

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

## Türkiye’de Volkan Külleri Üzerinde Oluşmuş Toprakların Andik Özellikleri ve Sınıflandırılmaları

Mahmut DİNGİL<sup>1\*</sup>, Suat ŞENOL<sup>1</sup>, Erhan AKÇA<sup>2</sup>, Mehmet Eren ÖZTEKİN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,

<sup>2</sup>Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman MYO, Adıyaman

<sup>3</sup> Çukurova Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Adana

\*e-posta: mdingil@cu.edu.tr; Tel: +90 (322) 338 6084 / 2211; Faks: +90 (322) 338 6643

**Özet:** Bu çalışmada, Türkiye’de bulunan volkanik toprakların önemli fiziksel, kimyasal ve andik toprak özellikleri belirlenmiş ve Andisol ordosu içinde sınıflandırılıp sınıflandırılmayacağı araştırılmıştır. Bunun için 3 farklı iklim bölgesinden, volkanik ana materyal üzerinde oluşmuş toplam 7 adet toprak profili horizon esasına göre örneklenmiştir. Profillerin 4 tanesi İç Anadolu Bölgesi’nden, 2 tanesi Doğu Anadolu Bölgesi’nden ve 1 tanesi Akdeniz Bölgesi’nden seçilmiş ve örneklenmiştir. Alınan tüm toprak örneklerinde andik toprak özellikleri ile birlikte önemli fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Analiz sonuçları dikkate alınarak topraklar Toprak Taksonomisi 2010’a göre sınıflandırılmıştır. Buna göre; Nevşehir1, Nevşehir3 ve Nemrut1 profilleri Entisol; Nevşehir2 ve Nemrut2 profilleri Inceptisol; Kayseri profili Mollisol ve Delihalil profili ise Andisol ordoları içinde sınıflandırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Andisol, Andik özellikler, Toprak taksonomisi, Volkanik topraklar.

### Andic Soil Properties and Classifications of Soils Formed on Volcanic Ashes in Turkey

**Abstract:** The fundamental physical, chemical and mineralogical properties of volcanic soils found in Turkey were determined and were compared with Andisol order features. For this, a total of 7 soil profiles developed on volcanic material were sampled according to horizon base from 3 different climatic regions of the country. Four profiles were sampled from Central Anatolia, 2 from Eastern Anatolia and 1 was from Mediterranean Region. All soil profiles were classified by Soil Taxonomy 2010 following physical, chemical and mineralogical analyses. The Andisol order properties were only determined at Delihalil profile located in Mediterranean region. Others soils although all have vitrandic properties were classified as Entisol (Nevşehir1, Nevşehir2, Nemrut1), Inceptisols (Nevşehir2 and Nemrut2), Mollisol (Kayseri).

**Key words:** Andisols, Andic properties, Soil taxonomy, Volcanic soils.

### Giriş

Toprak oluşumunu etkileyen faktörler Joffe (1949) tarafından aktif (iklim, canlılar) ve pasif (ana materyal, topoğrafya ve zaman) olmak üzere iki ana kısma ayrılmıştır. Toprak oluşum faktörlerinin bölgeden bölgeye kısa aralıklarla çok sık değişmesi nedeniyle topraklar farklı fiziksel, kimyasal, mineralojik ve mikromorfolojik özellikler göstermektedir. Topraklardaki bu farklılıklar karşısında insanlar toprakları uygun kullanmak ve anlamak için onları sınıflandırma gereksinimi duymuşlardır. Bir çok ülke uzun yıllardır kendi topraklarını sınıflandırmış ve zaman içinde ortak bir sınıflandırma sistemi kullanma ihtiyacı doğmuştur (Krasilnikov ve ark 2009, Akça and Kapur, 2004). Toprakların yoğun olarak kullanılmalarının artması, toprakların daha bilimsel verilere dayanarak sınıflandırılması zorunluluğunu beraberinde getirmiştir. Bu durum toprak biliminin daha ölçülebilir temellere dayanmasına ve tarımsal teknolojinin gelişmesine neden olmuştur (Minasny ve ark. 2008). Günümüze kadar her biri farklı amaçlar için geliştirilmiş olan birçok sınıflandırma sistemi oluşturulmuş ve kullanılmıştır (Cline, 1949; Kellogg, 1963; Eswaran ve ark. 2003).

