
SERİ

B

CİLT

42

SAYI

1-2

1992

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



YAPRAK VE ÖLÜ ÖRTÜ ANALİZ YÖNTEMLERİ

Doç. Dr. M. Ömer KARAÖZ¹⁾

Kısa Özet

Bu çalışmanın amacı lisans, yüksek lisans ve doktora öğrencilerinin tez hazırlığı sırasında İ. Ü. Orman Fakültesi Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı Laboratuvarlarında yapacakları yaprak ve ölü örtü analiz yöntemlerini ortaya koymaktır.

1. GİRİŞ

İ. Ü. Orman Fakültesi Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı'nda yapılan araştırmalar orman ağaçlarının ekolojik isteklerinin belirlenmesi, beslenme-büyüme ilişkileri, orman ekosistemlerindeki besin maddesi dolaşımı, çevre kirliliğinin orman ağaçları ve orman toprağı üzerindeki etkileri gibi konular üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmalar toprak, yaprak ve ölü örtü analizlerine gereksinim göstermektedir. Toprak analiz yöntemleri ile ilgili bilgiler daha önceki yayınlarımızda verilmiştir (KARAÖZ 1989 a, 1989 b, 1990).

Temel olarak yukarıda sözü edilen konular dışında özellikle yaprak analizlerinin amaçları şu şekilde sıralanabilir (KACAR 1972):

- (1) Gözle görülebilen zararların nedenlerinin belirlenebilmesi,
- (2) Saklı (gizli) zararların ortaya çıkarılması,
- (3) Besin maddesi noksanlığı görülen sahaların belirlenmesi,
- (4) Toprağı verilen bitki besin maddelerinin bitki tarafından alınıp alınmadığının ortaya konması,
- (5) Bitki besin maddeleri arasındaki etkileşimlerin belirlenmesi,
- (6) Bitki bünyesinde meydana gelen olayların anlaşılmasıdır.

Yukarıdaki sözkonusu araştırma konuları nedeniyle Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı Laboratuvarlarında çalışan lisans ve lisans üstü öğrencileri yaprak ve ölü örtü analizleri yapmak durumundadırlar. Bu çalışmanın amacı, laboratuvarında çalışan öğrencilere yardımcı olmak üzere

1) İ. Ü. Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Bahçeköy-İstanbul

yaprak ve ölü örtü analiz yöntemlerini, kullanılan alet, malzeme ve kimyasal çözeltilerin hazırlanışı ile sonuçlarını hesaplama şekillerini ortaya koymaktır.

Bunun için önce yaprak ve ölü örtü örneği alımı sırasında dikkat edilecek hususlar ile sonuçların ne şekilde ifade edilebileceği anlatılacak, daha sonra analiz yöntemleri açıklanacaktır.

2. YAPRAK VE ÖLÜ ÖRTÜ ÖRNEĞİ ALINIRKEN DİKKAT EDİLMESİ GEREKLİ HUSUSLAR

Yukarıda belirtilen araştırma konularında sağlıklı sonuç alınabilmesi herşeyden önce analizi yapılacak örneklerin belirli prensipler dahilinde alınmasını gerektirir. Bir ağaçtan yaprak örneği alınmasında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda verilmiştir (ÇEPEL 1995).

- (1) Son yılda meydana gelen yapraklardan,
- (2) Tam ışık gören en üst yan sürgünlerden örnek alınmalıdır.
- (3) Yaprak örneği alma zamanı yıllık besin maddesi değişimlerinin en az olduğu devrede (sonbahar-kış) olmalıdır.
- (4) İklim normallerinin dışında ekstrem derecede sapmalar gösteren hava hallerinin hüküm sürdüğü yıllarda örnek alınmamalıdır.
- (5) Doğal afetlere uğramış meşcerelerden örnek alınmamalıdır.
- (6) Örnek alırken ağaçların genetik bakımdan farklı olup olmadığına dikkat edilmelidir.

Ölü örtü örnekleri ise meşcere içinde tüm meşcereyi örnekleyebilecek şekilde, ağaçların gövdelerinden, ölü örtünün birikebileceği çukur yerlerden uzak, üzerinde dolaşılmamış, ezilmemiş yerlerden alınmalıdır. Örnekler 1/4 m² alandan amaca göre yaprak, çürüntü ve humus tabakası ayrı ayrı olmak üzere, ya da karışık olarak topluca alınır. Bu esnada mineral toprağın örneğe karışmasına dikkat edilmelidir.

3. YAPRAK VE ÖLÜ ÖRTÜ ÖRNEKLERİNİN ANALİZE HAZIRLANMASI

Laboratuvarda kimyasal analizlere başlamadan önce örneklerin analize hazır hale getirilmeleri gerekir.

Bunun için araziden getirilen yaprak ve ölü örtü örneklerine karışmış mineral toprak parçacıkları temizlenir. Kimyasal ve biyolojik değişimleri engellemek için örnekler 60-70°C'de kurutma dolabında 24-48 saat (sabit ağırlığa ulaşmaya kadar) bırakılarak kurutulur. Kurumuş örnekler öğütülür ve cam kapaklı kaplar içinde tekrar 70°C'de kurutulur analize hazır hale getirilir.

4. ANALİZ SONUÇLARININ İFADE EDİLMESİ

Bitki analizleri ile bulunan besin maddelerine ait değerlerin sonuçlarının sağlıklı olarak karşılaştırılabilmesi için sonuçlar genel olarak "besin maddesi konsantrasyonları" veya "besin maddesi miktarları" şeklinde ifade edilmektedir (ÇEPEL 1995).

"Besin maddesi konsantrasyonu" 100 birimlik mutlak kuru bitki örneğindeki besin maddesi miktarını ifade eder. Bu değer "%" veya "ppm" olarak belirtilir.

"Besin maddesi miktarı" ise belirli bir yaprak yüzeyinde veya belirli sayıdaki yapraklarda bulunan besin maddelerini ifade etmek için kullanılır. Gram/cm², gram/100 yaprak, mg/cm² veya mg/100 yaprak şeklinde ifade edilir.

Analiz sonuçları 70°C'deki kuru madde ya da 105°C'de mutlak kuru madde esasına göre verilebilir.

