

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

LABORATUVAR HİZMETLERİ

YAPRAK ANALİZLERİ

Ankara, 2015

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. YAPRAKLARDA AZOT TAYİNİ	3
1.1. Kullanılan Araç Gereçler	5
1.2. Kullanılan Kimyasal ve Çözeltiler	6
1.3. Analizin Yapılışı	7
UYGULAMA FAALİYETİ	10
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	13
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	15
2. YAPRAKLARDA FOSFOR TAYİNİ	15
2.1. Kullanılan Araç Gereçler	16
2.2. Kullanılan Kimyasal ve Çözeltiler	17
2.3. Analizin Yapılışı	18
UYGULAMA FAALİYETİ	21
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	23
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	24
3. YAPRAKLARDA POTASYUM TAYİNİ	24
3.1. Kullanılan Araç Gereçler	25
3.2. Kullanılan Kimyasallar ve Çözeltiler	26
3.3. Analizin Yapılışı	27
UYGULAMA FAALİYETİ	29
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	31
MODÜL DEĞERLENDİRME	32
CEVAP ANAHTARLARI	34
KAYNAKÇA	35

AÇIKLAMALAR

ALAN	Laboratuvar Hizmetleri
DAL	Gıda, Tarım ve Hayvan Sağlığı Laboratuvarı
MODÜLÜN ADI	Yaprak Analizleri
MODÜLÜN SÜRESİ	40/18
MODÜLÜN AMACI	Bireye / öğrenciye tekniğine uygun olarak yaprak analizleri yapmaya yönelik bilgi ve becerileri kazandırmaktır.
MODÜLÜN ÖĞRENİM KAZANIMLARI	<ol style="list-style-type: none">1. Yapraklarda tekniğine uygun olarak azot tayini yapabileceksiniz.2. Yapraklarda tekniğine uygun olarak fosfor tayini yapabileceksiniz.3. Yapraklarda tekniğine uygun olarak potasyum tayini yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	<p>Ortam: Laboratuvar, kütüphane, internet, bireysel öğrenme ortamları vb.</p> <p>Donanım: Çeker ocak, kjeldahl cihazı, kjeldahl tüpü, spektrofotometre, alev fotometresi, pH metre, hassas terazi, tartım kayıkçığı, spatül, erlen, mezür, pipet, büret, huni, balon joje, piset, puar, hesap makinesi, milimetrik kâğıt, katalizör tablet, konsantre sülfürik asit, %30'luk sodyum hidroksit çözeltisi, %4'lük borik asit çözeltisi, 0,1 N hidroklorik asit çözeltisi, tashiri indikatörü, 0,5 N sodyum bikarbonat çözeltisi, amonyum molibdat çözeltisi, kalay klorür çözeltisi, stok fosfor çözeltisi, 1 N amonyum asetat çözeltisi, stok potasyum çözeltisi</p>
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Tarımsal üretimde amaç, birim alandan daha fazla ve kaliteli ürün elde etmektir. Gübreleme, bu hedeflere ulaşılmasında en önemli uygulamalardandır. Toprak ve bitki analizleri, toprak özellikleri ve bitki beslenme düzeyinin belirlenmesi dengeli gübrelemenin ön şartıdır.

Toprak analizleri yanında yaprak ve meyve analizleri de yapılarak gübreleme programları hazırlanmaktadır. Bitki analizleri bitkinin mineral madde içeriği ve beslenme durumu hakkında bilgi verir. Toprağın verimlilik durumu ve uygulanan gübre programının uygun olup olmadığı tespit edilir. Bitki analizleri sap, gövde, dal, sürgün gibi bitkinin değişik kısımlarından yapılabilir. En uygun olanı yaprak analizleridir; çünkü yaprak, bitkinin besin maddesinin fazlalık ve noksanlıklarını en iyi gösteren organdır.

Bu modül, sizlere yaprak numunelerinde azot, fosfor ve potasyum analizleriyle ilgili bilgi ve becerilerin kazandırılmasında yardımcı olacaktır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

ÖĞRENME KAZANIMI

Gerekli ortam sağlandığında, yapraklarda tekniğine uygun olarak azot tayini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Azotun bitki beslenmesindeki rolünü araştırınız.
- Yapraklarda azot tayininde kullanılan yöntemleri araştırınız.

1. YAPRAKLARDA AZOT TAYİNİ

Bitkilerin büyüüp gelişebilmesi ve bol miktarda ürün verebilmesi için çeşitli besin maddelerine ihtiyaçları vardır. Bu besin maddelerinden bazılarının alınamaması durumunda ise gelişme problemleri yaşanır.

