

Elma Çeşitlerine Yapraktan Bor Uygulamasının Bitkinin Mineral Beslenmesiyle Meyvenin Verim ve Kalitesine Etkisi

İbrahim ERDAL*

Şevkiye Armağan TÜRKAN

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

*Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author e-mail) : ibrahimerdal@sdu.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 29.06.2016

Kabul tarihi (Accepted): 19.09.2016

Öz

Bu çalışmada yapraktan bor gübrelemesinin elma çeşitlerinin bor beslenmesiyle verim ve bazı kalite ölçütlerine etkisini incelemek amaçlanmıştır. Denemede Mondial Gala, Red Chief, Scarlet Spur, Breaburn ve Fuji olmak üzere beş elma çeşidi kullanılmış olup, 0 ve 100 mg B l⁻¹ litre olacak şekilde hazırlanan çözeltilerden, çiçeklenme öncesi 15 gün arayla iki defa yapraktan gübreleme yapılmıştır. Deneme sonunda Braeburn çeşidi hariç diğer çeşitlerin tamamında yaprak B konsantrasyonunun arttığı görülmüştür. Yapraktan B gübrelemesiyle bütün çeşitlerin meyve toplam verimi artmış ve elde edilen artışlar Mondial Gala ve Breaburn çeşitleri hariç diğerlerinde istatistiksel anlamda önemli olmuştur. Yapraktan bor uygulaması incelenen meyve kalite ölçütlerine genellikle etki yapmamıştır. Çeşitlerin bor uygulamalarından farklı derecelerde etkilendiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bor, çeşit, elma, yapraktan gübreleme

Effect of Foliar Boron Application on Nutrient Concentration, Fruit Yield and Quality of Different Apple Varieties

Abstract

In this study, it was aimed to investigate the effect of foliar boron fertilization on different apple varieties. For his purposes, five apple varieties as Mondial Gala, Red Chief, Scarlet Spur, Breaburn and Fuji were used. For foliar spraying, 0 and 100 mg B l⁻¹ containing solutions were sprayed to the leaves before flowering with fifteen days interval. At the end of the experiment it was seen that leaf boron concentrations increased with foliar boron fertilization in varieties, except for Breaburn. In all varieties, fruit yield increased with the application and the increases obtained were significant in the varieties except for Mondial Gala and Breaburn. In general, leaf boron spraying did not affect significantly examined quality parameters. It was seen that apple varieties were affected differently from the foliar boron fertilization.

Key Words: Boron, variety, apple, foliar fertilization

GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması ve tarım birim alandan daha fazla ürün elde etme alanlarındaki artışın yok denecek kadar az olması, gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bunun için yüksek

verimli yeni çeşitlerin geliştirilmesi yanında, her ürün için uygun bitki yetiştirme tekniklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle son yıllarda üretimde ürün kalitesinin geliştirilmesi ve verimin artırılmasında bitki besin elementlerinin yaprakтан uygulanması önemli yöntemlerden biri olmuştur. Yüksek toprak pH sı, yüksek kireç içeriği, düşük organik madde, su yetersizliği, yıkanma, diğer besin elementleri arasındaki dengesizlikler, sığ toprak profili, toprak sıkışması, fiksasyon, topraktan uygulamada geç kalınması, vb. gibi farklı toprak şartlarından dolayı bitki besin elementlerinin kökler vasıtası ile alınamadığı durumlarda, yaprakтан uygulama, bitkilerin besin elementi ihtiyaçlarının karşılanmasında sıklıkla ve başarıyla kullanılmaktadır (Roemheld ve El-Fouly, 1999). Borun bitkide sayısız işlevi bulunmaktadır (Bergmann, 1992; Kacar ve Katkat 2009, Marschner 2011). Boyacı ve Çağlar (2009) tarafından yapılan bir araştırmada, farklı dozlarda yapraklara uygulanan bor'un badem çeşitlerinde çiçek tozu çimlenme oranını ve meyve tutumunu artırdığı belirlenmiştir. Yürütülen bir çalışmada yaprakтан B uygulaması yapılan elma ağaçlarının yaprak B konsantrasyonunun daha fazla olduğu, net fotosentez oranının, klorofil, stoma iletkenliği, katalaz ve glutation redüktaz enzim aktivitelerinin kontrol gurubu ağaçlarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yine bu çalışmada yaprakтан B uygulamasının meyve verimi ve suda çözünür kuru madde, meyve rengi ve titre edilebilir asitlik gibi bazı kalite ölçütlerini toprak ve kontrol uygulamalarına oranla artırdığı ifade edilmektedir (Wojcik vd., 2008). Yapılan çeşitli çalışmalarda da yaprakтан B uygulamasının, elma çeşitlerinde yaprak B konsantrasyonunu meyve tutumunu ve verimini artırdığı ve bazı verim özelliklerini iyileştirdiği ifade edilmektedir (Wójcik vd., 1999; Neilsen, 2008; Lötze ve Hoffman, 2014). Yaprakтан yapılan B uygulamasıyla sadece verim ve kalite kriterleri değil, aynı zamanda elmanın depolanma süresinin uzadığı ve bu süre zarfında kalitesini koruduğu da ifade edilmektedir (Brackmann vd., 2016).

