

Spektral yansımaya değerlerinin yem bezelyesinde (*Pisum sativum*) fosfor düzeylerinin belirlenmesi amacıyla kullanımı

Use of spectral reflectance values to determine phosphorus levels in field pea (*Pisum sativum*)

Yaşar ÖZYİĞİT, Mehmet BİLGEN

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 07059, Antalya

Sorumlu yazar (Corresponding author): Y. Özyiğit, e-posta (e-mail): ozyigit@akdeniz.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 02 Ocak 2012
Düzeltilme tarihi 29 Mayıs 2012
Kabul tarihi 05 Haziran 2012

Anahtar Kelimeler:

Yansımaya değeri
Spektroradyometre
Fosfor düzeyi
Yem bitkisi
Yem bezelyesi

ÖZ

Bu çalışmada bir baklagil yem bitkisi olan yem bezelyesindeki (*Pisum sativum* L.) fosfor düzeylerinin spektral yansımaya değerleri kullanarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma hem arazi koşullarında hem de sera koşullarında yürütülmüş ve sera uygulamaları için plastik saksılar kullanılmıştır. Arazi ve sera koşullarında yetiştirilen bitkilerde hem genel (kanopi) hem de yaprakтан yansımaya ölçümleri yapılmış ve ölçümler için 325-1075 nm dalga boyları arasında yansımaya ölçümü yapabilen taşınabilir bir spektrodadyometre kullanılmıştır. Yansımaya ölçümlerinden sonra biçilen bitkiler 65°C'de 48 saat kurutulmuş laboratuvarında fosfor analizleri yapılmıştır. Laboratuvarında belirlenen fosfor düzeyleri ile spektral yansımaya değerlerine değışken ekleme ve eleme (stepwise) regresyon analizi uygulanmış ve fosfor düzeyleri ile ilişkili dalga boyları belirlenerek regresyon eşitlikleri oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre örneklerin fosfor düzeyleri ile dalga boyu yansımaya değerleri arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir. Özellikle yaprakтан yapılan kontrollü ölçümlerde daha sağlıklı sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar yem bezelyesindeki fosfor düzeylerinin tahmin edilmesinde spektral yansımaya değerlerinin kullanılabilceğini göstermektedir.

ARTICLE INFO

Received 02 January 2012
Received in revised form 29 May 2012
Accepted 05 June 2012

Keywords:

Reflectance value
Spectroradiometer
Phosphorus levels
Forage crops
Field pea

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine phosphorus levels in field pea (*Pisum sativum* L.) based on spectral reflectance values. The study was conducted under both field and greenhouse conditions. Plastic pots were used in greenhouse experiments. Both canopy and leaf measurements were performed in plants which grown in field and greenhouse. A portable spectroradiometer which can measure reflectance wavelength range of 325-1075 nm was used for reflectance measurements. After reflectance measurements, plants were cut and dried in air forced oven at 65°C for 48 h, and phosphorus analyses were carried out in laboratory. Stepwise regression analysis was performed to phosphorus levels determined in laboratory and spectral reflectance values and regression equations were constituted with wavelengths which related with phosphorus levels. According to the results, significant relationships were determined between phosphorus levels and wavelength reflectance values. Better results were obtained in controlled measurements performed in leaves. The results show that, spectral reflectance values can be used to predict phosphorus levels in field pea.

1. Giriş

Yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.) tek yıllık, besleme değeri yüksek ve lezzetli bir baklagil yem bitkisidir. Tanelerinin protein oranı oldukça yüksektir ve kırıldıktan sonra kaba yemlerle karıştırılabilir. Günümüzde Avrupa ülkelerinde yetiştirilen yem bezelyesi çeşitlerinin hemen hemen tamamı beyaz çiçekli, sarı veya yeşil renkli tohuma sahip olup, tohumları yem sanayinde protein kaynağı olarak kullanılmaktadır. Yem bezelyesi uygun dönemde biçildiği takdirde, kuru otunda yaklaşık olarak % 20, danelerin de ise % 20-30 arasında ham protein içermektedir (Sayar ve ark. 2009).