Toprakta herhangi bir besin maddesinin fazla miktarda bulunmasından çok, o besin maddesinden bitkinin ne oranda yararlandığı ya da yararlanıp yararlanamayacağı önemlidir. Bitkilerden bol ve kaliteli ürün alabilmek için eksiklik problemi yaşanan besin maddeleri yaprak analizleri ile tespit edilmeli, analiz raporu doğrultusunda ihtiyaç duyulan besin elementleri direkt bitkiye veya toprağa gübreleme ile verilmelidir.

	Makro Besin Elementleri	Mikro Besin Elementleri
Daha Çok Su ve Havadan Alınanlar	Karbon (C) Hidrojen (H) Oksijen (O)	-----
Toprakdan Alınanlar	Azot (N) Fosfor (P) Potasyum (K) Kalsiyum (Ca) Magnezyum (Mg) Kükürt (S)	Demir (Fe) Manganez (Mn) Bakır (Cu) Çinko (Zn) Molibden (Mo) Bor (B) Klor (Cl)

Tablo 1.1: Kaynaklarına göre esas bitki besin elementleri

Bitkiler, büyüüp gelişebilmek ve ürün verebilmek için bazı besin elementlerine mutlak surette ihtiyaç duyar. Bitki gelişimi için mutlaka gerekli olan bu elementlere esas bitki besin elementleri adı verilir. Bu elementler bulunmadığında bitkiler normal gelişimlerini sürdüremez. Karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, kükürt, demir, manganez, bakır, çinko, molibden, bor ve klor esas bitki besin elementleridir.

Esas bitki besin elementlerinden karbon ve oksijenin büyük bir kısmı, fotosentezle doğrudan havadan alınır. Hidrojen ise doğrudan veya dolaylı olarak sudan alınır. Diğer besin elementleri ise genel olarak topraktan alınır.

Taze bitki dokularının %94-99,5'i karbon, hidrojen ve oksijenden oluşmaktadır. Bunlar havadan ve sudan alınan besin elementleridir. Topraktan alınan bitki besin elementleri ise bitkinin yapısında ancak %0,5-6 oranlarında bulunmaktadır. Bununla beraber havadan ve sudan alınan besin elementlerinin yetersizliği pek gözlenmemekle beraber topraktan alınan besin elementlerinin yetersizliğinden dolayı ciddi problemler yaşanmaktadır.

Esas bitki besin elementlerinden karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve kükürt, bitkiler tarafından daha fazla kullanılır ve bunlar **makro besin elementleri** olarak adlandırılır. Makro besin elementleri daha fazla kullanıldığı için bunların eksikliği veya yokluğu hâlinde bitki gelişmesinde önemli problemler yaşanır. Özellikle azot, fosfor ve potasyum en fazla eksiklik problemi yaşanan elementlerdir. İhtiyaç doğrultusunda bitkilere gübreleme ile bunların verilmesi gerekir.

Azot, canlıların temel yapı taşlarından biridir. Amino asitler, proteinler ve nükleik asitler gibi organik bileşiklerin vazgeçilmez bileşenlerinden biridir. Azot, bitkilerin genç ve büyüyen kısımlarında (vegetatif) daha çok bulunur ve dal, sürgün, yaprak gelişmesini sağlar.

Bitkilerde azot eksikliği, özellikle bitkinin vegetatif gelişimini olumsuz etkiler. Yaprak, gövde ve kök sistemi zayıf olur. Vegetatif gelişme periyodu kısalmıştır. Bitkiler erken olgunlaşır, erken çiçek açar ve erken yaşlanır. Azot yetersizliğinde, bitkiler genellikle koyu yeşil görünümünün aksine soluk, açık yeşil bir görünüm kazanır. Azot eksikliğinin fazla olması durumlarında ise yapraklarda kloroz (sarılık, sarıcalık) görülür.



Resim 1.1: Azot elementi eksikliğinde narenciye yaprağının görünümü

Bitkilerde azot fazlalığı, vegetatif gelişme periyodunu uzatır. Generatif gelişmeyi yani çiçeklenme ve meyve tutumunu geciktirir. Vegetatif aksam miktarı fazla, iri, geniş ve uzun olur. Meyvelerde geç olgunlaşma meydana gelir. Bitkilerde azot fazlalığı, dokuların gevşemesine ve su oranının artmasına neden olacağından sürgünlerin kısa, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı azalır. Ürünler bazı depo hastalıklarına karşı daha hassas olur, bu nedenle de depolanma kabiliyetleri düşer.

Azot bitkilerde çoğunlukla organik formda ve az miktarda da inorganik formda (nitrat hâlinde) bulunur. Azot kapsamı; bitkinin türü, yaşı ve alınan bitki aksamı vs. gibi faktörlere bağlı olarak farklılıklar gösterir. Genel olarak bitkilerde toplam azot miktarı 1000-60000 ppm (%0,2 ile %6) arasında değişmektedir.