En iyi sınıflandırma sistemi kurulma amacına en iyi hizmet eden sınıflandırma sistemidir. En çok bilinen ve kullanılan toprak sınıflama sistemlerinden birisi FAO/UNESCO sistemidir. 1961 yılında Dudal ve arkadaşları tarafından başlatılan çalışmalar FAO/UNESCO Dünya Toprak Haritası Lejandı olarak 1974 yılında yeni toprak sınıflandırma sistemi şeklinde yayınlanmıştır (Dinç ve ark. 1987). Bilinen bir diğer sınıflama sistemi de 1951 yılında ABD’de başlatılan çalışmalarda kullanılan 7. Yaklaşım olarak yayınlanmış “Toprak Taksonomisi”dir. Bu yaklaşımda değerlendirmeler morfometrik toprak sınıflandırma sistemine dönüştürülmüş ve başlıca toprak sınıfları ordo adı altında sınıflandırılmıştır (Soil Survey Staff, 1975; Soil Survey Staff, 1999). Son Toprak Taksonomisi baskısında ana toprak sınıflarını simgeleyen 12 ordo bulunmaktadır (Soil Survey Staff, 2010). İlk olarak Toprak Taksonomisi’nde Inceptisol ordosunun Andept alt ordosunda sınıflandırılması öngörülmesi olan volkan ana materyali üzerinde oluşmuş

toprakların, Andisol ordosu olarak farklı bir ordo içinde sınıflandırılması gerektiği 1989 yılında belirtilmiş ve ancak 1990 yılında Toprak Taksonomisi'nde (4. baskı) yer almıştır. Andik toprak özellikleri toprakta yeterli miktarda alüminyum, imogolit, ferrihidrite ya da alüminyum-humus komplekslerinin bulunmasıyla karakterize edilmektedir. Volkanik cam genç volkan küllerinde fazla miktarda bulunan bir maddedir (Soil Survey Staff, 1999). Volkan ana materyali üzerinde oluşmuş toprakların Andisol ordosunda sınıflandırılabilmesi için, organik karbon içerikleri, Al+1/2Fe yüzdeleri, tarla kapasitesinde (33 kPa) belirlenen hacim ağırlıkları, fosfat tutunma kapasiteleri ve volkan camı içeriklerinin miktarları andik toprak kriterlerini oluşturmaktadır (Soil Survey Staff, 2010).

Andisoller 124 milyon hektarla yeryüzünün % 0,8'ini kaplamaktadır. Genellikle güney ve kuzey Amerika kıtalarının batı kıyılarındaki fay hatlarını etkileyen volkanik alanlarda, Rusya'nın Kamçatka yarımadasında, Japonya ve Filipin Adalarında, Yeni Zelanda'nın pasifik adasında, Hawaii adalarında, İtalya'nın batı kıyılarındaki Kanarya Adaları, Afrika'da Rift Vadisi'nde yayılım göstermektedir (Soil Survey Staff, 2010). İzlanda'nın büyük bir kısmı Andisoller için ana materyal olan volkanik materyallerden oluşmuştur. Dünyadaki bütün Andisollerin %5'inden fazlası İzlanda'da bulunmaktadır. Türkiye'de volkanik alanlar ülkenin farklı iklimlere sahip farklı bölgelerinde yayılım göstermektedirler. Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Büyük Ağrı Dağı (5137 m), Süphan Dağı (4058 m), Nemrut Dağı (2935 m), Tendürek (3360 m), Kısırdag (3197 m) ve Aladağ (3138 m) ve İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Erciyes Dağı (3917 m), Melendiz (1898 m), Büyük Hasandağı (3268 m), Konya ovasının güneyinde Karadağ (1819 m) Türkiye'de bulunan önemli volkan ana materyalinin yayılım gösterdiği alanlardır (MTA, 1961; Keskin, 2003). Bunların dışında Ege ve Akdeniz Bölgeleri'nde de volkanik ana materyaller bulunmaktadır. Andisollerin önemli özelliklerinden biri de mineral ve fiziksel özellikleri nedeniyle doğal verimliliklerinin yüksek olmasıdır (Mora ve ark. 1999).