5. YAPRAK VE ÖLÜ ÖRTÜ ÖRNEKLERİNİN ANALİZ YÖNTEMLERİ

5.1. Yaprak ve Ölü Örtü Örneklerinde 70°C'de Kuru Madde ve 105°C'de Mutlak Kuru Madde Miktarının Belirlenmesi

5.1.1. Gerekli Alet ve Malzemeler

- (a) Termostatlı kurutma dolabı
- (b) Cam kapaklı kurutma kapları
- (c) Desikatör
- (d) Terazî

5.1.2. İşlemin Yapılması

Hesap kolaylığı bakımından kayıtların bir çizelgede toplanması yararlı olacaktır.

Çizelge 1.

Örnek No.	Tartı kabı No.	Tartı kabı darası gr	Yaş örnek gr	Dara+kuru örnek gr	Kuru örnek gr	Kuru madde %	Nem %
		A	B	C	D=C-A	$K = \frac{D}{B} \times 100$	N = 100-K

Kurutma kapları 70°C'de bir gece kurutma dolabında kurutulur, desikatörde soğutulduktan sonra tartılarak darası çizelgeye yazılır. Kurutma kaplarına 1-2,5 gr örnek tartılır ve örnekler kurutma dolabına yerleştirilir. Sabit ağırlığa kadar (24-48 saat) kurutulur. Kurutma dolabından alınan örnekler desikatörde soğutulur ve tartılır. Elde edilen değerlerle % kuru madde ve nem miktarı hesaplanabilir.

Eğer örnekler 105°C'de kurutulursa aynı hesap yöntemi izlenerek "mutlak kuru madde" miktarı hesaplanabilir.

5.2. Ölü Örtü Reaksiyonunun (pH) Belirlenmesi

Çeşitli ağaç türlerinin ölü örtülerine ait reaksiyonların ya da ölü örtü tabakalarına ait pH değişiminin belirlenmesi ekolojik açıdan önemli bilgiler sağlamaktadır. Aşağıda ölü örtü reaksiyonunun nasıl belirlenebileceği açıklanmıştır (IRMAK/ÇEPEL 1974).

5.2.1. Gerekli Alet, Malzeme ve Çözeltiler

- (a) Cam elektrotlu pH-metre
- (b) 150 ml'lik erlenmayerler ve lastik tıparları
- (c) Kaynatılarak CO₂'i uçurulmuş ve soğutulmuş saf su
- (d) N KCl veya 0.1 N KCl (potasyum klorür) veya 0.01 M CaCl₂ (kalsiyum klorür) çözeltisi

* N KCl çözeltisinin hazırlanışı: 74.56 gr KCl tartılarak az miktarda saf suda çözülür ve saf su ile litreye tamamlanır. 0.1 N KCl için ise 7.456 gr KCl tartılır.

* 0.01 M CaCl₂ çözeltisinin hazırlanışı: 1.11 gr CaCl₂ tartılarak az miktarda saf suda çözülür ve saf su ile litreye tamamlanır.

- (e) 100 ml'lik ölçü silindiri
- (f) Terazî, termometre

5.2.2. İşlemin Yapılması

Erlenmayerler içine 5 gr öğütülmüş ölü örtü örneği tartılır, üzerine 100 ml (oran 1/20) CO₂'siz saf su, tuz çözeltisi kullanılacaksa N KCl, 0.1 N KCl veya 0.01 M CaCl₂ çözeltisi eklenir. Erlenmayerin ağzı lastik tıpa ile kapanarak üst kısmına örnek bulaşmayacak şekilde hafifçe çalkalanır. Bir gece bekletildikten sonra pH-metre ile ölçüm yapılır.

5.2.3. pH- metrenin Ayarlanması ve Okuma

Kullanılan pH-metre, ne tür olursa olsun mutlaka standart çözeltilerle kalibrasyonunun (ayar) yapılması gereklidir. Bunun için genellikle 4-7 pH'yı gösteren standart çözeltiler kullanılır. Ayrıca standart çözeltiler ile pH'sı okunacak örneklerin sıcaklıkları da ölçülerek pH-metrede gerekli ayarlamalar yapılmalıdır. Ölçme sırasında pH-metrenin elektrodu çözelti içine sokulduktan sonra örnek hafifçe çalkalanmalı, pH-metre göstergesinin sabit kalması için birkaç dakika beklenmelidir.

5.3. Yaprak ve Ölü Örtü Örneklerinde Yanabilen Organik Madde, Kül ve Silis Miktarının Belirlenmesi

Bitki örneklerinde besin maddesi miktarlarının belirlenmesi için öncelikle örneklerin çözelti haline getirilmesi gereklidir. Bu işlem sırasında yanabilen organik madde, kül ve silis miktarları da hesaplanabilir (FASSBENDER/AHRENS 1977).

5.3.1. Gerekli Alet, Malzeme ve Çözeltiler

- (a) Hassas terazî
- (b) Porselen krozeler, kapsüller
- (c) Termostatlı kurutma dolabı
- (d) Fırın
- (e) Desikatör
- (f) Piset, saf su
- (g) Huni, siyah band filtre kâğıdı, ucu lastikli cam çubuk
- (h) 50-100 ml'lik balon jojeler
- (i) Süzme sehпасı
- (j) Su banyosu
- (k) Pipet
- (l) 3.25 N HCl (hidroklorik asit) çözeltisi

* 3.25 N HCl çözeltisinin hazırlanışı: 296.65 cm³ % 37'lik HCl alınır, saf su ile litreye tamamlanır.

- (m) 0.5 N HCl (hidroklorik asit) çözeltisi

* 0.5 N HCl çözeltisinin hazırlanışı: 82.4 cm³ % 37'lik HCl alınır, saf su ile 2 lt'ye tamamlanır.

5.3.2. İşlemin Yapılması

İşlemlere başlamadan önce aşağıdaki çizelgenin hazırlanıp aşama aşama doldurulması hesap kolaylığı sağlayacaktır.

Çizelge 2.