Bütün bitkilerde olduğu gibi yem bitkilerinde de verim ve kaliteyi etkileyen en önemli unsur bitki besin maddeleridir. Bitkilerin sağlıklı bir şekilde gelişmeleri için besin elementlerine ihtiyaçları vardır. Toprakta bitkiler için gerekli 13 besin elementi vardır ve bu elementler makro ve mikro besin elementleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Fosfor (P_2O_5) makro elementler grubuna giren önemli bir elementtir. Yem bitkileri (özellikle baklagiller) fosfor elementine yüksek oranda ihtiyaç duymaktadır (Pant ve ark. 2004; Beegle 2007). Fosfor, bitki gelişmesi için azotlu gübrelere göre daha az miktarlarda gerekli

olmasına rağmen, bitki gelişmesi için azot kadar önemli bir elementtir. Polat ve ark. (2007) mera koşullarında yaptıkları bir çalışmada artan fosfor düzeylerinin bitkilerin yem verimlerinde ve kalitelerinde bir artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde Acar ve Aşçı (2006), fosfor uygulamalarının ak üçgülde ot üretimini etkilediğini belirlemişlerdir.

Bitkiler için bu kadar önemli olan besin elementlerinin eksikliği veya fazlalığı durumlarında bazı olumsuzluklar (boy kısalması, renk değişimleri vb) ortaya çıkmaktadır. 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).

Nesnelere fiziksel temasta bulunmadan onlar hakkında bilgi elde etmeyi sağlayan uzaktan algılama sistemleri (Kramer 2002; Elachi ve Van-Zly 2006), laboratuvar analizlerinin olumsuzluklarını ortadan kaldıracak kapasitededir. Bu konuda yapılan bazı çalışmalarda (Filella ve ark. 1995; Tarpley ve ark. 2000; Buscaglia ve Varco 2002; Osborne ve ark. 2002) besin elementlerinin uzaktan algılama sistemleri ile tahmin edilebileceği tespit edilmiştir. Patil ve ark. (2007), soya fasulyesinde (*Glycine max* L.) besin stresleri için spektral verilerin kullanılabilirliğini göstermişlerdir. Bir başka çalışmada, yaprak yansıma ölçümlerinin, tarla koşullarında, pamuğun azot durumunun hızlı ve doğru bir şekilde eş zamanlı görüntülenmesinde ve gübreleme uygulamalarında kullanılabilirliğini bildirmiştir (Zhao ve ark. 2005).

Bu çalışma, bir baklagil yem bitkisi olan yem bezelyesindeki (*P. sativum*) fosfor düzeylerinin, uzaktan algılama sistemi (spektrometre) kullanılarak elde edilen spektral yansıma değerleri yardımıyla tahmin edilebilirliğini araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

Tarla ve sera koşullarında yürütülen bu çalışmada bitki materyali olarak baklagiller familyasından bir yem bitkisi olan yem bezelyesinin (*Pisum sativum* L.) Adana orijinli yerel bir popülasyonu kullanılmıştır. Killi, kuvvetli alkali ve organik maddesi düşük bir alanda yürütülen arazi denemeleri tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Parsel büyüklükleri 1,96 m², 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 22cm*20cm ölçülerinde plastik saksılar kullanılmıştır. Saksılara 2:1:1 oranında hazırlanan

toprak:torf:perlit hacimsel karışımı doldurulmuştur.

Çalışmada parsellere ve saksılara 0, 10 ve 20 kg da⁻¹ fosfor (P₂O₅) gelecek şekilde Diamonyum fosfat (DAP) gübresi uygulanmıştır. Parsellere ve saksılara ayrıca aynı dozlarda azot (N) ve potasyum (K) uygulaması için sırasıyla Amonyum nitrat (% 33'lük) ve Potasyum sülfat gübrelere kullanılmış ve kombinasyonlarla birlikte 27 farklı uygulama yapılmıştır (Çizelge 1). Parsellere arazinin taşlı olması da göz önüne alınarak çıkışları garanti altına almak için 25 kg da⁻¹ hesabıyla 50 g tohum atılmıştır ve çıkışlardan sonra gerekli parsellerde seyreltme yapılarak normal ekim normu (yaklaşık 15 kg da⁻¹) sağlanmıştır. Arazi ekimlerinde sıra arası mesafe 25 cm olarak ayarlanmıştır. Saksılara ise 15 adet tohum atılmış ve çıkıştan sonra seyreltme yapılarak 5 bitki bırakılmıştır.