Bu çalışmada, yaprakтан B gübrelemesinin elma çeşitlerinin B beslenmesiyle meyve verimi ve bazı kalite ölçütlerine etkisini incelemek ve çeşitlerin B uygulamasına tepkilerini karşılaştırmak amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, 2014 yılında Burdur'un Ağlasun ilçesinde üretici bahçesinde yürütülmüş olup, aynı

bahçede yetiştirilen 6 yaşlı Mondial Gala, Red Chief, Scarlet Spur, Braeburn ve Fuji elma çeşitleri denemede kullanılmıştır. Deneme toprağına ait bazı özellikler Çizelge 1' de verilmiştir. Belirtilen çizelgeden de görüleceği üzere, deneme alanı killi tın bünyeli, organik madde içeriği orta, fazla kireçli ve hafif alkali karakterlidir. Toprağın elverişli besin elementlerinden P, K, Mg ve Ca konsantrasyonları yeter ve fazla, Zn ve Cu konsantrasyonları yeterli, Fe konsantrasyonu orta, Mn konsantrasyonu az, B konsantrasyonu ise çok azdır (Lindsay ve Norvell, 1969; Wolf, 1971; FAO 1990; TOVEP 1991; Eyüpoğlu, 2000).

Denemede B kaynağı olarak ETİBOR işletmelerinden sağlanan Etidot-67 (% 20,8 B) gübresi kullanılmıştır. Bu gübreden hazırlanan Y0:0(kontrol) ve Y1:100mgB l⁻¹ konsantrasyonlarındaki çözeltilerden, çiçeklenme öncesi 15 gün arayla iki defa uygulama yapılmıştır. Kontrol dozu için ağaçlara su püskürtülmüştür.

Çizelge 1. Deneme toprağına ait bazı özellikler

Table 1. Some properties of experimental soil

Toprak özellikleri	Miktar
pH (1/2.5)	7,88
EC (1/2.5)	0,28
OM (%)	2,4
CaCO ₃ (%)	20
Yarayıllı besin elementleri (mg kg ⁻¹)	
B	0,46
Fe	3,51
Cu	2,41
Zn	0,89
Mn	3,38
Ca	7813
Mg	243
K	626
P	21,6

Yaprakta Bor Analizi

Bitkilerin B düzeylerinin belirlenmesi amacıyla Temmuz ayında yaprak örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler laboratuvara getirilerek çeşme suyu, seyreltik asit (0,2 N HCl) ve saf su ile yıkandıktan sonra 65±5 °C'de sabit ağırlığa kadar kurutulup öğütülmüştür. Öğütülmüş bitki örnekleri mikro dalga yakma sisteminde yaş yakılmıştır. Bunun için; 0,4 g bitki örneği alınmış ve teflon yakma tüpüne konulmuştur. Örneğin üzerine 10 ml konsantre nitrik asit ilave edildikten sonra mikro dalgada yaş yakma fırınında yakılmıştır. Yakılan örneklerin B konsantrasyonları ICP de okunarak hesaplanmıştır (Kacar ve İnal, 2010).