Örnek No.	Kroze No.	Kroze darası	Yaş örnek	Dara + 105°C	105°C'deki kuru örnek	Kuru madde	Kroze + 500°C'de kül	Kül	Yanabilen org. madde
		gr	gr	gr	gr	%	gr	%	%
		A	B	C	D = C - A	$K = \frac{D}{B} \times 100$	E	$F = \frac{E - A}{D} \times 100$	OM = 100 - F

1 ya da 2.5 gr ince öğütülmüş bitki materyali önce 105°C'de bekletilip boş ağırlığı belirlenmiş porselen krozeler içine tartılarak 105°C'de bir gece kurutulur ve desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra tartılarak % kuru maddesi bulunur. Örnekler yanmanın tamamen olabilmesi ve karbonsuz kül elde edilebilmesi için soğuk fırına yerleştirilir. Örnekler fırının sıcaklığı yavaş yavaş artırılarak 500-550°C'de 4-12 saat süreyle yakılır. Gri beyaz renkte kül oluştuktan sonra örnekler fırından alınarak desikatöre konur. Vakum yapmaması için desikatör kapağı örnekler koyulduktan sonra tamamen kapanmaz, bir miktar aralık bırakılır. Bir süre sonra tamamen kapatılarak soğuması beklenir ve tartılır. Çizelge kullanılarak bulunan değerlerle % kül ve % yanabilen organik madde hesaplanabilir.

Porselen kroze içindeki kül saf suyla nemlendirildikten sonra su banyosu üzerinde 5 ml 3.25 N HCl ile 3 kez ıslatılıp kurutulur. Bazı literatürde 3.25 N HCl yerine 1 kez 5 ml % 20'lik HCl kullanılmaktadır (PERKIN ELMER 1982). Bu sırada silis filtre edilecek halde çökelir.

Örnekler sıcak 0.5 N HCl ile ıslatılıp yumuşatılır, siyah band filtresinden geçirilerek 50 ml'lik balon jöjelere süzülür. Kroze sıcak 0.5 N HCl ile iyice yıkanır, ucu lastikli bir cam çubuk yardımıyla silis asidi kantitatif olarak filtre kâğıdı üzerine aktarılır. Balon jöjedeki çözelti soğuduktan sonra soğuk 0.5 N HCl ile işaret çizgisine tamamlanır ve çalkalanır.

Bu çözeltiden P, K, Na, Ca, Mg, Mn, Fe gibi bitki besin maddelerinin miktarları belirlenebilir.

Kroze küçük bir süzgeç kâğıdı parçasıyla iyice temizlenir. Silis asidini içeren süzgeç kâğıdı ve krozeyi temizlediğimiz süzgeç kâğıdı daha önce fırında 850°C'de ısıtılmış ve desikatörde soğutulduktan sonra boş ağırlığı belirlenmiş porselen kapsül içine konularak 850°C'de yakılır, desikatörde soğutulduktan sonra tartılarak aşağıdaki çizelgeye göre hesaplamalar yapılır.

Çizelge 3.

Örnek No.	Kapsül No.	Kapsül dara	Kapsül + SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
		gr	gr	gr	%
		A	B	C = B - A	$S = \frac{C}{D} \times 100$
					(kuru örnek çizelge 2'den alınacak)

5.4. Yaprak ve Ölü Örtü Örneklerinde Fosfor (P) Belirlenmesi

Bitki örneklerinde fosfor tayini Molibden Mavisi yöntemine göre, kolorimetrik yolla Spektro-Kolorimetre kullanılarak belirlenebilir. Bunun için kullanılacak alet, malzeme ve çözeltiler ile yöntemin yapılışı aşağıda verilmiştir (FASSBENDER/AHRENS 1977).

5.4.1. Gerekli Alet, Malzeme ve Çözeltiler

- (a) Kolorimetre
- (b) Hassas terazi
- (c) Saf su, piset
- (d) Pipetler (5, 10, 25, 50, 100 ml'lik)
- (e) Balon jöjeler (100, 1000 ml'lik)
- (f) Stok çözelti (1) : 65°C'de kurutulmuş 0.4393 gr KH_2PO_4 (potasyum difosfat) tartılıp saf su ile litreye tamamlanır. Bu çözelti 100 ppm P içerir (100 mg P/1000 ml = 100 ppm).
- (g) Stok çözelti (2) : 1 no.lu stok çözüldüden 50 ml alınıp saf su ile litreye tamamlanır. Bu çözelti, 5 ppm P içerir (5 mg P/1000 ml = 5 ppm P).
- (h) Stok çözelti (3) : 2 no.lu stok çözüldüden 200 ml alınıp saf su ile litreye tamamlanır. Bu çözelti 1 ppm P içerir (1 mg P/1000 ml = 1 ppm P).
- (ı) 8 N H_2SO_4 hazırlanması: Yoğunluğu 1.84 olan % 95-98 H_2SO_4 (sülfirik asit)'den 222 ml alınıp saf su ile litreye tamamlanır.
- (i) Amonyum heptamolibdat $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ çözeltisi: 1.44 gr amonyum heptamolibdat alınıp saf suda çözülür ve saf su ile 100 ml'ye tamamlanır.
- (j) % 2.5'lük askorbik asit (Vitamin C) $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ çözeltisi: 2.5 gr askorbik asit saf su ile çözülüp saf su ile 100 ml'ye tamamlanır. Bu çözelti karanlık odada saklanır ve her analiz serisi için yeniden hazırlanıp taze halde kullanılır.

5.4.2. İşlemin Yapılması

Bölüm 5.3.2'de anlatıldığı şekilde elde edilen analiz çözüldüsinden 2-5 ml çekilerek 100 ml'lik balon jöjeye konur. Üzerine 10 ml 8.N H_2SO_4 , 10 ml % 1.44 amonyum hepta molibdat çözeltisi ve 2 ml taze hazırlanmış % 2.5'lük askorbik asit çözeltisi konur. Balon jöje kenarına bulaşmış çözelti varsa saf su ile yıkanır. Balon jöjeler bir saat süre ile önceden 95°C'ye kadar ısıtılmış etüvde bekletilir. Karanlık odada soğumaya bırakılır, saf su ile tamamlanıp hazırlanan standart çözüldüler ile birlikte kolorimetrede 560 mm dalga boyunda ölçülür.

5.4.3. Standart Çözüldülerin Hazırlanması, Okuma ve Hesaplama

Standart çözüldülerini hazırlamak için yukarıda belirtilen 3 no.lu stok çözüldüsünden 5, 10, 25 ve 50 ml, 2 no.lu stok çözüldüden 20, 30, 40, 50, 60 ml çekilerek 100 ml'lik balon jöjelere konur. Bu çözüldüler 100 ml'sinde sırasıyla 0.005, 0.010, 0.025, 0.050, 0.100, 0.150, 0.200, 0.250, 0.300 mg P içerir. Bir balon jöje içine ise saf su konur, bunun değeri sıfır (0)'dır. Her analiz serisi için hazırlanan standart çözüldülere de yukarıda anlatılan renklendirme işlemi uygulanır ve kolorimetrede okumalara geçilir.