Yansıma ölçümleri çiçeklenme başlangıcında yapılmış ve ölçümler için elektromanyetik spektrumun 325-1075 nm dalga boyları arasında yansıma ölçümleri yapabilen bir spektrometre (FieldSpec® FR, Analytical Spectral Devices Inc., Boulder, Colorado, ABD) 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 görüldüğü için sonuçların değerlendirilmesinde 400 ile 900 nm arasındaki dalga boylarının yansıma değerleri dikkate alınmıştır (Han ve Rundquist 2003; Lin ve Liqun 2006). Ayrıca sonuçlar değerlendirilirken 400-500 nm arasındaki dalga boyları mavi, 501-600 nm yeşil, 601-700 nm kırmızı ve 701-900 nm yakın kızıl ötesi (NIR) bölge olarak tanımlanmıştır (Summy ve ark. 2003).

Yansıma ölçümleri parsellerde ve saksılarda hem genel (kanopi), hem de tek yaprak düzeyinde yapılmıştır. Kanopi ölçümleri havanın açık olduğu günlerde saat 10:00 ile 11:30 arasında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 10°'lik açıyla yapılmış ve cihazın sensörü ile bitkilerin üst yüzeyi arasındaki uzaklık, parsellerde 150 cm (Albayrak 2008), saksılarda ise 25 cm olarak ayarlanmıştır. Bu şekilde parsellerde 961,625 cm², saksılarda ise 19,625 cm²'lik alanlar cihazın görüş açısı içerisinde kalmıştır. 81 saksı ve parselin her birisinde 5 tekrarlamalı olarak genel yansıma ölçümleri gerçekleştirilmiş ve her üç ölçümde bir referans panel [Spectralon (Labshere, Inc.; North Sutton, NH, USA)] kullanılarak irradyans ölçümü yapılmıştır (Beeri ve ark. 2007). Saksılar kanopi ölçümleri için seranın dışına çıkartılmış ve ölçümler güneşte yapılmıştır.

Yaprak ölçümleri için ise her bir parselden ve saksıdan 5'er yaprak rastgele seçilmiştir. Ölçümlerde spektrometreye bağlanabilen yaprak ölçüm aparatı ve yaprak kısıkaçı kullanılmıştır. Yaprak kısıkaçına zedelemekten sıkıştırılan yapraklarda, yapay ışık kaynağı olarak yaprak ölçüm aparatının içerisine monte edilmiş olan 100 wattlık halojen lamba

Çizelge 1. Parsellere uygulanan azot, fosfor, potasyum dozları (kg da⁻¹) ve kombinasyonları.

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

kullanılarak yansıma ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Delalieux ve ark. 2008). Yaprak ölçümleri gerçekleştirildikten sonra parsellerdeki ve saksılardaki bitkiler biçilmiş, güneş altında 1-2 saat süreyle soldurulmuş ve parsellerdeki bitkilerden 150 g, saksılardaki bitkilerin ise tamamı kurutma fırınında 65°C'de 48 saat kurutulmuştur (Brink ve ark., 2003; Halgerson ve ark. 2004). Kurutmadan sonra örneklerdeki fosfor düzeyi kuru yakma yöntemi ile belirlenmiştir (Karaca ve Çimrin 2002). Yaprak ölçümleri için alınan yapraklarda ayrıca fosfor analizi yürütülmemiş, genel ölçümler ve yaprak ölçümleri için tek fosfor analizi yapılmıştır.

Verilerin istatistik analizi yapılırken her bir dalga boyundaki yansıma değeri için 5 tekrarlamalı yapılan ölçümlerin ortalaması alınmıştır. MINITAB istatistik programında değişken ekleme ve eleme (stepwise) regresyon analizi kullanılarak yapılan analizlerde bitkinin fosfor seviyesi ile ilişkili dalga boyları belirlenmiş ve bu dalga boyları kullanarak regresyon eşitlikleri oluşturulmuştur.

3. Bulgular

Değişken ekleme ve eleme regresyon analizi sonucu örneklerin fosfor düzeyleri ile ilişkili dalga boyları ve bu dalga boyları ile oluşturulan regresyon eşitlikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2'de görüldüğü üzere, tarlada yapılan genel ölçümlerde fosfor düzeyleri ile spektrumun mavi bölgesinde (400-500 nm) yer alan 5 dalga boyunun ilişkili olduğu belirlenmiş ve bu dalga boyları ile oluşturulan regresyon eşitliğinin R² değeri 0,45 olarak hesaplanmıştır. Tarla-yaprak ölçüm sonuçlarına göre ise, değişken ekleme ve eleme regresyon analizi sonucu fosfor düzeyleri için 22 adet dalga boyu (9 mavi, 4 yeşil, 3 kırmızı ve 6 yakın kızılötesi) seçilmiş ve bu dalga boyları ile R² değeri 0,86 olan bir regresyon eşitliği oluşturulmuştur.

