



Elma Ağaçlarında Çinko Noksanlığının Görünür Yakın Kızılötesi (VNIR) Spektroskopik Yöntemle Belirlenmesi

Levent BAŞAYIĞIT^{1*}

Mert DEDEOĞLU²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fak., Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta, Türkiye

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fak., Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya, Türkiye

*Sorumlu yazar

Geliş Tarihi: 30 Mart 2012

e-posta: leventbasayigit@sdu.edu.tr

Kabul Tarihi: 15 Mayıs 2012

Özet

Bu çalışmada elma ağaçlarında oluşan Zn noksanlığının görünür yakın kızılötesi yöntemle belirlenebilirliği araştırılmıştır. Çalışma 3 farklı lokasyonda yürütülmüştür. Bu amaçla her lokasyonda sağlıklı bitkiler ile birlikte farklı şiddetlerde Zn noksanlığının karakteristik özelliklerini gösteren 15 farklı bahçe seçilmiş, her bahçeden 4 farklı ağaç olmak üzere toplam 60 bitkiden yaprak örnekleri alınmıştır. ASD FieldSpec HandHeld spektrometre cihazı-bitki probu (plant probe) aparatı kullanılarak yaprakların spektral yansımaları ölçülmüş, yapraklarda Zn ve klorofil analizleri ve diğer bitki besin elementi içerikleri belirlenmiştir. Spektral yansıma ölçümleri ile Zn elementi seviyeleri stepwise çoklu linear regresyon analiz yöntemiyle karşılaştırılmıştır. En yüksek r² değerli matematiksel tahmin modelleri oluşturulmuştur.

Çalışma sonunda; elma ağaçlarında Zn noksanlığının görünür yakın kızılötesi spektroskopik yöntem ile arazi koşullarında tahmin edilebildiği sonucuna varılmıştır. Ancak ekolojik koşullardaki değişimlerin ve farklı tarımsal uygulamaların spektral yansımaları etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca besin elementleri arasındaki etkileşimlerin de daha detaylı araştırılması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Elma, görünür yakın kızılötesi, spektrometre, Zn noksanlığı

The Determination of Zn Deficiency on Apple Orchards Using Visible Near Infrared (VNIR) Spectroscopy Methods

Abstract

In this study, determinability of the Zn deficiency in apple orchards was investigated by visible near infrared spectroscopic method. The study was conducted out in 3 different locations. With this aim, 15 different apple orchards was chosen had normal and Zn deficiency in different intensity in every location and the total 60 leaf samples were taken from 4 different trees of each orchard. Spectral reflectance of the leaves was measured by the ASD FieldSpec HandHeld spectroradiometer and plant probe, other nutrition also were determined addition to Zn and chlorophyll analysis in the leaves. Spectral reflectance measurements with Zn levels were evaluates by the method of stepwise multiple linear regression analysis.

In the end of study, determinability of Zn deficiency in the apple orchards by the visible near infrared spectroscopic method was found. But, it is determined that the changes in ecological conditions and different agricultural applications effected spectral reflectance. It was put forward that the interactions among of nutrients were also subjects that needed researched.

Keywords: Apple orchards, spectroradiometer, visible near infrared (VNIR), Zn deficiency

GİRİŞ

Hiperspektral yansıma teknikleri, toprak, bitki, su ve mineral gibi birçok doğal objenin fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik özelliklerini belirlemeye yönelik geliştirilmekte olan genç sistemler olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemler geleneksel olarak uygulanmakta olan laboratuvar yöntemlerine bir alternatif olarak gösterilmektedir. Hiperspektral yansıma tekniklerinin en yaygın kullanım şekli ise spektrometrelerdir.

Spektrometre, elektromanyetik spektrumun (EMS) görünür, yakın ve orta kızılötesi dalgaboyu bölgelerini algılama yeteneğine sahip olan bir cihazdır.

Bu araçlar yardımıyla ölçülen çeşitli dalga boylarındaki yansıma değerleri ile bitki özellikleri arasında bir ilişki bulunduğu yapılan çalışmalar ile bilinmektedir [3, 4, 6, 7, 13]. Bitkilerde daha çok görünebilir yakın kızılötesi bölgede yansıyan enerjinin (VNIR) ölçümünü temel alan bu sistemlerin esası, bitkilerin yeşil aksamlarından olan yansıma değerleriyle özellikle klorofil pigmentinin kimyasal kompozisyonları arasındaki ilişkinin çeşitli istatistiksel yöntemlerle tahminine dayanmaktadır.