Bazı istisnalar olmasına karşılık bitki gelişimi için var olan çok uygun fiziksel koşulların baskın olması yanı sıra ana materyalde yer alan birincil minerallerin bol yağış alan bölgelerde hızla ayrışarak ortama bitki besin elementleri salması volkanik toprakların, verimliliğinin yüksek olmasına yol açmaktadır (Soil Survey Staff, 2010). Türkiye aktif olmasa da volkanizmanın jeolojik süreçte etkin olduğu bir bölgede yer almaktadır. Bu bağlamda Türkiye'de tarımsal potansiyeli yüksek olan volkanik ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların Toprak Taksonomisi'ne sonradan eklenmiş olan Andisol ordosu içinde sınıflandırılıp sınıflandırılmayacağı sorusunun cevabı ve yine bu toprakların önemli fiziksel, kimyasal, mineralojik özelliklerinin yeterince tanımlanmamış olması nedeniyle bu çalışma yapılmıştır. Çalışmada, Türkiye'de andik toprak özelliklerinin görülme olasılığı en yüksek olan ana materyallerin bulunduğu yerlerden seçilen temsili toprak profilleri incelenmiştir. Bu amaçla Türkiye'de üç farklı iklim koşulu altında gelişmiş, önemli volkanik alanlardan seçilen toprak profillerinin morfolojik, fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri ile bu toprakların oluşumlarının araştırılmış ve söz konusu toprakların 2010 Toprak Taksonomisi içinde sınıflandırılmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Çalışmada volkanik ana materyaller üzerinde oluşmuş, İç Anadolu Bölgesi'den 4, Akdeniz Bölgesi'nden 1 ve Doğu Anadolu Bölgesi'nden 2 profil olmak üzere toplam 7 adet profil tanımlanmış ve horizon esasına göre toplam 34 adet bozulmuş toprak örneği alınmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Örnekleme yerlerinin konumu (A; Delihalil, B; Kayseri, C; Nevşehir 1, 2, 3, D; Nemrut 1, 2).

1977–2002 yılları arasındaki uzun yıllar toplam yağış miktarları Delihalil profilinde 865.8 mm; Nevşehir 1, 2, 3 profillerinde 427 mm; Kayseri profilinde 432 mm; Nemrut 1 ve 2 profillerinde 816 mm'dir. Alınan toprak örneklerinde pH ve Kireç (Soil Taxonomy, 1999), KDK ve DK (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954), toprak tekstürü (Bouyoucos, 1951), organik madde modifiye edilmiş Lichterfelder'e göre (Schlichting ve Blume, 1966), hacim ağırlığı (33kPa su tansiyonunda, tarla kapasitesinde), fosfat tutma kapasitesi (Blakemore ve ark. 1987), Al ve Fe yüzdelerinin belirlenmesi (USDA-Soil Survey Laboratory Methods Manual, 1996), volkanik cam (Wallace ve ark.

1985) analizleri yapılmıştır. Tanımlanan toprak profilleri ve bu profillerden alınan örneklerde yapılan analiz sonuçlarına göre toprakların sınıflandırması verilmiştir (Soil Survey Staff, 2010).

### Bulgular ve Tartışma

Volkan ana materyali üzerinde oluşmuş toprakların andisol ordosu içinde sınıflandırılabilmesi için aşağıdaki andik toprak özelliklerinin şartlarını karşılıyor olması gerekmektedir;

1. %25 den az organik karbon içeriği ve aşağıdaki 2. ve 3. maddelerden biri veya ikisi,
2. Aşağıdakilerin hepsini;
  - a. 33 kPa'da belirlenen hacim ağırlığının 0,90 gr/cm<sup>3</sup> veya daha az ve
  - b. Fosfat tutunma kapasitesinin %85 veya daha fazla ve
  - c. Al+1/2Fe içeriğinin %2,0'ye eşit ya da daha fazla veya
3. Aşağıdakilerden hepsini;
  - a. 0,02–2,0 mm çaplı parçacıkların %30 veya daha fazla ve
  - b. Fosfat tutunma kapasitesi %25 veya daha fazla ve
  - c. Al+1/2Fe içeriği toplamının %0,4'e eşit veya daha fazla ve
  - d. %5 veya daha fazla volkanik cam içeriği ve
  - e. [(Al+1/2Fe yüzdesi) x (15,625)] + [volkanik cam yüzdesi]=36,25 veya daha fazla olması gerekir.