Regresyon eşitliği kullanılarak hesaplanan fosfor değerleri ile laboratuvar analizleriyle belirlenen değerler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik tarla-genel için Şekil 1'de, tarla-yaprak için ise Şekil 2'de görülmektedir.

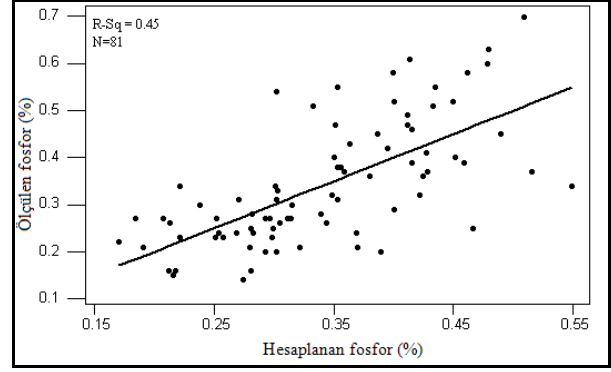
Sera denemesine ait genel ve yaprak ölçüm sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Sera-genel ölçüm sonuçlarına göre, fosfor düzeylerini hesaplamak amacıyla oluşturulan regresyon eşitliğinde spektrumun kırmızı bölgesinde yer alan 9 dalga boyu yer almış ve eşitliğin R² değeri 0,47 olarak belirlenmiştir.

Seradaki bitkilerde yapılan yaprak ölçümleri sonucu ise fosfor düzeyleri ile 26 adet dalga boyundaki yansıma değerleri arasında bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu dalga boylarından 2'si spektrumun mavi bölgesinde yer alırken, 24'ü ise NIR bölgesinde yer almaktadır. Oluşturulan regresyon eşitliğinin R² değeri 0,90'dır. Eşitliklerle hesaplanan fosfor değerleriyle laboratuvar analizleri sonucu belirlenen değerler arasındaki ilişkiyi ve en iyi regresyon eğrisini gösteren grafikler sera-genel için Şekil 3'de, sera-yaprak için Şekil 4'de görülmektedir.

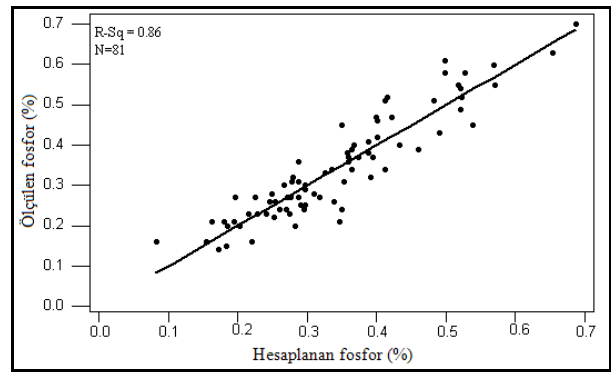
Çizelge 2. Yem bezelyesinde fosfor düzeyleri ile yansıma değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon eşitlikleri ve R² değerleri (Tarla).

	Sabit	Katsayı x Dalga Boyu Yansıma Değerleri	R ²
Genel	0,327	(43,6xY ₄₄₈) + (-10,6xY ₄₀₁) + (-133xY ₄₅₈) + (77,1xY ₄₆₃) + (21,2xY ₄₄₄)	0,45**
Yaprak	-3,18	(-32,6xY ₄₇₈) + (36,6xY ₅₁₀) + (-34,2xY ₆₂₆) + (-67,1xY ₆₄₆) (92,0xY ₆₃₉) + (9,02xY ₄₁₅) + (126,0xY ₈₄₉) + (-59,6xY ₈₈₀) + (27,0xY ₄₄₈) + (27,9xY ₄₉₈) + (-26,5xY ₄₉₁) + (-15,9xY ₄₇₁) + (8,55xY ₄₅₈) + (-80,9xY ₈₄₈) + (57,6xY ₈₄₃) + (31,0xY ₈₈₂) + (-19,8xY ₅₀₄) + (-70,9xY ₈₄₆) + (-27,3xY ₅₁₃) + (11,0xY ₄₄₀) + (-2,60xY ₄₀₃) + (12,6xY ₅₀₂)	0,86**

** :P<0,01



Şekil 1. Yem bezelyesinde ölçülen fosfor değerleri ve regresyon eşitlikleri ile hesaplanan fosfor değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon grafiği (Tarla-Genel).