Standart çözüldülerden okunan değerler ile mg P/100 ml arasında bir eğri çizilerek örnekler için okunan değere karşılık mg P miktarı eğriden bulunarak yüzde hesabına geçilir ya da faktör bulunarak hesaplamalarda kullanılır.

Faktörün Hesaplanması

<u>Standart çözeltiler</u> mg P/100 ml	<u>Kolorimetrede</u> <u>okunan değer</u>	
0.050	0.155	0.05/0.155 = 0.32
0.100	0.325	0.10/0.325 = 0.31
0.150	0.495	0.15/0.495 = 0.30
0.200	0.640	0.20/0.64 = 0.31
0.300	0.100	0.30/0.100 = 0.30

$$F = 0.32 + 0.31 + 0.30 + 0.31 + 0.30/5 = 0.31 \text{ olur.}$$

Hesap İşlemi

$$\text{Hava kurusu bitki materyalinde \% P} = F \times \frac{A}{B} \times \frac{C}{D \times 1000}$$

F = Faktör

A = Renklendirme sırasında kullanılan balon joje hacmi (100 ml)

B = Renklendirme için Bölüm 5.3.2.'de elde edilen analiz çözeltilisinden çekilen miktar (2 veya 5 ml)

C = Bölüm 5.3.2.'de elde edilen analiz çözeltilisinin bulunduğu balon joje hacmi (50 ml)

D = Bölüm 5.3.2.'de tartılan hava kurusu örnek miktarı (1 veya 2.5 gr)

Kuru maddedeki değeri bulmak için hava kurusu bitki materyali için bulunan değer 5.3.2., Çizelge 2'deki kuru madde yüzdesine bölünür.

5.5. Yaprak ve Ölü Örtü Örneklerinde Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺ Belirlenmesi

Bölüm 5.3'de anlatıldığı şekilde hazırlanan analiz çözeltilisi kullanılarak örneklerdeki Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺ miktarları belirlenebilir (FASSBENDER/AHRENS 1977; PERKIN ELMER 1982).

Bunun için son yıllardaki uygulamalarda Fleymfotometre ya da Atomik Absorpsiyon cihazı kullanılmaktadır.

Fleymfotometrede okumalara geçilmeden önce Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺a ait standart eğrilerin hazırlanması gerekmektedir. Atomik absorpsiyon cihazındaki okumalar için standart eğri çizilmesine gerek yoktur. Örnek değerlerinden yüksek olmak şartıyla hazırlanan tek bir standart çözeltiliden sonra cihaz, örnek değerlerini ppm cinsinden ekranda vermektedir.

5.5.1. Standart Çözeltilerin Hazırlanması

Bölüm 5.3'de anlatıldığı şekilde bitki örneklerinin yakılması ve sonraki işlemleri ile elde edilen analiz çözeltilerindeki bitki besin maddelerinin (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺) miktarlarına göre çeşitli konsantrasyonlarda standart çözeltilerin hazırlanması gereklidir. Bu standart çözeltilerin hazırlanması ile ilgili açıklamalar aşağıdadır.

*** Standart Kalsiyum Çözeltisi (1000 ppm Ca⁺⁺/1 lt)**

1.3225 gr kalsiyum okzalat (CaC₂O₄ · H₂O), içerisinde hacmen 1+9'lük hidroklorik asit çözeltisi (1 ölçü HCl+9 ölçü saf su) bulunan bir litrelik balon joje içerisinde çözülür, 1+9'lük hidroklorik asit çözeltisi ile çizgisine tamamlanır.

*** Standart Magnezyum Çözeltisi (1000 ppm Mg⁺⁺/1 lt)**

3.4672 gr magnezyum karbonat (MgCO₃) içerisinde 20 ml hacmen 1+9'lük hidroklorik asit çözeltisi (1 ölçü HCl + 9 ölçü saf su) bulunan bir litrelik balon jodede çözülür ve saf su ile çizgisine tamamlanır.

*** Standart Potasyum Çözeltisi (1000 ppm K⁺/1 lt)**

105°C'de kurutulmuş potasyum klorür'den (KCl) 1.9069 gr tartılır ve bir litrelik balon joje içerisindeki az miktarda saf su ile çözülür. Balon saf su ile litreye tamamlanır.

*** Standart Sodyum Çözeltisi (1000 ppm Na⁺/1 lt)**

105°C'de kurutulmuş sodyum klorürden (NaCl) 2.542 gr tartılarak bir litrelik balon joje içerisinde saf su ile çözülür. Balon saf su ile litreye tamamlanır.

5.5.2. Standart Eğrilerin Hazırlanması

Kalsiyum Standart Eğrisinin Hazırlanması

Standart kalsiyum çözeltisinden sırasıyla 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 30, 50 ml alınarak 100 ml'lik balon jöjelere konur, balonlar hacmen 1+9'lük hidroklorik asit çözeltisi ile çizgisine tamamlanır. Bu standart çözeltiler 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 160, 200, 300, 500 ppm Ca⁺⁺ içerir. Bu çözeltiler fleymfotometrede okunur. Değeri 0 (sıfır) olarak hazırlanan kör çözelti için okunan değer diğer standartlar için okunan değerlerden çıkarılır ve milimetrik kâğıt üzerinde yatay eksene standart çözeltilerin Ca⁺⁺ konsantrasyonları, dikey eksene de alet okumaları işaretlenerek standart eğri hazırlanır.

Magnezyum Standart Eğrisinin Hazırlanması

Standart magnezyum çözeltisinden sırasıyla 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20 ml alınarak 100 ml'lik balon jöjelere konur ve balon hacmen 1+9'lük hidroklorik asit çözeltisi ile çizgisine tamamlanır. Bu standart çözeltiler sırasıyla 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 200 ppm Mg⁺⁺ içerir. Bu çözeltiler fleymfotometrede okunarak yukarıda anlatıldığı şekilde standart hazırlanır.

Potasyum Standart Eğrisinin Hazırlanması

Standart potasyum çözeltisinden sırasıyla 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 ml alınarak 500 ml'lik balon jöjelere konur. Balonlar saf su ile çizgisine tamamlanır. Bu standart çözeltiler sırasıyla 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ppm K içerir. Çözeltiler fleymfotometrede okunarak kalsiyumda anlatıldığı şekilde standart eğri çizilir.