Meyve Verim ve Bazı Kalite Ölçütlerinin Belirlenmesi

Meyve verimi ölçümü hassas terazi; meyve eni ve boyu dijital kumpas; sertlik ölçümü penetrometre; suda çözünür kuru madde (ŞÇKM) refraktometre ile ve meyve suyunda pH ise pH metre cihazıyla ölçülmüştür (Hortwirth, 1960).

İstatistiksel Değerlendirme

Denemeden elde edilen sonuçların istatistiksel anlamda değerlendirilmesi için COSTAT paket programı kullanılmış ve her çeşit kendi içinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Uygulamaların Yaprak B Konsantrasyonlarına Etkisi

Elma çeşitlerinin yaprak B konsantrasyonları B uygulamalarından genelde olumlu etkilenmiş olup, Braeburn çeşidi hariç diğer çeşitlerde yaprak B düzeyleri, yapılan uygulamayla artmıştır. Kontrol koşullarında 32, 29, 28 ve 36 mg kg⁻¹ olan Mondial Gala, Red Chief, Scarlet Spur ve Fuji çeşitlerinin yaprak B düzeyleri, yaprak B gübrelemesiyle % 38, % 28, % 36 ve % 39 oranlarında artış göstererek, sırasıyla 44, 37, 38 ve 54 mg kg⁻¹ a yükselmiştir (Çizelge 2).

Uygulamaların Meyve Verimi ve Bazı Kalite Ölçütlerine Etkisi

Yapraktan B uygulamasıyla bütün çeşitlerin verim değerleri artmış, fakat bu artış iki çeşitte (Red Chief ve Braeburn) istatistiksel anlamda önemli olmamıştır. Mondial Gala, Scarlet Spur ve Fuji çeşitlerinde kontrol koşullarında 5,7 kg, 6,8 kg ve 5,9 kg olan ağaç başına düşen verim, sırasıyla % 25, % 24 ve % 7 lik artışlarla 7,1 kg, 8,4kg ve 6,3 kg değerlerine yükselmiştir (Çizelge 3). Yapraktan B uygulaması iki çeşitte meyve ağırlığına etkili olmuş, diğer çeşitlerde etki göstermemiştir. Mondial Gala çeşidinde meyve ağırlığı 165 g' dan 186 g'a, Scarlet Spur çeşidinde de 172 g' dan 188 g' a yükselmiştir (Çizelge 3). Yapraktan B uygulamasının meyvenin ŞÇKM, pH ve meyve eti sertliğine etkisi istatistiksel anlamda önemli

bulunmamıştır. Meyvenin ŞÇKM değerleri % 12-14 arasında, pH değerleri 2,9-3,4 arasında ve meyve eti sertliği ise 7,4-8,3 kg/cm² arasında farklılık göstermiştir (Çizelge 4).