Şekil 2. Yem bezelyesinde ölçülen fosfor değerleri ve regresyon eşitlikleri ile hesaplanan fosfor değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon grafiği (Tarla-Yaprak).

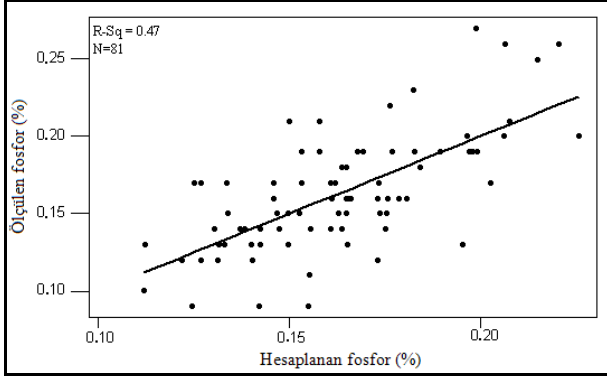
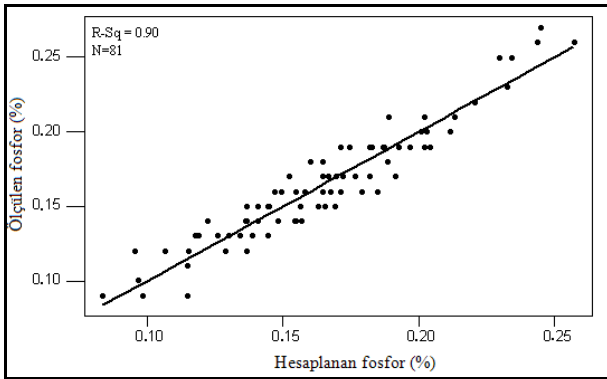
4. Tartışma

Çalışmada fosfor düzeylerini tahmin etmek amacıyla oluşturulan eşitliklerde spektrumun değişik bölgelerinden dalga boyları yer almakla birlikte, özellikle R² değerleri yüksek eşitliklerde, kırmızı ve NIR bölgeden oldukça fazla sayıda dalga boyu yer almıştır. Antosiyan, bitkilerde fosfor miktarı tarafından etkilenen bir maddedir ve fosfor eksikliği durumunda bitkide biriktiği belirtilmektedir. Böylece yaprakların orta kısımlarında koyu yeşil, kenarlarında ise parlak mor bir renk meydana gelmektedir. Bu nedenle, dolaylı yoldan da olsa fosfor miktarındaki değişim antosiyan vasıtasıyla yansılarda bir değişikliğe neden olabilmektedir. Çünkü spektrumun yeşil bölgesindeki ışığı absorbe eden antosiyan mavi ve kırmızı bölgelerindeki ışığı yansıtmaktadır (Salisbury ve Ross 1992). Biolley ve Jay (1993), antosiyan'ın 400-580 nm dalga boylarındaki yansımaları etkilediğini bildirmiştir. Bu durum Pietrini ve Massacci (1998), Pietrini ve ark. (2002) ve Close ve Beadle (2003) tarafından da doğrulanmıştır.

Çizelge 3. Yem bezelyesinde fosfor düzeyleri ile yansıma değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon eşitlikleri ve R² değerleri (Sera).