Bitkilerde her obje gibi tipik yansıma değerlerine sahiptirler. Bitki kompozisyonunda yer alan -CH, -OH, -NH, C=O ve -SH gibi organik yapılarıdaki atomlar

arasında bulunan bağların esnemesi ve eğilmeleri sonucu ortaya çıkan enerji IR bölgede absorbe edilmektedir [5,12,14]. Bunun sonucu olarak görülebilir yakın kızılötesi bölgede (VNIR) belirgin farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar spektrometreler yardımıyla her bir dalgaboyu için belirlenmekte ve grafik verileri olarak sunulmaktadır. Bir bitki besin stresi altında ise klorofil üretiminde aksaklık oluşmakta, klorofil üretiminin azalması ile görünür bölgede klorofil bantlarında daha az absorpsiyon olmakta ve özellikle spektrumun kırmızı bölgesinde daha fazla bir yansıtma meydana gelmektedir.

Çinko besin elementi de bitkiler için önemli metabolik ve fizyolojik olayları etkileyen, noksanlığı durumunda farklı düzeylerde zararlar meydana getiren mutlak gerekli bir bitki besin elementidir. Çinko birçok enzimin yapısında yer almaktadır ve kimi enzimleri aktive etme yeteneğine sahiptir.

Bu çalışmada görünür yakın kızılötesi yöntem ile elma ağaçlarında çinko bitki besin elementi noksanlığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Türkiye’de en fazla elma üretiminin yapıldığı ve Zn noksanlığının yaygın olduğu Isparta ili sınırları içerisinde yürütülmüştür. Çalışmada 3 farklı lokasyonda (Senirkent, Atabey ve Eğirdir) örnekleme yapılmıştır. Çalışmada sağlıklı bitkiler ile birlikte farklı şiddetlerde Zn noksanlığının karakteristik özelliklerini gösteren 8-10 yaşlarında GranySmith elma ağaçlarından alınan yaprak örnekleri kullanılmıştır. 15 farklı bahçede 4 farklı ağaç seçilmiş, toplam 60 bitki üzerinde çalışılmıştır. Çalışma altı temel aşamadan oluşmuştur. Bunlar;

Örnekleme Bahçelerinin Belirlenmesi

Arazi gözlemlerinde sağlıklı bitkiler ile birlikte farklı şiddetlerde Zn noksanlığının karakteristik özelliklerini gösteren bahçeler belirlenmiştir.

Spektral Yansıtma Ölçümleri ve Yaprak Örneklerinin Alımı

Gübreleme öncesi Temmuz ayının son on günü içinde yapılmıştır. Spektral yansımalar bahçelerde ve canlı yaprak örnekleri üzerinde ASD FieldSpec HandHeld spektrometre cihazı ile bitki probu (plant probe) kullanılarak 3 tekerrürlü olarak belirlenmiştir. Kalibrasyon için, her 10 okumada bir defa beyaz referans alçı blok spektralonu kullanılmıştır. Ölçümler tam güneş ışımına maruz kalmış genç sürgünlerin orta yapraklarından ve uygun büyüklüğe ulaşmış olanlardan, biyolojik ya da mekanik zararlı etkisi olmayan ve üzerinde toz, zirai ilaç kalıntısı vb. kirletici bulunmayan yapraklarda yapılmıştır.

Laboratuvar Analizleri

Yaprak örneklerinde azot tayini Kjeldahl yöntemi ile (Kacar, 2008), K, Zn, Ca, Mg, Fe, Cu ve Mn elementleri kuru yakma metodu ile AAS cihazında, P tayini

Vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre, B tayini Quinalizarin yöntemine göre spektrofotometre cihazında yapılmıştır [9]. Klorofil a, klorofil b ve klorofil a+b miktarları Arnon Klorofil tayini metoduna [1] belirlenmiştir.

Spektral Yansıtma Verilerinin İşlenmesi

Spektral yansıtma verilerinin işlenmesinde ASD ViewSpec Pro yazılımı kullanılmıştır. Spektral yansıtma ölçümleri ile elde edilen yansıtma değerlerinin ortalamaları hesaplanmıştır.

İstatistik Analizler

Spektral yansıtma verileri ve laboratuvar analizi sonucu elde edilen Zn seviyeleri çoklu karşılaştırma testi olan stepwise çoklu lineer regresyon analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Farklı değişken (dalga boyu) kombinasyonları kullanılarak en fazla 6 bantta en yüksek r^2 değerli matematiksel tahmin modelleri oluşturulmuştur. Ayrıca klorofil pigmenti ile Zn besin elementi arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek amacıyla kolerasyon analizi yapılmıştır.