Sodyum Standart Eğrisinin Hazırlanması

Standart sodyum çözeltisinden sırasıyla 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ml alınarak 100 ml'lik balon jöjelere konur. Balonlar saf su ile çizgisine tamamlanır. Bu standart çözeltiler sırasıyla 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ppm Na⁺ içerir. Çözeltiler fleymfotometrede okunarak yukarıda açıklandığı şekilde standart eğri hazırlanır.

5.5.3. Fleymfotometre ya da Atomik Absorbsiyon Cihazındaki Okumalar ve Hesaplama

Bölüm 5.3.'de açıklandığı şekilde elde edilen analiz çözeltisindeki Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ konsantrasyonları fleymfotometrede ya da atomik absorbsiyon cihazı kullanılarak okunur. Ancak kalsiyum ve magnezyum okumalarına geçmeden önce bazı elementlerin alet okumaları sırasındaki etkilerini gidermek amacıyla her 5.0 ml analiz çözeltisi için 1.0 ml lantan oksit çözeltisi damlatılır. Aynı işlem Ca^{++} ve Mg^{++} standart çözeltileri için de uygulanır¹⁾. Fleymfotometredeki okumalara karşılık gelen konsantrasyon değerleri daha önceden hazırlanmış standart eğrilerden bulunur. Atomik absorbsiyon aleti kullanılmışsa değerler doğrudan ppm olarak okunur. Daha sonra hesaplamalara geçilir.

Hesaplama

Örnek: 1 gr bitki örneği kül haline getirilmiş ve 50 ml'lik balon jöjelere süzölmüş. Bu çözelti kullanılarak fleymfotometrede okuma yapılmış ve standart eğriden 40 ppm değeri bulunmuştur (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ den herhangi biri için).

1 gr örnek, 50 ml'ye tamamlandığına göre sulandırma oranı = 50 ml/1 gr örnek = 50'dir.

$$\begin{aligned} \text{Örnekteki bitki besin maddesi miktarı} &= 40 \text{ ppm} \times \frac{50}{1} = 2000 \text{ ppm} \\ \text{Örnekteki bitki besin maddesi miktarı \%} &= \frac{2000}{10000} = 0.2 \end{aligned}$$

şeklinde hesaplanır.

5.6. Yaprak ve Ölü Örtü Örneklerinde Toplam Azot Belirlenmesi (Sömi-Mikro Kjeldahl Yöntemi)

Bu yöntemin prensibi bitkide bulunan azotu sülfirik asitle yaş yakma suretiyle amonyuma çevirmek ve bu amonyumu alkali bir ortamda amonyak halinde uçurup, hafif bir asit ortamda bağlamak ve bunu 1/140 N H_2SO_4 ile titre ederek belirleme esasına dayanır.

Gerekli alet, malzeme ve çözeltiler ile işlemin yapılması aşağıda açıklanmıştır.

5.6.1. Gerekli Alet, Malzeme ve Çözeltiler

- Kjeldahl balonları için özel olarak yapılmış, ısıyı ayarlanabilir ocaklar ve çıkan asit buharlarını dışarı atabilecek havalandırma sistemi
- Markham sömi-mikro Kjeldahl destilasyon cihazı
- 10 ml'lik Kjeldahl balonları
- Hava üfleyen akvaryum motoru

1) Lantan oksit, $La_2O_3 \cdot H_2O$ çözeltisinin hazırlanışı: 58.65 gr lantan oksit içinde 250 ml derişik hidroklorik asit (HCl % 37'lik) olan 1 lt'lik balon jöjede çözölür. Balon saf su ile çizgisine tamamlanır.

- (e) Mikro büret, 2 veya 5 ml'lik
- (f) Kapaklı cam tartı kapları, hassas terazi
- (g) Büret, 50 ml'lik
- (h) Küçük cam huni, 1 litrelik beher
- (i) 100 ml'lik, 250 ml'lik, 1000 ml'lik balon jojeler
- (j) Pipetler 5, 10 ml'lik
- (k) 1/140 N Standart H_2SO_4 çözeltisi: Bunun için önce 1 N sülfirik asit çözeltisi hazırlanır. Bu amaçla 26.5 ml derişik (% 96'lık) H_2SO_4 bir büretten 1.0 lt'lik balon jojeye alınır, üzerine bir miktar saf su eklenerek soğuduktan sonra saf su ile litreye tamamlanır. 1/140 N H_2SO_4 hazırlamak için ise 1 N H_2SO_4 çözeltisinden 7.1 ml alınarak saf su ile litreye tamamlanır.
- (l) Potasyum sülfat, K_2SO_4
- (m) Bakır sülfat, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
- (n) Sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi (% 50'lik): 1000 gr NaOH tartularak kalın cam damacanaya konur. Üzerine 1.0 litre saf su eklenir. Cam bir çubukla karıştırılarak sodyum hidroksit çözülür. Tortunun dibe çökmesi için birkaç gün beklenir. Daha sonra üst taraftaki berrak çözelti başka bir damacanaya alınarak önceden belirlenmiş 2 litre düzeyine kadar CO_2 'siz saf su ile tamamlanır.
- (o) Metil red indikatörü (% 0.2): 0.2 gr metil red indikatörü az miktarda % 96'lık etil alkolde çözülerek alkol ile 100 ml'ye tamamlanır.
- (p) Bromkresol green indikatörü (% 0.1): 0.1 gr bromkresol green indikatörü % 95'lik etil alkolde çözülerek 100 ml'ye tamamlanır.
- (q) Karışık indikatörü içeren % 4'lük borik asit (H_3BO_3) çözeltisi: 40 gr borik asit 1 litrelik beherdeki yaklaşık 800 ml saf suda çözülür. Çözünmeyi kolaylaştırmak için gerekirse ısıtılır. Çözelti saf su ile 1 litrelik balon jojeye alınır. Üzerine % 0.1'lik Bromkresol green çözeltisinden 30 ml, % 0.2'lik metil red çözeltisinden 10 ml eklenir. Saf su ile litreye tamamlanır.
- (r) Derişik sülfirik asit (H_2SO_4) % 96'lık
- (s) Sodyum karbonat (Na_2CO_3)