	Sabit	Katsayı x Dalga Boyu Yansıma Değerleri	R ²
Genel	0,190	$(-44,9 \times Y_{661}) + (32,3 \times Y_{684}) + (22,4 \times Y_{653}) + (-55,3 \times Y_{638}) + (28,8 \times Y_{634}) + (-57,8 \times Y_{674}) + (26,9 \times Y_{678}) + (24,1 \times Y_{650}) + (22,0 \times Y_{663})$	0,47**
Yaprak	-0,864	$(-38,6 \times Y_{810}) + (15,7 \times Y_{814}) + (-23,0 \times Y_{772}) + (7,79 \times Y_{861}) + (-16,4 \times Y_{871}) + (-27,5 \times Y_{711}) + (0,879 \times Y_{406}) + (18,0 \times Y_{713}) + (20,2 \times Y_{817}) + (22,2 \times Y_{769}) + (12,8 \times Y_{888}) + (-9,11 \times Y_{839}) + (42,7 \times Y_{781}) + (8,78 \times Y_{708}) + (15,0 \times Y_{865}) + (-10,5 \times Y_{900}) + (18,4 \times Y_{748}) + (-10,2 \times Y_{847}) + (-25,8 \times Y_{753}) + (5,00 \times Y_{877}) + (-0,480 \times Y_{409}) + (-19,1 \times Y_{780}) + (-20,5 \times Y_{782}) + (12,7 \times Y_{796}) + (9,97 \times Y_{767}) + (-7,86 \times Y_{787})$	0,90**

** :P<0,01

**Şekil 3.** Yem bezelyesinde ölçülen fosfor değerleri ve regresyon eşitlikleri ile hesaplanan fosfor değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon grafiği (Sera-Genel).**Şekil 4.** Yem bezelyesinde ölçülen fosfor değerleri ve regresyon eşitlikleri ile hesaplanan fosfor değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon grafiği (Sera-Yaprak).

Yapılan bazı çalışmalarda bitkilerin fosfor düzeyleri yansıma değerleri kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır (Bogreki ve ark. 2005; Mutanga ve ark. 2004). Milton ve ark. (1991) farklı fosfor düzeyleri içeren solüsyonlarda yetiştirdikleri soya fasulyesi (*Glycine max* L.)'nde fosfor eksikliği olan bitkilerde spektrumun yeşil ve sarı bölgelerindeki yansıma değerlerinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada fosfor eksikliğine maruz kalmış mısır bitkilerinde spektrumun kırmızı (830 nm) ve NIR (940 nm ve 1100 nm) bölgelerindeki dalga boylarının absorpsiyon düzeylerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir (Al-Abbas ve ark. 1974). Jacop ve Lawlor (1991) mısır, buğday ve ayçiçeğinde fosfor stresinin bitki hücrelerinde küçülmeye neden olduğunu ve dolayısıyla stres altında olmayan bitkilere göre birim yaprak alanındaki hücre sayısında artış meydana geldiğini belirtmişlerdir. Spektrumun yakın kızıl ötesi bölgesindeki yansımaların

dokuların içsel yapısı tarafından etkilendiğini belirten Osborne ve ark. (2002) ise mısırdaki erken gelişim devrelerinde spektrumun mavi (440 ve 445 nm) ve NIR (730 ve 930 nm) bölgelerinin fosfor konsantrasyonunun tahmini için en iyi bölgeler olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum, fosfor konsantrasyonlarının tahmininde spektrumun özellikle yakın kızıl ötesi bölgesindeki yansımaların önemli olduğunu göstermektedir.

Çalışmadan elde edilen bir başka sonuca göre ise, yapraklarda yapılan yansıma ölçümlerinin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Çünkü genel (kanopi) ölçümlerde ışık kaynağı olarak güneş ışınları kullanılmakta ve bu ışınlar bazen bulutlar nedeniyle engellenmekte ve doğru ölçüm yapılamamasına neden olabilmektedir. Bu nedenle referans panelde sık sık yansıma ölçümleri yapılarak, güneş ışınlarındaki değişimler kontrol edilmelidir. Yapraktan, yaprak ölçüm aparatı ve yaprak kıskacı ile yapılan ölçümlerde ise yapay ışık kaynağı kullanıldığı ve her ölçülen örneğe kaynaktan çıkan ışınlar aynı miktarda geldiği için böyle bir sorun yaşanmamaktadır. Adams ve ark. (2000) tarafından soya fasulyesinde yürütülen bir çalışma sonucunda spektral ölçümlerin Mn, Zn, Fe ve Cu eksikliklerinin belirlenmesinde kullanılabileceği belirlenmiş ve yöntemin hızlı, örnekleri tahrip etmeden serada ve arazide kullanılabilecek bir yöntem olduğu vurgulanmıştır. Aynı çalışmada, spektral ölçümlerin kontrollü koşullar altında Mn, Zn, Fe ve Cu elementlerinin kritik seviyelerini belirlemede kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