Yapılan analizler sonunda yaprak B uygulaması elma çeşitlerinin yaprak B konsantrasyonunu çeşitlere bağlı olarak değişik oranlarda artmış olup, ortalama artış oranı yaklaşık % 38 dir. Kontrol koşullarında bütün çeşitler için belirlenen yaprak B düzeyi yeter kabul edilen seviyenin alt sınırlarında olmasına karşılık, uygulamayla bu değerler yeter düzeyin üst sınırlarına çıkmıştır (Jones vd., 1991). Daha önceki çalışmalarda da belirtildiği gibi, yaprak B uygulaması, bitkilerin özellikle mikro element beslenmelerini artırması açısından son derece önemli bir uygulamadır (Erdal vd., 2004; Rawashdeh ve Sala 2013; Rawashdeh ve Sala 2015). Yapraktan B uygulamasının, bitkilerin B beslenmesiyle verim özelliklerine olumlu etkileri, çeşitli bitkilerle yapılan araştırmalarda da ifade edilmektedir (Vasanthu vd., 2015; Dewdar vd., 2015; Güneş vd., 2015). Elma üzerine yapılan bir araştırmada da elmanın mineral beslenmesi üzerine yaprak B gübrelemenin başarıyla kullanılabileceği vurgulanmış ve yaprak B içeriğinin yaprak B uygulamasıyla artırılabilirliği ifade edilmiştir (Murtic vd., 2016). Özellikle topraktan beslenmenin yapılamadığı, etkili olmadığı veya geç kalındığı zamanlarda yaprak B gübreleme yöntemiyle bitkilerin beslenme düzeyleri iyileştirilmekte bu da verim ve kaliteye olumlu yansımaktadır (Roemheld ve El-Fouly, 1999; Mosa vd., 2015). Literatürde yaprak B uygulamasının meyvenin sertlik, ŞÇKM, renk ve meyve suyu pH'sını artırdığına yönelik veriler olmakla birlikte (Wojcik vd. 2008), yapılan bu çalışmada yaprak B uygulamalarını bu kriterler üzerine genel anlamda istatistiksel bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bu durumun toprak, çevre ve genotipsel farklılıklardan kaynaklanmış olabileceğini söylemek mümkündür. Her ne kadar istatistiksel anlamda bir değerlendirme yapılmamış olsa da çeşitlerin yaprak B uygulamasından farklı şekillerde etkilendiği ve bu etkinin verim değerlerine

Çizelge 2. Yapraktan B gübrelemesinin elma çeşitlerinin B beslenmesine etkisi

Table 2. Effect of foliar B fertilization on B nutrition of apple cultivars

Uyg.	Mondial Gala	Red Chief	Scarlet Spur	Braeburn	Fuji
	Yaprak B konsantrasyonu, mg kg ⁻¹				
Y0	32B*	29B	28B	38A	36B
Y1	44A	37A	38A	40A	54A

*Aynı sütunda aynı farklı harfle gösterilen değerler arasında fark önemlidir (p< 0.05)

Cizelge 3. Yapraktan B gübrelemesinin elma çeşitlerinin meyve verimi, meyve ağırlığı, meyve eni ve boyuna etkisi

Table 3. Effect of foliar B fertilization on fruit yield, fruit weight, fruit width and fruit height

Uygulamalar	Mondial Gala	Red Chief	Scarlet Spur	Braeburn	Fuji
	Verim (kg/ağaç)				
Y0	5,7 B*	6,1 A	6,8 B	8,0A	5,9B
Y1	7,1 A	6,8 A	8,4 A	8,3A	6,3A
	Meyve ağırlığı (g/meyve)				
Y0	165 B	156 A	172 B	172 A	166 A
Y1	186 A	163 A	188 A	181 A	174 A
	Meyve eni (mm)				
Y0	66	70	74	62	66
Y1	72	70	73	69	66
	Meyve boyu (mm)				
Y0	73	74	81	67	72
Y1	75	79	80	73	73

*Aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler arasında fark önemlidir ($p < 0,05$)

Cizelge 4. Yapraktan B gübrelemesinin elma meyvesinin SÇKM, pH ve meyve sertliği üzerine etkisi

Table 4. Effect of foliar B fertilization on soluble solids, pH and firmness of apple fruit

