemişler, dolayısıyla aynı bölgedeki yansıma değerlerinde bir artış olmuştur. Jacop ve Lawlor (1991), mısır, buğday ve ayçiçeğinde fosfor stresinin bitkilerdeki hücrelerde küçülmeye neden olduğunu ve dolayısıyla stres altında olmayan bitkilere göre birim yaprak alanındaki hücre sayısında artış meydana geldiğini bildirmektedirler. Bu durum, fosfor konsantrasyonlarının tahmininde spektrumun yakın kızıl ötesi bölgesindeki yansımaların önemli olduğunu göstermektedir. Çünkü spektrumun yakın kızıl ötesi bölgesindeki yansımaların dokuların içsel yapısı tarafından etkilenmektedir (Osborne ve ark. 2002).

Potasyum düzeylerini belirleyebilmek amacıyla oluşturulan regresyon eşitliklerinde ise spektrumun mavi ve yakın kızıl ötesi bölgelerinden oldukça fazla sayıda dalga boyu yer alırken, yeşil ve kırmızı bölgelerden de dalga boyları seçilmiştir. Ayala-Silva ve Beyl (2005), buğdayda potasyum eksikliği durumunda görünür ve yakın kızıl ötesi bölgedeki yansıma değerlerinin etkilendiğini bildirmişler, serada ve büyüme odasında yaptıkları çalışmalarda kontrol bitkiye oranla, sera koşullarında görünür bölgede yaklaşık %26, yakın kızıl ötesi bölgede ise yaklaşık %54'lük bir yansıma artışı olduğunu belirlemişlerdir. Büyüme odasında ise görünür bölgedeki yansıma %59 oranında artarken, yakın kızıl ötesi bölgesindeki yansıma yaklaşık %2.7 azalma göstermiştir. Asma (*Vitis vinifera* L.)'da yapılan bir çalışma sonucu ise spektrumun mavi bölgesinde yer alan 495 nm ve kırmızı bölgesinde yer alan 625 nm dalga boylarındaki yansımaların potasyum eksiklikleri için karakteristik olduğu belirlenmiş ve 625 nm'ye yakın bölgelerdeki yansıma özelliklerinin klorofil a, klorofil b ve diğer pigmentlerin ışık absorpsiyonu için ana yansıma bandları oldukları bildirilmiştir (Smart ve ark. 2007). Bu durum Salisbury ve Ross (1992) tarafından da desteklenmektedir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışma koyun yumağı bitkisinde fosfor ve potasyum düzeylerinin spektral yansıma değerleri yardımıyla belirlenebilirliğini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Çalışma sonunda bitkinin fosfor ve potasyum düzeyleri ile mavi ve yakın kızıl ötesi bölgede yer alan dalga boyları arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir. Sonuçlar koyun yumağında fosfor ve potasyum düzeylerinin uzaktan algılama çalışmaları ile tahmin edilebileceğini ve çalışmalarda özellikle mavi ve yakın kızıl ötesi bölgelerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

## 6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Yaşar ÖZYİĞİT'in doktora tezinden alınmıştır. Yazarlar çalışmayı 2005.03.0121.014 proje numarası ile "Doktora Tez Projesi" olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür eder.

## 7. KAYNAKLAR

- Aktaş, M. 2004. Bitkilerde beslenme bozuklukları ve tanınmaları. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım Sanayi Çevre, 11-13 Ekim 2004, Tokat. Cilt 2: 1118-1186.
- Al-Abbas, A.H., Barr, R., Hall, J.D., Crane, F.L., Baumgardner, M.F. 1974. Spectra of normal and nutrient deficient maize leaves. *Agron. J.*, 66:16-20.
- Albayrak, S. 2008. Use of reflectance measurements for the detection of N, P, K, ADF and NDF contents in sainfoin pasture. *Sensors*, 8: 7275-7286.
- Ayala-Silva, T., Beyl, C.A. 2005. Changes spectral reflectance of wheat leaves in response to specific macronutrients deficiency. *Adv. Space Res.*, 35: 305-317.
- Bakırcıoğlu, D. 2009. Toprakta Makro ve Mikro Element Tayini. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 134 sayfa.
- Beeri, O., Phillips, R., Hendrickson, J., Frank, A.B., Kronberg, S. 2007. Estimating forage quantity and quality using aerial hyperspectral imagery for Northern mixed-grass prairie. *Remote Sens. Environ.*, 110: 216-225.
- Biolley, J.P., Jay, M. 1993. Anthocyanins in modern roses: Chemical and colorimetric features in relation to the colour range. *J. Exp. Bot.*, 44: 1725-1734.
- Böğrekçi I., Lee, W.S., Jordan, J.D., Craig, J.C. 2005. Multispectral Image Analysis for Phosphorus Measurement in Bahia Grass. ASAE Paper No. 051067, Ft. Tampa, MI: ASAE.
- Brink, G.E., Rowe, D.E., Sistani, K.R., Adeli, A. 2003. Bermudagrass cultivar response to swine effluent application. *Agron. J.*, 95:597-601.
- Carter, G.A., Knapp, A.K. 2001. Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. *Am. J. Bot.*, 88 (4): 677-684.
- Castro-Esau, K.L., Sánchez-Azofeifa, G.A., Rivard, B. 2006. Comparison of spectral indices obtained using multiple spectroradiometers. *Remote Sens. Environ.*, 103: 276-288.
- Graeff, S., Steffens, D., Schubert, S. 2001. Use of reflectance measurements for the early detection of N, P, Mg, and Fe deficiencies in corn (*Zea mays* L.). *J. Plant Nutr. Soil Sc.*, 164: 445-450.
- Halgerson, J.L., Sheaffer, C.C., Martin, N.P., Peterson, P.R., Weston, S.J. 2004. Near-infrared reflectance spectroscopy prediction of leaf and mineral concentrations in alfalfa. *Agron. J.*, 96: 344-351.
- Han, L., Rundquist, D.C. 2003. The spectral responses of *Ceratophyllum demersum* at varying depths in an experimental tank. *Int. J. Remote Sens.*, 24(4): 859-864.
- Jacob, J., Lawlor, D.W. 1991. Stomatal and mesophyll limitations of photosynthesis in phosphate-deficient sunflower, maize and wheat plants. *J. Exp. Bot.* 42: 1003-1011.