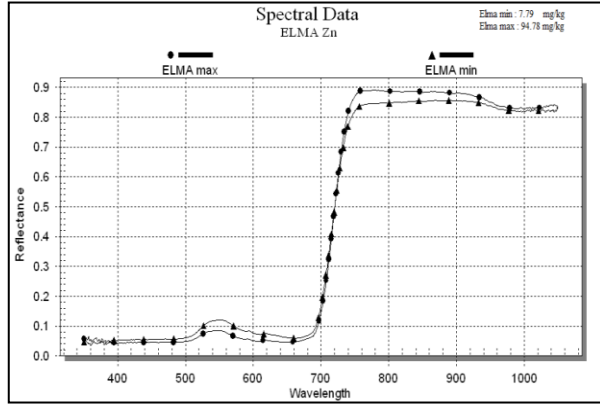
BULGULAR VE TARTIŞMA

Örneklerde yapılan analiz sonuçlarına göre tüm lokasyonlarda Zn seviyelerinin geniş bir dağılım gösterdiği, örneklerin % 52’sinin Jones ve ark.’nın [8] elma ağacı Zn sınıflamasına göre çinko besin elementi bakımından noksan olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Üç farklı lokasyondan alınan örneklerde klorofil a+b içeriği en az 1.39 mg.l^{-1} , en fazla 3.67 mg.l^{-1} ortalama 2.74 mg.l^{-1} olarak belirlenmiştir. Çinko noksanlığı gösteren örneklerin klorofil içerikleri çinko noksanlığı göstermeyen örneklerin klorofil içeriğinden daha düşük bulunmuştur.

Spektral Yansımalar ve Zn Noksanlığı

Elma ağaçlarından alınan yaprak örneklerinde en düşük Zn içeriği ile en yüksek Zn içeriğine ait yansıtma eğrileri karşılaştırıldığında çinko besin elementi seviyesinde meydana gelen azalışa bağlı olarak özellikle görünür bölgede (400-700 nm) meydana gelen yansımalarda önemli bir artış olduğu, bunun yanında kızılötesi bölgede (700-900 nm) yansıtma azalışı meydana geldiği bulunmuştur (Şekil 1).

Yakın kızılötesi bölgede klorofil konsantrasyonunun belirlenebildiği ve buna bağlı olarak bitki besin elementi içeriğinin tahmin edilebildiği görülmektedir [6,13,2]. Nitekim, azot besin elementi içeriğinin tahmininde 560, 650, 730 ve 760 nm dalga boyları belirleyici bir özelliğe sahiptir [7]. Hiperspektral yansıtma tekniklerinde klorofil konsantrasyonunun 530-600 nm dalga boylarında belirlenebilmektedir [4]. Elma ağaçlarında N, Mg, Fe, Zn ve klorofil miktarını belirlemek için ölçülen yansıtma değerleri ile analiz sonuçları arasında r^2 değerlerinin sıra ile 0.99, 0.68, 0.94, 0.92 ve 0.98 olarak bulunduğu, P, K, Ca, Cu ve Mn için ise r^2 değerlerinin 0.97, 0.99, 0.71, 0.92 ve 0.99 olarak belirlendiği ifade



Şekil 1. Elma ağaçlarında en düşük ve en yüksek çinko besin elementi seviyesine ait spektral yansıma eğrileri

edilmiştir [2]. Yaprak örneklerinin laboratuvar analiz sonuçlarından elde edilen Zn besin elementi seviyeleri ile klorofil pigmenti içeriği arasında % 87 oranında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$). Bu durumda görünür bölgede meydana gelen yansıma farklılıklarının Zn besin elementi kaynaklı klorofil noksanlığından ya da deformasyonundan kaynaklandığını göstermektedir. Nitekim bitki besin elementi stresi altında klorofil üretiminde aksaklık olduğu, klorofil üretiminin azalması ile görünür bölgeyi kapsayan klorofil yutma bantlarında daha az yutulma olduğu ve özellikle spektrumun kırmızı bölgesinde daha fazla bir yansıma meydana geldiği bilinmektedir [11]. Bu durum çinko besin elementinin

bitkilerde birçok enzimin yapısına girmesi ve kimi enzimleri aktive etme yeteneğine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca buna bağlı olarak bitkilerde klorofil içeriğinin çinko noksanlığında olağan üstü azaldığı belirtilmektedir [10].