Uygulamalar	Mondial Gala	Red Chief	Scarlet Spur	Braeburn	Fuji
	SÇKM, %				
Y0	12	13	12	13	12
Y1	12	14	13	13	12
	pH				
Y0	3,1	3,1	3,1	2,9	2,9
Y1	3,3	3,3	3,4	3,0	3,2
	Meyve eti sertliği (kg/cm ²)				
Y0	7,5	7,6	8,1	7,9	8,3
Y1	7,4	7,4	8,3	7,7	8,3

de farklı şekillerde yansıdığı dikkati çekmektedir. Bu durum, daha önce yapılan değişik çalışmalarda da görülmüş ve bitkiler aynı ortamda yetişmiş olsalar dahi besin elementlerinde yararlanma oranları birbirlerinden farklı olabileceği ifade edilmiştir. Bu olay farklı bitki türleri arasında olabildiği gibi aynı türe ait genotipler arasında da görülebilmektedir (Taban ve Erdal, 2000; Küçükymuk ve Erdal, 2009; Küçükymuk ve Erdal, 2011). Bu değerlendirmeler genellikle bitkilerin topraktaki besin elementlerinden yararlanma oranları üzerine olmakla beraber, yapraktan beslenme de de bu tür farklılıkların olduğu görülmüş ve farklılıklar üzerine yaprağın çeşitli morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin önemli etki yaptığı belirtilmiştir (Hull, 1970; Niinemets ve Kull, 2003; Fernández ve Eichert, 2009).

SONUÇLAR

Yapraktan B uygulaması "Braeburn" çeşidi hariç diğer elma çeşitlerinin yaprak B konsantrasyonlarını önemli derecede artırmıştır. En fazla artış "Fuji" çeşidinde görülmüş olup, bu çeşidin incelenen çeşitler içerisinde B uygulamalarından en çok

etkilenen çeşit olduğu, buna karşılık "Braeburn" çeşidinin B uygulamalarından etkilenmediği görülmüştür. Yaprak B uygulamaları 3 çeşitte toplam meyve verimini de artırmıştır. Elde edilen verim artışları yaprak B konsantrasyonundaki artışlara paralel bir eğilim göstermemekle beraber, bütün çeşitler için ortalama % 12 lik bir verim artışı elde edilmiştir. Bu durumda yaprak B uygulaması, özellikle "Mondial Gala" ve "Scarlet Spur" gibi yaklaşık % 25 lik verim artışlarının elde edildiği ve denemenin yürütüldüğü koşullara özdeş koşullarda yetiştirilen çeşitlerde önerilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi BAP yönetim birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Bergmann W (1992). Nutritional Disorders of Plants. Development Visual and Analytical Diagnosis. Jena, Germany: Gustav Fischer.

Boyacı S, Çağlar S A (2009). Study on the production of branched apple tree under nursery condition in Turkey. TABAD, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 2(1): 107-111.