Çalışmada tanımlanan toprak profillerinden Nevşehir1 profilinin sahip olduğu andik toprak kriterleri göz önüne alındığında, hacim ağırlığının 0,96 gr/cm<sup>3</sup>, P tutma yüzdesinin %90, volkan camı içeriğinin %30, Al+1/2Fe yüzdesinin ise %0,16 olduğu, [(Al+1/2Fe)yüzdesi x (15,625)]+[% volkanik cam] formülüne göre belirlenen değer ise 32,5 olarak belirlenmiştir. Nevşehir2 profilinde, hacim ağırlığının 1,33 gr/cm<sup>3</sup>, P tutma yüzdesinin %90, volkan camı içeriğinin %31, Al+1/2Fe yüzdesinin ise %0,12, [(Al+1/2Fe)yüzdesi x (15,625)]+[% volkanik cam] formülüne göre belirlenen değer ise 33,9 olarak belirlenmiştir. Nevşehir3 profilinde, hacim ağırlığının 1,30 gr/cm<sup>3</sup>, P tutma yüzdesinin %91, volkan camı içeriğinin %32, Al+1/2Fe yüzdesinin ise %0,06, [(Al+1/2Fe)yüzdesi x (15,625)]+[% volkanik cam] formülüne göre belirlenen değer ise 32,9 olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde Kayseri profilinde hacim ağırlığı bakımından 1,6 gr/cm<sup>3</sup>, P tutma yüzdesi %85, volkanik cam içeriği %32 iken, Al+1/2Fe değeri %0,42, [(Al+1/2Fe)yüzdesi x (15,625)]+[% volkanik cam] formülüne göre belirlenen değer ise 38,6 olarak belirlenmiştir. Delihalil profilinde tanımlanan topraklarda hacim ağırlığı 1,15 gr/cm<sup>3</sup>, P tutma kapasitesi %79 arasında, volkanik cam içeriği %8 ve Al+1/2Fe miktarı %3,03, [(Al+1/2Fe)yüzdesi x (15,625)]+[% volkanik cam] formülüne göre belirlenen değer ise 55,3 olarak belirlenmiştir. Nemrut1 profilinde hacim ağırlığı 1,10 gr/cm<sup>3</sup>, P tutma kapasitesi %92, volkanik cam içeriği %33 arasında ve Al+1/2Fe %0,30, [(Al+1/2Fe)yüzdesi x (15,625)]+[% volkanik cam] formülüne göre belirlenen değer ise 36,9 olarak belirlenmiştir. Nemrut2 profilinde hacim ağırlığı 1,36 gr/cm<sup>3</sup>, P tutma kapasitesi %84, volkanik cam içeriği %32 ve Al+1/2Fe %0,14, [(Al+1/2Fe)yüzdesi x (15,625)]+[% volkanik cam] formülüne göre belirlenen değer ise 34,2 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tanımlanan toprak profillerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin andik toprak özellikleri ile karşılaştırılması

Profil adı	Hac. Ağ. (gr/cm <sup>3</sup> )(33kPa)	P tut. (%)	Volk. Cam (%)	Al+1/2Fe (%)	*
Andik limitler	0.90 gr/cm <sup>3</sup> veya daha az	%8 veya daha fazla	%5 veya daha fazla	%2 veya 0.4% den daha fazla	36,25 veya daha fazla
Nevşehir1	0,96	90	30	0,16	32,5
Nevşehir2	1,33	90	31	0,12	33,9
Nevşehir3	1,30	91	32	0,06	32,9
Kayseri	1,60	85	32	0,42	38,6
Delihalil	1,15	79	8	3,03	55,3
Nemrut1	1,10	92	33	0,30	36,9
Nemrut2	1,36	84	32	0,14	34,2