Araştırmada kullanılan örneklere ait spektral yansıma verileri ve laboratuvar analizi sonucu elde edilen Zn elementi seviyeleri çoklu karşılaştırma testi olan stepwise çoklu linear regresyon analiz yöntemiyle karşılaştırıldığında en fazla 6 bantta elde edilen en yüksek r^2 değerli matematiksel tahmin modelleri Çizelge 2’de verilmiştir.

İstatistik analiz bulguları neticesinde 6 dalga boyu (bant) kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde en yüksek doğruluk katsayısı (r^2) % 95,53 ile Atabey ilçesinde yapılan örneklemelerde elde edilmiştir. Atabey ilçesini sırasıyla % 93,80 ile Eğirdir ve % 91,88 ile Senirkent ilçeleri takip etmektedir.

Araştırmada farklı lokasyonlardan alınan örneklerin tamamına ait spektral yansıma verileri ve bu lokasyonlara ait örneklerin laboratuvar analizi sonucu elde edilen Zn besin elementi seviyeleri stepwise çoklu linear regresyon analiz yöntemiyle karşılaştırıldığında en fazla 6 bantta elde edilen en yüksek r^2 değerli matematiksel tahmin modelleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Farklı lokasyonların bir arada stepwise çoklu linear regresyon analizi ile değerlendirilmesi neticesinde 6 dalga boyu (bant) kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinde en yüksek doğruluk katsayısı (r^2) % 62,88 olarak bulunmuştur.

Çizelge 1. Elma Ağaçlarının Besin Elementi Seviyeleri ve örneklerin içerikleri

B.Elementi	Seviyeler			Örnekler		
	Noksan	Yeterli	Fazla	Min	Max	Ort
Zn (ppm)	15-19	20-100	> 100	7,79	94,78	29,50
N (%)	1,07-1,89	1,9-2,60	70	1,54	3,04	2,27
P (%)	0,10-0,13	0,14-0,40	> 0,40	0,12	0,43	0,22
K (%)	1-1,49	1,5-2,00	> 2	0,77	2,59	1,69
Mg (%)	0,20-0,24	0,25-0,50	> 0,50	0,25	1,16	0,44
Fe (ppm)	40-49	50-300	> 300	71,35	175,20	104,65
Ca (%)	<1,20	1,2-1,6	> 1,6	1,04	3,04	1,74
Cu (ppm)	4-5	6-50	> 50	4,48	35,72	11,63
Mn (ppm)	20-24	25-200	201-300	39,54	193,20	92,32
B (ppm)	20-24	25-50	> 50	27,23	70,45	46,37

Çizelge 2. Lokasyonlarda altı bant yansıma değeri kullanılarak oluşturulan tahmin modelleri

	MODEL	DENKLEM	R^2
Senirkent	$Zn = -271 + (11573 * 879nm) - (9625 * 878nm) + (-5719 * 829nm) + (4256 * 979nm) + (3765 * 982nm) + (4567 * 833nm)$	$y = 0,9202x + 2,3219$	$R^2 = 0,92$
	Min: 7,79 Max: 50,10 Ort: 17,67	(Laboratuvar analizi Zn içeriği)	
Atabey	$Zn = -206,31 + (2868 * 1019nm) + (3535 * 1025nm) + (-674 * 1047nm) + (5384 * 608nm) + (5164 * 606nm) + (-213 * 1008nm)$	$y = 0,944x + 1,2933$	$R^2 = 0,95$
	Min: 9,72 Max: 29,04 Ort: 17,29	(Laboratuvar analizi Zn içeriği)	
Eğirdir	$Zn = 4,413 + (3897 * 379nm) + (-12381 * 410nm) + (8945 * 414nm) + (1104 * 354nm) + (2410 * 390nm) + (-2894 * 394nm)$	$y = 0,9378x + 3,4858$	$R^2 = 0,94$
	Min: 18,55 Max: 127,10 Ort: 56,98	(Laboratuvar analizi Zn içeriği)	

Çizelge 3. Alanların toplamında altı bant yansıma değeri kullanılarak oluşturulan tahmin modeli

Toplam alan	Zn=295,05+ (17819*605nm)+(16943*603nm) + 8475*902nm)+(440*352nm)(-6989*886nm)+(-1118*984nm)			y=0,6287x + 10,691	R ² =0,63
	Min: 7,79	Max: 94,78	Ort: 29,5	(Laboratuvar analizi Zn içeriği)	

Araştırma sonucunda elma ağaçlarının Zn besin elementi içerikleri ile yaprakların spektral yansıma değerleri arasında görünür yakın kızılötesi (400-900 nm) yansıma bölgelerinde istatistik olarak yüksek bir ilişki bulunmaktadır. Ayrıca Zn besin elementi noksanlığından kaynaklanan ve insan gözü ile algılama yapılması mümkün olmayan klorofil deformasyonunun sonucu olan kloroz koşullarının da yakın kızılötesi bölgeden ölçülen spektral yansıma değerleri ile belirlenebildiği sonucuna varılmıştır. Belirlenen bu sonuçları laboratuvar analizleri ile spektral yansıma değerleri arasında uygulanan istatistik analizler de desteklemektedir.