5.6.2. Yakma İşleminin Yapılması

Daha önce $65^\circ C$ 'de kurutulmuş bitki örneğinden hassas terazide 0.5 gr tartılarak Kjeldahl balonuna konur. Üzerine 10 ml derişik sülfirik asit, yaklaşık 2 gr K_2SO_4 (silme dolu bir spatül) ve bir küçük $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ kristali (yaklaşık mercimek büyüklüğünde) eklenir. Hafifçe çalkalandıktan sonra yakma ocaklarına yerleştirilir. Ayarlı ocaklar kaynayıp taşmayı önlemek için önce düşük ısıda çalıştırılır. Daha sonra tam kapasiteye geçilir. Isıtma işlemi balonun içindekiler beyaz, yeşil ya da soluk mavi olduktan sonra bitki asit karışımının berraklaşması için geçen sürenin yarısı kadar daha bir zaman devam ettirilir. Soğuduktan sonra, balon içeriği küçük bir huni kullanılarak bir pipetten çıkan saf su yardımıyla 250 ml'lik bir balon jojeye aktarılır. Balon işaret çizgisine kadar saf su ile doldurulur. İyice karıştırılarak homojen hale gelmesi sağlanır. Yakma işlemi, bitki örneği ko-

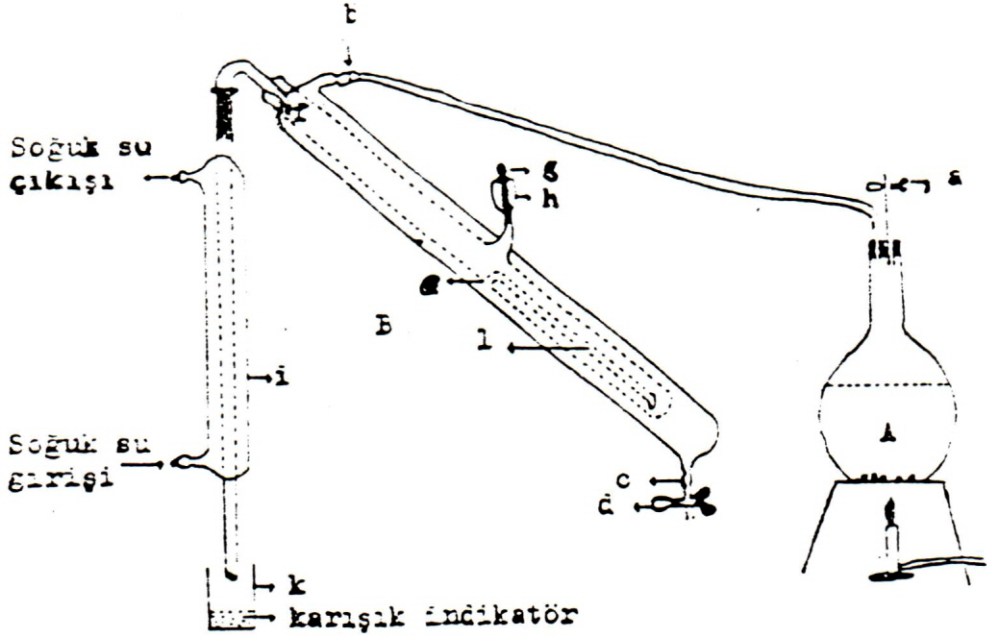
nulmaksızın sadece, kullanılan kimyasal maddelerle her örnek serisi için bir kez yapılır. Buna kör deney adı verilir. Buna da destilasyon ve titrasyon işlemleri uygulanır. Titrasyonda harcanan 1/140 N H₂SO₄ miktarı her örnek için bulunan titrasyon değerinden düşülür.

5.6.3. Markham Cihazının Çalıştırılması

Markham Cihazı Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu cihaz aşağıdaki harflerle gösterilmiş kısımlardan oluşmuştur:

(A) Sisteme sıcak su buharı sağlayan 5 litrelik balon. Bu balon uygun boyutta iki delikli lastik bir tapan ile kapatılmıştır. Lastik tapanın deliklerine biri düz, diğeri dik açığa eğik iki cam boru geçirilmiştir. Düz boru ucuna yaklaşık 10 cm'lik yumuşak lastik boru geçirilir. Bu lastik boru bir pens (a) ile sıkıştırılabilir. Kıvrık olan diğer cam boru lastik bir boru ile Markham cihazına bağlanır. Cihaza sıcak su buharı gönderilmesinde kullanılır. Balona yaklaşık 3.5 litre su konur ve kaynamayı kolaylaştırmak için içerisine birkaç tane cam boncuk atılır.

(B) Markham destilasyon cihazı içiçe geçmiş iki cam silindirden oluşmuştur. Dıştaki silindirde sıcak su buharının girmesine yarayan bir (b) ucu ile sistemi ısıtmada kullanılan su buharını, destilasyon sonunda biriken sıvıyı ve yıkama sularını dışarı atmada kullanılan bir (c) çıkış ucu bulunmaktadır. (c) ucu üzerine yaklaşık 5 cm uzunluğunda bir lastik boru geçirilmiş ve lastik boruya (d) pensi takılmıştır.



Şekil 1. Markham destilasyon cihazı (GÜLÇUR 1974'ten alınmıştır).

İç silindir üç girişlidir. (b) girişinden gelen sıcak buhar (e) deliği yolu ile destillenecek sıvının bulunduğu iç silindire girer. Buradaki asit-alkali karışımını iyice karıştırarak [(g) cam bageti (h) hunisini kapatmış ve (d) pensi lastiği sıkıştırılmış halde] açığa çıkan amonyum hidroksit (NH_4OH) buharını (f) deliğinden geçirerek soğutucuya (i) iletir. Soğutucudan geçen buhar yoğunlaşarak, damla damla, içinde % 4'lük borik asit ve karışık indikatör bulunan (k) titrasyon kabında birikir.

Destilasyon yapabilmek için önce soğutucuya (i) giren boru ucunun bulunduğu soğuk su musluğu açılır. (A) balonun içindeki su kaynatılır. Bu sırada (a) pensi plastik boruyu sıkıştırmış, (d) pensi açıktır.