5. Sonuç

Yem bezelyesinde fosfor düzeylerinin yansıma değerleriyle belirlenebilirliğini araştırmak amacıyla yürütülen bu çalışmada, dalga boylarındaki yansıma değerleriyle fosfor düzeyleri arasında önemli ilişkilerin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yaprakta yapılan kontrollü ölçümlerin kanopi ölçümlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Sonuçlar yem bezelyesinde fosfor düzeylerinin tahmininde yansıma değerlerinin kullanılabileceğini göstermektedir. Bu durum sonuçların, klasik laboratuvar analizlerine göre daha ucuz ve çok daha kısa sürede elde edilmesini sağlamaktadır. Böylece bitkilerin bitki besin elementi düzeylerinde bir sorun olması durumunda kısa sürede önlem alınabilmektedir. Bu yöntem sayesinde laboratuvar analizlerine ihtiyaç kalmayacağından kimyasal kullanımı ve atığı olmayacak ve çevre kirlenmesinin de önüne geçilebilecektir. Çalışma ayrıca yem bitkilerinde kalite düzeylerinin arazi koşullarında belirlenmesi için yapılacak çalışmalara ışık tutacak niteliktedir.

Teşekkür

Bu çalışma başlıca yazarın doktora tezinden alınmıştır.

Çalışmayı “Doktora Tez Projesi” olarak 2005.03.0121.014 proje numarası ile destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Acar Z, Aşçı Ö (2006) Fosfor uygulamasının ak üçgül (*Trifolium repens* L.)’ün ot ve sap verimi üzerine etkisi. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 21: 323-329.
- Adams ML, Norvell WA, Philpot WD, Peverly JH (2000) Spectral detection of micronutrient deficiency in ‘Bragg’ soybean. *Agronomy Journal* 92: 261-268.
- Al-Abbas AH, Barr R, Hall JD, Crane FL, Baumgardner MF (1974) Spectra of normal and nutrient-deficient maize leaves. *Agronomy Journal* 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.
- Beegle D (2007) Soil Fertility management for forage crops. *Agronomy Facts* 31-A. Pennsylvania State University, Pennsylvania.
- Beerli O, Phillips R, Hendrichson J, Frank AB, Kronberg S (2007) Estimating forage quantity and quality using aerial hyperspectral imagery for northern mixed-grass prairie. *Remote Sensing of Environment* 110: 216-225.
- Biolley JP, Jay M (1993) Anthocyanins in modern roses: Chemical and colorimetric features in relation to the color range. *Journal of Experimental Botany* 44: 1725-1734.
- Bogreki I, Lee WS, Jordan JD, Craig JC (2005) Multispectral image analysis for phosphorus measurement in Bahia grass. ASAE Paper No. 051067, Ft. Tampa, MI: ASAE.
- Brink GE, Rowe DE, Sistani KR, Adeli A (2003) Bermudagrass cultivar response to swine effluent application. *Agronomy Journal* 95: 597-601.
- Buscaglia HJ, Varco JJ (2002) Early detection of cotton leaf nitrogen status using leaf reflectance. *Journal of Plant Nutrition* 25: 2067-2080.
- Castro-Esau KL, Sánchez-Azofeifa GA, Rivard B (2006) Comparison of spectral indices obtained using multiple spectroradiometers. *Remote Sensing of Environment* 103: 276-288.
- Close DC, Beadle CL (2003) The ecophysiology of foliar anthocyanin. *The Botanical Review* 69: 149-161.
- Delalieux S, Somers B, Verstraeten WW, Keulemans W, Coppin P (2008) Hyperspectral canopy measurements under artificial illumination. *International Journal of Remote Sensing* 29: 6051-6058.
- Elachi C, Van Zyl J (2006) Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Filella I, Serrano L, Serra J, Penuelas J (1995) Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop Science* 35: 1400-1405.
- 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.). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 164: 445-450.
- Halgerson JL, Sheaffer CC, Martin NP, Peterson PR, Weston SJ (2004) Near-infrared reflectance spectroscopy prediction of leaf and mineral concentrations in alfalfa. *Agronomy Journal* 96: 344-351.
- Han L, Rundquist DC (2003) The spectral responses of *Ceratophyllum demersum* at varying depths in an experimental tank. *International Journal of Remote Sensing* 24: 859-864.