İstatistik analizler neticesinde örnekleme yapılan lokasyonların her biri kendi birbirinden bağımsız değerlendirildiğinde yüksek doğruluk katsayılı ($91.88 < r^2 < 94.53$) tahmin modelleri elde edilmiştir. Ancak örnekleme yapılan lokasyonlardan alınan örnekler birleştirilerek değerlendirildiğinde doğruluk katsayısının düştüğü görülmektedir ($r^2 = 63.00$). Bu düşüşün nedeni ise farklı lokasyonlarda bitkilerin organik yapısını etkileyen farklı ekolojik ve kültürel koşulların bulunmasıdır.

Elma ağaçlarında Zn noksanlığının yanında diğer bitki besin elementlerinin noksanlıkları ya da yüksek dozları nedeniyle meydana gelebilen etkileşimlerin spektral yansımalar üzerine oluşturduğu etki önemli olmaktadır.

Sonuç olarak elma ağaçlarında Zn besin elementi noksanlığı, görünür yakın kızılötesi spektroskopik yöntem ile arazi koşullarında belirlenebilmektedir. Ancak ekolojik koşulların değişmesinin ve tarımsal uygulama farklılıklarının spektral yansımaları etkilediği belirlenmiştir. Besin elementleri arasındaki interaksiyonların da araştırılması gereken en önemli konu olduğu unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Arnon, D. I., 1949. Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts Polyphenoloxidase in Beta Vulgaris. *Plant Physiol.* 24:1-5.
- [2] Başayığıt, L., S. Albayrak and H. Senol, 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.

[3] Başayığıt, L., S. Albayrak, H. Şenol and H. Akgül, 2008, Spektrodometre Verileri İle Bitki Besin Elementi İçeriğinin Tahmin Edilebilirliği, 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, Konya.

[4] Blackburn, G. A., 2006, Hyperspectral remote sensing of plant pigments, *Journal of Experimental Botany.* 58 : 855–867.

[5] Chang, C.W., D. A. Laird, M. J. Mausbach and C. R. Hurburg Jr., 2001, Near-Infrared Reflectance Spectroscopy Principal Components Regression Analysis of Soil Properties. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 65:480-490.

[6] Graeff, S., D. Steffens and S. Schubert, 2001. Use of Reflectance Measurements for The Early Detection of N, P, Mg and Fe Deficiencies in Zea mays L. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164:445-450.

[7] Jain N. and S. Ray, 2007, Use of hyperspectral data to assess the effects of different nitrogen applications on a potato crop, *Springer Science+Business Media.* 8:225–239.

[8] Jones J. R., B. Wolf and H. A. Mills, 1991, *Plant Analysis Handbook*, Micro Macro Publishing Inc.

[9] Kacar, B. ve A. İnal, 2008. *Bitki Analizleri*. Nobel Yayın, Ankara.

[10] Kacar B. ve B. Katkat, 2007. *Bitki Besleme*. Nobel Yayın, Ankara.

[11] Maktav, D. and F. Sunar, 1991. *Uzaktan Algılama-Kantitatif Yaklaşım (Remote Sensing-A Quantitative Approach; Swain/Davis)*, Çeviri Kitap, Hürriyet Ofset, İstanbul.

[12] Pasquini C., 2003, Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications. *J. Braz. Chem. Soc.* 14: 198-219.

[13] Silva T. A. and C. A., Beyl, 2005, Changes Spectral Reflectance of Wheat Leaves in Response to Specific Macronutrients Deficiency. *Advances in Spaces Research, COSPAR Publication.* 35: 305-317.

[14] Viscarra Rossel R. A., D. J. J. Walvoort, A. B. McBratney, L. J. Janik and J. O. Skjemstad, 2006, Visible, Near Infrared, Mid-Infrared or Combined Diffuse Reflectance Spectroscopy for Simultaneous Assessment of Various Soil Properties *Geoderma* 131:59-75.