Destilatın topladığı, içinde 2 ml karışık indikatör bulunan (k) kabı soğutucu altına konur. Kaynama sonucu meydana gelen buhar üstten başlayarak bütün sistemi ısıtmaya başlar. Başlangıçta (c) ucundan yoğunlaşan su damlar. (c) ucundan buhar çıkmaya başladığında bir pipet yardımıyla 5-10 ml örnek çözeltisi pipetin gidebildiği kadar (h) hunisinin içine sokularak, iç silindirin dip kısmına boşaltılır. Pipet çıkarılır ve (g) cam bagetiyle (h) hunisi iyice kapatılır. Daha sonra (h) hunisi 3/4'üne kadar % 50'lik NaOH ile doldurulur. (d) pensi sıkıştırılarak buharın (e) deliğinden girerek örneği karıştırması ve ısıtılması sağlanır. Bu arada (g) bageti yavaşça kaldırılarak % 50'lik NaOH örneğin içine karıştırılır. Bu karıştırma işlemi yavaş yavaş yapılmalıdır. Aniden dökme sonucunda meydana gelecek köpürme NaOH'in cam soğutucu içine kaçmasına nede n olur. Bu da destilasyonu olumsuz yönde etkiler. Bu şekilde destile olan Na_4OH buharının (h) hunisinden kaçışı engellenir. Sodyum hidroksitin ilavesinden sonra destilasyon başlar Bu sırada soğutucu kısım içinden yeterli derecede soğuk su geçişinden emin olunmalıdır. Soğutucu içinden geçip yoğunlaşan ilk NH_4OH (k) kabına damlamaya başladığında karışık indikatörün rengi yeşile döner. Yaklaşık 15-20 ml destilat toplanınca destilasyona son verilir. Bunun için (A) balonunu ısıtan bek balon altından çekilir. (a) pensi açılır. (g) cam bageti yerinden çıkarılarak (h) hunisi içindeki suyun akması sağlanır ve bir pisetle iyice yıkanır. Soğuk su nedeniyle iç silindirin bir bölümünü oluşturan ince (1) borusu bir sifon gibi çalışarak iç silindirde biriken sıvı karışımını dış silindire boşaltır. İç silindir 10-15 ml saf su ile ve her seferinde sifonla boşaltma sağlanarak yıkanır. (d) pensi açılarak toplanan sıvı dışarı aktılır. Bir sonraki destilasyona geçilebilir.

5.6.4. Titrasyonun Yapılması ve Hesaplama

Toplanan destilat bir hava karıştırıcısı ile (en basit şekli ile bir akvaryum motoru) karıştırılarak mikrobüretten aktılan 1/140 N H_2SO_4 ile indikatör rengi leylak rengine (erguvan rengine) dönüşüncüye kadar titre edilir.

Hesap işlemine geçmeden önce kullanılan 1/140 N H_2SO_4 'in faktörünün belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için 105°C 'de önceden kurutulmuş 0.3785 gr NaCO_3 saf suda çözünür ve saf su ile litreye tamamlanır. Bu çözelti faktörü 1.000 olan çözeltilerdir. Bu çözeltilerden 3 tekrarlı olmak üzere 10'ar ml alınarak içerisinde 10.0 ml karışık indikatörü içeren % 4'lük borik asit (H_3BO_3) bulunan 250 ml'lik erlenmayerlere konur ve üzerine 80 ml saf su eklenir. Çözeltiler 1/140 N H_2SO_4 ile erguvan rengine kadar titre edilirler. Harcanan asit miktarının ortalaması alınır. Faktör ise aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$\frac{1}{140} \text{ N } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ Faktörü} = \frac{10}{\text{Harcanan } 1/150 \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ hacmi ortalaması}}$$

Bitki örneğindeki azot miktarının hesaplanmasını bir örnek üzerinde gösterecek olursak:

- Analize sokulan bitki örneği miktarı = 0.5 gr'dır.
- Bitki örneği Kjeldahl balonunda yakıldıktan sonra 250 ml'lik balon jøjeye aktarılmıştır.
- Bu balon jøjeden 10.0 ml örnek çekilerek destilasyon yapılmıştır.
- Titrasyonda harcanan 1/140 H₂SO₄ miktarı 0.97 ml'dir.
- Kör deney için harcanan 1.0 ml 1/140 H₂SO₄ miktarı 0.07 ml'dir.
- Titrasyonda harcanan 1.0 ml 1/140 H₂SO₄ = 0.1 mg N olduğuna göre;
- Örnek için harcanan gerçek miktar 0.97 ml - 0.07 = 0.90 ml'dir.
- Faktör 1.02 olarak hesaplanmış olsun.
- Örneğimiz için titrasyonda harcanan gerçek 1/140 N H₂SO₄ miktarı 0.90 x 1.02 = 0.918 ml'dir.

Örneğimizde harcanan 0.918 ml 1/140 H₂SO₄ = 0.918 x 0.1 = 0.092 mg N'tur.

250 ml balon jøjeden çekilen 10 ml örnek içinde 0.09 mg N var ise, 250 ml'lik balon jøjede

$$x = \frac{0.092 \times 250}{10} = 2.30 \text{ mg N vardır.}$$

250 ml balon jøjede 0.5 gr = 500 mg bitki örneği bulunduğuna göre:

$$\% \text{ N} = \frac{100 \times 2.30}{500} = 0.46 \text{ olarak hesaplanır.}$$

5.7. Yaprak ve Ölü Örtü Örneklerinde Kükürt Belirlenmesi

Son yıllarda artış gösteren hava kirliliğini oluşturan etmenlerin başında fosil yakıtların yakılmasıyla atmosfere karışan kükürtdioksit gazı gelmektedir. Kükürtdioksit gazı doğrudan yaprak stomalarından içeri girerek zarar vermekte ya da havadaki su ile birleşmek suretiyle sülfüroz ve sülfürik asit oluşturarak bitki üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır.

Bu bölümde hava kirliliğinin bitkiler üzerindeki olumsuz etkisini belirlemek amacıyla yapılması gereken kükürt analizi hakkında bilgi verilecektir (THUN/HERMANN/KNICKMANN 1955).