- Jacob J, Lawlor DW (1991) Stomatal and mesophyll limitations of photosynthesis in phosphate-deficient sunflower, maize and wheat plants. *Journal of Experimental Botany* 42: 1003-1011.
- Karaca S, Çimrin KM (2002) Adi Fiğ (*Vicia sativa* L.) + Arpa (*Hordeum vulgare* L.) karışımında azot ve fosforlu gübrelemenin verim ve kaliteye etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi 12: 47-52.
- Kokaly RF, Clark RN (1999) Spectroscopic determination of leaf biochemistry using band-depth analysis of absorption features and stepwise multiple linear regression. *Remote Sensing of Environment* 67: 267-287.
- Kramer HJ (2002) Observation of the Earth and its Environment: Survey of Missions and Sensors. 4th Edition, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Li B, Liew OW, Asundi AK (2006) Pre-visual detection of iron and phosphorus deficiency by transformed reflectance spectra. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 85: 131-139.
- Lin Y, Liqun Z (2006) Identification of the spectral characteristics of submerged plant *Vallisneria spiralis*. *Acta Ecologica Sinica* 26: 1005-1011.
- Milton NM, Eiswerth BA, Ager CM (1991) Effect of phosphorus deficiency on spectral reflectance and morphology of soybean plants. *Remote Sensing Environment* 36: 121-127.
- Mutanga O, Skidmore AK, Prins HHT (2004) Predicting in situ pasture quality in the Kruger National Park, South Africa, using continuum-removed absorption features. *Remote Sensing of Environment* 89: 393-408.
- Osborne SL, Schepers JS, Francis DD, Schlemmer MR (2002) Detection of phosphorous and nitrogen deficiencies in corn using spectral radiance measurements. *Agronomy Journal* 94: 1215-1221.
- Pant HK, Adjeia MB, Scholberg JMS, Chambliss CG, Rechcigl JE (2004) Forage production and phosphorus phytoremediation in manure-impacted soils. *Agronomy Journal* 96: 1780-1786.
- Patil VD, Adsuland PB, Deshmukh LS (2007) Studies on spectral reflectance under normal and nitrogen, phosphorus and pest and disease stress condition in soybean (*Glycine Max* L.). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 35: 351-359.
- Pietrini F, Massacci A (1998) Leaf anthocyanin content changes in *Zea mays* L. grown at low temperature: significance for the relationship between the quantum yield of PS II and the apparent quantum yield of CO₂ assimilation. *Photosynthesis Research* 58: 213-219.
- Pietrini F, Iannelli MA, Massacci A (2002) Anthocyanin accumulation in the illuminated surface of maize leaves enhances protection from photo-inhibitory risks at low temperature, without further limitation to photosynthesis. *Plant, Cell and Environment* 25: 1251-1259.
- Polat T, Bükün B, Okant M (2007) Dose response effect of nitrogen and phosphorus on forage quality, yield and economic return of rangelands. *Pakistan Journal of Botany* 39: 151-160.
- Salisbury FB, Ross CW (1992) Plant Physiology. 4th Edition Wadsworth Publishing Company, Belmont, California.
- Sayar MS, Anlarsal AE, Başbağ M, Gül İ, Açıkgöz E (2009) Diyarbakır koşullarında bazı yem bezelyesi (*Pisum arvense* L.) hatlarının verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, 19-22 Ekim 2009 Hatay, s. 646-650.
- Summy KR, Little CR, Mazariegos RA, Everitt JH, Davis MR, French JV, Scott AW (2003) Detecting stress in glasshouse plants using color infrared imagery: A potential new application for remote sensing. *Subtropical Plant Science* 55: 51-58.
- Tarpley L, Reddy KR, Sassenrath-Cole GF (2000) Reflectance indices with precision and accuracy in predicting cotton leaf nitrogen concentration. *Crop Science* 40: 1814-1819.
- Zhao D, Reddy KR, Kakani VG, Read JJ, Koti S (2005) Selection of optimum reflectance ratios for estimating leaf nitrogen and chlorophyll concentrations of field-grown cotton. *Agronomy Journal* 97: 89-98.
- Zhao D, Starks PJ, Brown MA, Phillips WA, Coleman SW (2007) Assessment of forage biomass and quality parameters of bermudagrass using proximal sensing of pasture canopy reflectance. *Grassland Science* 53: 39-49.