- Kacar, B. 1977. Bitki Besleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 637, Ders Kitabı: 200, Ankara, 317 ss.
- Karaca, S., Çimrin, K.M. 2002. Adi Fiğ (*Vicia sativa* L.)+Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Karışımında Azot ve Fosforlu Gübrelemenin Verim ve Kaliteye Etkileri. Yyü. Tar. Bil. Derg., 12(1): 47-52.
- Kruse, J.K. 2004. Remote sensing of moisture and nutrient stress in turfgrass systems. Ph.D Thesis, Iowa State University, Ames, Iowa, 69 pp.
- Kruse, J.K., Christians, N.E., Chaplin, M.H. 2006. Remote Sensing of Nitrogen Stress in Creeping Bentgrass. Agron. J., 98:1640-1645.
- Kokaly, R.F., Clark, R.N. 1999. Spectroscopic determination of leaf biochemistry using band-depth analysis of absorption features and stepwise multiple linear regression. Remote Sens. Environ., 67(3): 267-287.
- Li, B., Liew, O.W., Asundi, A.K. 2006. Pre-visual detection of iron and phosphorus deficiency by transformed reflectance spectra. J. Photoch. Photobio. B., 85: 131-139.
- Lin, Y., Liqun, Z. 2006. Identification of the spectral characteristics of submerged plant *Vallisneria spiralis*. Acta Ecol. Sin., 26(4):1005-1011.
- Mutanga, O., Skidmore, A.K., Prins, H.H.T. 2004. Predicting in situ pasture quality in the Kruger National Park, South Africa, using continuum-removed absorption features. Remote Sens. Environ., 89: 393-408.
- Osborne, S.L., Schepers, J.S., Francis, D.D., Schlemmer, M.R. 2002. Detection of phosphorous and nitrogen deficiencies in corn using spectral radiance measurements. Agron. J., 94: 1215-1221.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W. 1992. Photomorphogenesis (Chapter 20), Plant Physiology. (4nd ed.) Wadsworth Publ. Co., Belmont, CA, p.438-463.
- Smart, D.R., Whiting, M.L., Stockert, C. 2007. Remote sensing of grape K deficiency symptoms using leaf level hyperspectral reflectance. Western Nutrient Management Conference. Vol. 7. Salt Lake City, UT. p.19-24.
- Summy, K.R., Little, C.R., Mazariegos, R.A., Everitt, J.H., Davis, M.R., French, J.V., Scott, A.W. 2003. Detecting stress in glasshouse plants using color infrared imagery: a potential new application for remote sensing. Subtrop. Plant Sci., 55: 51-58.
- Whitehead, D.C. 2000. Nutrient Elements in Grassland : Soil-Plant-Animal Relationships. CABI Publishing, Wallingford, 383 pp.
- Wright, D.L., Rasmussen, V.P., Ramsey, R.D. 2005. Comparing the Use of Remote Sensing with Traditional Techniques to Detect Nitrogen Stress in Wheat. Geocarto Int., 20(1): 63-68
- Yıldız, N., Bilgin, N. 2008. Erzurum Ovası Topraklarının Fosfor ve Potasyum Durumunun Neubauer Fide Yöntemi ile Belirlenmesi. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg., 39 (2): 159-165.
- Zhao, D., Starks, P.J., Brown, M.A., Phillips, W.A., Coleman, S.W. 2007. Assessment of forage biomass and quality parameters of bermudagrass using proximal sensing of pasture canopy reflectance. J. Jap. Soc. Grassland Sci., 53:39-49