\*[(Al+1/2Fe)yüzdesi x (15,625)]+[% volkanik cam]=36,25 veya daha fazla

Tanımlanan toprak profillerinin tümünde önemli fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde; en düşük pH (5,79) Delihalil, en yüksek pH (7,46) Nevşehir2 profilinde belirlenmiştir. Nevşehir1, 2, 3, Delihalil ve Nemrut2 profillerinde toprak tekstürleri kumlu tın (SL), Kayseri profilinde kumlu killi tın (SCL) ve Nemrut1 profilinde tın (L) tekstürüdür. Tüm profillerde kireç miktarı birbirine yakın değerlerde olup, %2,1 ile %2,8 arasında değişmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Tanımlanan toprak profillerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Profil adı	pH	% Org. Mad. (yaş yakma)	Tekstür sınıfı	% CaCO <sub>3</sub>
Nevşehir1	7,10	0,9	SL	2,8
Nevşehir2	7,46	1,5	SL	2,7
Nevşehir3	7,26	0,7	SL	2,1
Kayseri	7,27	1,2	SCL	2,8
Delihalil	5,79	5,9	SL	2,4
Nemrut1	6,02	5,8	L	2,2
Nemrut2	6,90	2,5	SL	2,2

### Toprakların Sınıflandırılması

Tanımlanan toprak profillerinden, Nevşehir1, Nevşehir3 ve Nemrut1 profilleri tanımlayıcı yüzey horizonu olarak *ochric* epipedona sahiptir. Nevşehir2 profilinde tanımlayıcı yüzey horizonu *ochric* epipedonun yanı sıra tanımlayıcı horizon olarak bir de *duripan* bulunmaktadır. Nemrut2 profili ise *ochric* epipedonun yanı sıra tanımlayıcı yüzey horizon olarak bir *cambic* horizonu sahiptir. Kayseri ve Delihalil profillerinde tanımlayıcı yüzey horizonu *mollic* ve tanımlayıcı yüzey altı horizonu olarak *cambic* horizonu bulunmaktadır.

Nevşehir1, 3 ve Nemrut1 profilleri, *Entisol* ordosunun *Vitrandid Xerorthent* alt gurubunda; Nevşehir2 profili, *Inseptisol* ordosunun *Vitrandid Durixerept* alt gurubunda, Nemrut2 profili de *Inseptisol* ordosunun *Vitrandid Haploxerept* alt grubunda sınıflandırılmıştır. Birer *mollic* ve *cambic* horizonları bulunan Kayseri ve Delihalil profilleri de *Andisol* ordosunun *Humic Vitrixerand* alt grubunda yer almıştır (Çizelge 3). *Andisol* olarak sınıflandırılmayan Nevşehir1, 2, 3, Nemrut1 ve Nemrut2 profillerinin hepsi sahip oldukları zayıf andik toprak özelliklerinden dolayı alt gurup düzeyinde *Vitrandid* olarak değerlendirilmiştir. Delihalil ve Kayseri profilleri de andik toprak özelliklerinden kabul edilebilir daha zayıf kriterleri karşılayabildiğinden Balkovich (2002) tarafından belirtildiği gibi “zayıf andisol” olarak isimlendirilmiştir.

Çizelge 3. Tanımlanan toprak profillerinin Toprak Taksonomisi 2010'a göre ordo ve alt gurupları.

Profil adı	Ordo	Alt gurup
Nevşehir1	Entisol	Vitrandid Xerorthent
Nevşehir3	Entisol	Vitrandid Xerorthent
Nemrut1	Entisol	Vitrandid Xerorthent
Nevşehir2	İnseptisol	Vitrandid Durixerept
Nemrut2	İnseptisol	Vitrandid Haploxerept
Kayseri	Andisol	Humic Vitrixerand
Delihalil	Andisol	Humic Vitrixerand

### Sonuç

Çalışılan volkan külü ana materyali üzerinde oluşmuş toprakların önemli bir kısmı kum ve kaba silt fraksiyonu toplamı %30'dan fazla olan ve bu fraksiyonda volkanik cam içeriği %30 dolaylarında olan topraklardır. Buna karşın bu topraklarda andik toprak özelliği olarak aranan Al+1/2Fe yüzdesinin 2'den fazla olması koşulunu karşılayacak kadar yeterince ayrışma meydana gelmemiştir. *Andisol* olarak sınıflandırılan Delihalil profilinde 5,7 olarak belirlenen toprak pH'sı, Arnalds ve Kimble (2001) tarafından İzlanda andisollerinde belirlenen pH değerleri ile (5,7-6,7) benzerlik göstermektedir. Çalışmanın yürütüldüğü volkan külü üzerinde oluşmuş topraklarda hacim ağırlığı 0,96-1,60 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Bu farklılık daha çok volkan külü ana materyallerinin çeşitli olmalarından kaynaklanmaktadır. Andik toprak özelliği için belirleyici olan özellikler ve karakteristiklerin tamamının laboratuarda belirlenen özellikler olması *Andisol* ordosuna giren toprakların arazide tanımlanmalarını olanaksız kılmaktadır. Bu çalışma sonuçlarına dayanarak Türkiye'de *Andisol* ordosuna giren toprakların çok az yayılım alanına sahip olduğu söylenebilir. Nitekim Delihalil ve Kayseri profillerinin tanımlandığı polipedonlar bir toprak serisi oluşturacak kadar genişliğe (800 ha'dan fazla) sahip değildir. Bununla birlikte volkanik ana materyal üzerinde yer alan toprakların vitrandik özellik taşımaları nedeniyle arazi yönetim/kullanım planları yapılırken bu özelliğin göz önüne alınması sürdürülebilir kullanımları için önem taşımaktadır.