5.7.1. Gerekli Alet, Malzeme ve Çözeltiler

- (a) Hassas terazi
- (b) Porselen kroze, kapsül
- (c) Kurutma dolabı
- (d) Fırın
- (e) Su banyosu
- (f) 100 ml'lik balon jøjeler

- (g) 250 ml'lik beher
- (h) Hotpleyt
- (ı) Süzme sehпасı, huniler, cam piset
- (j) Mavi bant, siyah bant filtre kâğıdı
- (k) Sodyum karbonat (Na_2CO_3) % 5'lik : 50 gr sodyum karbonat tartularak içinde az miktarda saf su bulunan 1 lt'lik balon jøjede çözülr. Balon jöje saf su ile litreje tamamlanır.
- (l) Hidrojen peroksit (H_2O_2)
- (m) Hidroklorik asit (HCl) % 10'luk : Derişik (% 37'lik) hidroklorik asitten 10 ml alınır, üzerine 27 ml saf su eklenir. Aynı oran korunarak istenildiği kadar hazırlanabilir.
- (n) Seyreltik hidroklorik asit (HCl) : 20 cm^3 % 10'luk HCl'den alınır, 1 lt'lik balon jöjeye konur. Balon jöje saf su ile çizgisine tamamlanır.
- (o) Baryum klorür çözeltisi (BaCl_2) % 10'luk : 100 gr Baryum klorür tartularak içinde az miktarda saf su bulunan balon jöjede çözülr. Balon jöje saf su ile çizgisine tamamlanır.
- (ö) Derişik sülfürük asit (H_2SO_4) % 98'lik.

5.7.2. İşlemin Yapılması

2 gr hava kurusu öğütölmüş bitki örneği porselen krozeje tartılır, üzerine 10 cm^3 % 5'lik sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi eklenir. Kurutma dolabında 105°C'de kurutulur. Daha sonra küti fırınında 550-600°C'de yakılır. Yakma aşamasında iyi yanmayı sağlamak için kroze birkaç defa fırından çıkarılıp biraz soğuduktan sonra örnek ufalanır ve yakmaya devam edilir.

Kül haline gelmiş bitki örneğine çok az saf su ve 5-10 ml damla hidrojen peroksit (H_2O_2) eklenir. Üzerine 3 kez 5 cm^3 % 10'luk hidroklorik asit (HCl) konularak su banyosunda buharlaştırılır. Bu şekilde silis asidi ayrılmış olur.

Buharlaştırma sonunda kroze içindeki örnek cam piset kullanılarak sıcak seyreltik hidroklorik asit ile siyah bant filtre kâğıdından 100 ml'lik balon jöjeye süzölür ve balon jöjeye soğuduktan sonra seyreltik HCl ile çizgisine tamamlanır.

Süzöntüden 50 ml çekilerek 250 ml'lik beherlere konur. Örnekler sıcak hotpleyt üzerinde kaynatılır. Bu esnada 25 cm^3 % 10'luk BaCl_2 çözeltisi yavaş yavaş eklenir. Bu şekilde beyaz BaSO_4 çökeler.

Hotpleyt'in termostatu kısılarak örneklerin en az dört saat daha sıcak hotpleyt üzerinde buharlaşması sağlanır. Bu sırada örneklerin kaynarak özellikle içindeki çözelti miktarı azaldığında sıçramalar yapması önlenmelidir. Bunun için çözelti miktarı azalan örnekler hotpleyt üzerinden alınır.

Örnekler daha sonra mavi bant filtre kâğıdından süzölür. Bu işlem için önce soğuk seyreltik hidroklorik asit ve sonra saf su ile yıkama yapılır. Yıkamadan sonra filtre kâğıdı darası belli olan kapsüllere konularak 800°C'de yakılır ve soğutulur. Üzerine 1-2 damla derişik sülfürük asit eklenir. Böylece BaS'e indirgenmiş BaSO_4 tekrar BaSO_4 haline dönüştürölür. Kapsül ısıtılarak sülfürük asit uçurulur. 10-15 dakika 800°C'de kızdırılır. Kapsüller desikatöre alınarak soğuması beklenir ve örnekler BaSO_4 halinde tartılır.

5.7.3. Hesaplama

Tartım sonucunda bulunan Baryum sülfat miktarı $\times 0.4116 = \text{SO}_4$ 'ı

Tartım sonucunda bulunan Baryum sülfat miktarı $\times 0.1374 = \text{S}'ü$ verir.

Bulunan değerler fırın kurusu miktarlara çevrilmelidir.

KAYNAKLAR

- ÇEPEL, N. 1995. *Orman Ekolojisi, Dördüncü Baskı, İ. Ü. Yayın No. 3886, Orman Fakültesi Yayın No. 433, ISBN. 975-404-398-1, İ. Ü. Basımevi ve Film Merkezi-İSTANBUL, XXI + 536 sayfa.*
- FASSBENDER, W., AHRENS, E., 1977. *Laborvorschriften und Praktikumsanleitung, Göttingen Bodenkundliche Berichte 47, (1-88).*
- GÜLÇUR, F., 1974. *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No. 1970, O. F. Yayın No. 201, Kutulmuş Matbaası-İSTANBUL, XXIV + 225 s.*
- IRMAK, A. ve ÇEPEL, N., 1974. *Bazı Karaçam, Kayın ve Meşe Meşcerelerinde Ölü Örtünün Ayrışma ve Humuslaşma Hızı Üzerine Araştırmalar (5 Yıllık Araştırma Sonuçları), İ. Ü. Yayın No. 1973, O. F. Yayın No. 204, Taş Matbaası - İSTANBUL, 7 s.*
- KACAR, B., 1972. *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, II. Bitki Analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları : 453, Uygulama Kılavuzu 155, Ankara Üniversitesi Basımevi-ANKARA, XIII + 646 s.*
- KARAÖZ, M. Ö. 1989 a. *Toprakların Su Ekonomisine İlişkin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Laboratuvarında Belirlenmesi Yöntemleri, İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 39, Sayı 2.*
- KARAÖZ, M. Ö., 1989 b. *Toprakların Bazı Kimyasal Özelliklerinin (pH, Karbonat, Tuzluluk, Organik Madde, Total Azot, Yarırlanabilir Fosfor) Analiz Yöntemleri, İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri B, Cilt 39, Sayı 3.*
- KARAÖZ, M. Ö. 1990. *Topraklarda Katyon Değişim Kapasitesi ve Değiştirilebilir Katyonların Analiz Yöntemleri, İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 40, Sayı 1.*
- PERKIN ELMER, 1982. *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrometry, B. 353-AL-M-1152/5-88, Printed by Republic of Germany, B.002-9672.*
- THUN, R., HERMANN R., KNICMANN E., 1955. *Methodenbuch, Band II, Neuman Verlag, Radebeul und Berlin.*