- Brackmann A, Thewes F R, Anese R D O, Linke Junior W (2016). Pre-harvest boron application and it's relation with the quality of 'Galaxy' apples after harvest and controlled atmosphere storage. *Ciência Rural*, 46(4): 585-589.
- Dewdar M D H, Abbas M S, Gaber E I, Abd El-Aleem H A (2015). Influence of time addition and rates of boron foliar application on growth, quality and yield traits of sugar beet. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 4(2): 231-238.
- Erdal I, Kepenek K, Kızılgöz İ (2004). Effect of foliar iron applications at different growth stages on iron and some nutrient concentrations in strawberry cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(6): 421-427.
- Eyüpoğlu F, Güçdemir İ H, Kurucu N, Talaz S (2000). Orta Anadolu Topraklarının Bitkiye Yarayımlı Bor Bakımından Genel Durumu. *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayını*, Ankara s, 1-47.
- Eyüpoğlu F, Kurucu N, Güçdemir İ, Talaz S (2000). Boron status of Central Anatolian. *International Conference Sustainable Land Use and Management*, 10-13 June 2002, pp. 55-61, Çanakkale, Turkey.
- FAO (1990). *Micronutrient Assessment at the Country Level: An International Study*. FAO Soils Bulletin 63. Rome.
- Fernández V, Eichert T (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28(1-2): 36-68.
- Güneş A, Köse C, Turan M (2015). Yield and mineral composition of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Karaerik) as affected by boron management. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(5): 742-752.
- Hortwirth N (1960). *Official methods of analysis*. Chapter 29, Sugar and Sugar Products, AOAC, Benjamin Franklin Station, Washington DC.
- Hull H M (1970). Leaf structure as related to absorption of pesticides and other compounds. In *Residue Reviews/Rückstands-Berichte* (pp. 1-150). Springer New York.
- Jones Junior J B, Wolf B, Mills H A (1991). *Plant Analysis Handbook*. Athens, GA: Micro-Macro Publ.
- Kacar B., Katkat A V (2009). *Bitki Besleme*. Nobel Yayınevi. Yayın No; 849, Ankara.
- Kacar B, İnal A (2010). *Bitki Analizleri*, Nobel Yayınevi, Yayın No.1241. Ankara.
- Küçükyumuk Z, Erdal İ (2009). Rootstock and variety effects on mineral nutrition of apple trees. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2): 8-16
- Küçükyumuk Z, Erdal İ (2011). Rootstock and cultivar effect on mineral nutrition, seasonal nutrient variation and correlations among leaf, flower and fruit nutrient concentrations in apple trees. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17: 633-641.
- Lindsay W L, Norvell W A (1969). Development of A DTPA micronutrient soil test. *Soil Science Society of American Proceeding* 35, 600-602.
- Lötze E, Hoffman E W (2014). Foliar application of calcium plus boron reduces the incidence of sunburn in 'Golden Delicious' apple. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(6): 607-612.
- Marschner H (2011). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press.
- Mosa Wfaeg, El-Megeed N A A, Paszt L S (2015). The effect of the foliar application of potassium, calcium, boron and humic acid on vegetative growth, fruit set, leaf mineral, yield and fruit quality of 'Anna' apple trees. *American Journal of Experimental Agriculture*, 8(4): 224-234.
- Murtic S, Civic H, Đuric M, Šekularac G, Kojovic R., Kulina M, Krsmanovic M. Foliar (2016). Nutrition in apple production. *African Journal of Biotechnology*, 11(46): 10462-10468.
- Neilsen G H, Neilsen D, Peryea F J, Fallahi E, Fallahi B (2008). Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples. In *VI International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops 868* (pp. 49-60).
- Niinemets U, Kull K (2003). Leaf structure vs. nutrient relationships vary with soil conditions in temperate shrubs and trees. *Acta Oecologica*, 24(4): 209-219.
- Rawashdeh H, Sala F (2013). Effect of different levels of boron and iron foliar application on growth parameters of wheat seedlings. In *African Crop Science Conference Proceedings*, 11, pp. (861-864).
- Rawashdeh H, Sala F (2015). Foliar application with iron as A vital factor of wheat crop growth, yield quantity and quality: A Review. *International Journal of Agricultural Policy and Research* 3: 368-376.
- Roemheld V, El-Fouly M M (1999). Foliar nutrient application: Challenge and limits in crop production. In *Proc. 2nd International Workshop on "Foliar Fertilization"* April (pp. 4-10).
- Taban S, Erdal İ (2000). Bor uygulamasının değişik buğday çeşitlerinde gelişme ve toprak üstü aksamda bor dağılımı üzerine etkisi. *Turk. J. Agric. For.*, 24, 255-262.
- TOVEP (1991). *Türkiye Toprakları Verimlilik Ervanteri*. T.C Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Vasanthu S, Kumar K S, Padmodaya B, Reddy C (2015). Effects of foliar application of boron on leaf boron content and yield of papaya cv. Red Lady. *Journal of Applied Horticulture*, 17(1): 76-78.
- Wójcik P, Cieslinski G, Mika A (1999). Apple yield and fruit quality as influenced by boron applications. *Journal of Plant Nutrition*, 22(9): 1365-1377
- Wójcik P, Wojcik M, Klamkowski K (2008). Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability. *Scientia Horticulturae*, 116(1): 58-64.
- Wolf B (1971). The determination of boron in soil extracts. *Plant materials, composts, manures, and water and nutrient solutions*. *Soil Science and Plant Analysis*, 2: 363-374.