### Kaynaklar

- Akça E, Kapur S, (2004). Classification Systems, Indigenous. Encyclopedia of Soil Science. New York: Marcel Dekker, 254–257.
- Arnalds O, Kimble J, (2001). Andisols of deserts in Iceland. Soil Sci. Soc. Am. J. 65: 1778–1786.
- Blackmore LC, Searle PL, Daly BK, (1987). Methods for chemical analysis of soils. NZ Soil Bureau Scientific Report. No: 80, 103 s.
- Bouyoucos GJ, (1951). A Recalibration of the Hydrometer Methods for Making Mechanical Analysis of Soils. Agronomy Journal, 43; 434-438.
- Cline MG, (1949). Basic Principles of Soil Classification. Soil Science Society. American Proceedings. No:67

- Dinç U, Kapur S, Özbek H, Şenol S, (1987). Toprak Genesisi ve Sınıflandırılması. Ç.Ü. Yayınları Ders Kitabı No. 7.1.3. Çukurova Üniversitesi Basımevi, Adana.
- Eswaran H, Ahrens R, Rice TJ, Stewart BA,(2003). Soil Classification: A Global Desk Reference. CRC Press. 269 P.
- FAO/UNESCO, (1974). Soil map of the world scale. 1:5.000.000 Volume 1 Legend, Rome: 59.
- Joffe JS, (1949). Pedology Publication the Somorset Press Inc. New Jersey.
- Kellog CE, (1963). Why a New System of Soil Classification Soil Science: 96
- Keskin M, (2003). Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. Geophysical Research Letters, 30(24), doi:10.1029/2003GL018019.
- Krasilnikov PV, JA Tabor, RW Arnold, (2009). Part 3: Folk Soil Classifications. In A Handbook of Soil Terminology, Correlation and Classification P.V. Krasilnikov, J. Ibanez Marti, R. Arnold and S. Shoba (Eds). Earthscan, London. pp 335-404.
- Minasny B, McBratney AB, Florence Carré, (2008). Digital Soil Mapping. Encyclopedia of Soil Science, 2nd Ed.. DOI: 10.1081/E-ESS-120044271.
- Mora ML, Schnettler B, Demanet R, (1999). Effect of liming and gypsum on soil chemistry, yield, and mineral composition of ryegrass grown in an acidic Andisol. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 30(9-10).
- MTA, (1961). Türkiye Jeoloji Haritası, 1/500.000 ölçekli Erzurum Paftası, Maden Teknik Arama Enstitüsü, Ankara.
- Schlichting E, Blume E, (1966). Bodenkindliches Praktikum. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Soil Survey Staff, (1975). Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agric. Handb. 436, USDA. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Soil Survey Staff, (1999). Keys the Soil Taxonomy, Soil Conservation Service, Eighth. Ed. USDA, Washington, USA.
- Soil Survey Staff, (2010). Keys to Soil Taxonomy, 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- USDA, NRCS, NSSC, (1996). Soil Survey Laboratory Methods Manual, USA. Ver. 3.0, No: 42, 143-148.
- U.S. Salinity Laboratory Staff, (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agriculture Handbook No: 60. U.S. Govt. Printing Office, Washington D.C. USA.
- Wallace RC, Stewart RB, Neal VE, (1985). Volcanic glass field laboratory test and procedure to prepare thin section of the sand fraction of soils. Massey University Department of Soil Science, Parmerston North, New Zealand. No: 7, 7p.