Toplam azot tayininde genellikle **Kjeldahl** ve **Dumas** metotları kullanılır. Ancak Dumas metodu temelde, bir kuru yakma metodudur; pratik olmayan, zaman alıcı ve karmaşık bir metottur. Toplam azot tayininde daha pratik, basit ve çabuk sonuç veren ve temelde bir yaş yakma metodu olan Kjeldahl metodu yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kjeldahl metodunda numunelerdeki azot, sülfürik asit ile yakılarak amonyuma (NH_4) çevrilmekte ve güçlü alkali tepkimeli bir ortamda yapılan damıtma sonunda ortaya çıkan amonyak (NH_3) miktarından azot tayin edilmektedir.

1.1. Kullanılan Araç Gereçler

Yaprakta Kjeldahl metoduyla azot tayininde aşağıdaki araç gereçler kullanılmaktadır;

- Çeker ocak
- Kjeldahl cihazı
- Tartım kayıkçığı
- Kjeldahl tüpü
- Hassas terazi
- Spatül
- Mezür
- Erlen
- Büret

Kjeldahl cihazı: Numunede azotlu maddelerin miktarını tespit etmek için kullanılır. Yaş yakma, damıtma ve titrasyon üniteleri olmak üzere üç kısımdan oluşur.

Yaş yakma ünitesi; bir ısıtıcı üzerine yerleştirilmiş kjeldahl tüpleri konulabilir hazneden oluşur. Yakma esnasında açığa çıkan asit buharlarının yoğunlaştırılıp dışarı atılacağı asit tahliyesi sistemine sahiptir. Her ne kadar asit tahliye sistemine sahip olsa da bir miktar asit buharı ortama yayılır. Bunları dışarı atabilmek için yakma ünitesi mutlaka çeker ocak içine konulmalıdır. Hatta yakma ünitesinin ayrı bir odada bulunmasında fayda vardır.

Damıtma ünitesi, yaş yakma sonunda sülfürik asitle amonyum sülfat durumuna geçmiş olan bütün nitrojen bileşiklerindeki azotu, amonyum formuna geçirip toplamaya yarar. Isıtma, soğutma ve toplama kısımlarından oluşur. Titrasyon ünitesi ise bir büret yardımı ile titrasyonun yapıp renk değişimine bağlı olarak azotlu maddelerin miktarını tespit etmeye yarar. Tam otomatik damıtma ünitelerinde damıtmayla beraber titrasyon işlemi de yapılmakta ve cihaz azot miktarını hesaplayıp direk sonucu verebilmektedir.



Resim 1.2: Kjeldahl cihazı yakma ünitesi ve damıtma ünitesi

1.2. Kullanılan Kimyasal ve Çözeltiler

Yaprakta kjeldahl metoduyla azot tayininde aşağıdaki kimyasal ve çözeltiler kullanılmaktadır;

- Katalizör tablet
- Konsantre sülfürik asit (H_2SO_4)
- %33'lük sodyum hidroksit çözeltisi: Litrelik bir erlene 330 g sodyum hidroksit ($NaOH$) tartılır. Üzerine yeterince saf su eklenip çalkalanarak çözünmesi sağlanır. Bu esnada aşırı ısınma olacağından dikkatli olunmalı gerekirse çeşme suyu altında soğutulmalıdır. Çözündürme işlemi tamamlandıktan sonra çözelti litrelik bir balon jøjeye aktarılıp hacim, saf su ile çizgisine tamamlanır.
- %4'lük borik asit çözeltisi: 40 g borik asit (H_3BO_3), 1 litrelik balon jøjede saf su ile çözündürülür ve saf su ile hacim çizgisine tamamlanır. Çözünme biraz zor olacağı için sıcak su banyosunda çözünene kadar bekletilir.
- **Tashiri indikatörü:** 0,5 g metilen kırmızısı 250 ml etil alkolde (%95'lik) çözündürülür ve 0,25 g metilen mavisi 250 ml etil alkolde (%95'lik) çözündürülür. Hazırlanan çözeltiler kullanılacağı zaman eşit hacimlerde alınarak karıştırılır ve kullanılır. Çözelti, karanlıkta kahverengi şişede saklanmalıdır.

- **0,1 N hidroklorik asit çözeltisi:** 1 litrelik balon jöjeye önce bir miktar saf su konur ve üzerine 8,28 ml HCl (%37'lik 1,19 d) eklenir, saf su ile hacim çizgisine tamamlanır.

1.3. Analizin Yapılışı

Kjeldahl yöntemiyle toplam azot tayini üç aşamada gerçekleştirilir. Bunlar; yaş yakma, damıtma ve titrasyon aşamalarıdır.

Bu yöntemde göre numune önce derişik sülfürik asit ile yaş yakmaya tabi tutulur ve azotlu bileşikler amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) hâlinde birleştirilir. Sonrasında numune sodyum hidroksit ile bazikleştirilerek bünyesindeki azot, amonyak (NH₃) hâlinde damıtılıp ayrılır. Ayrılan amonyak ayarlı bir asit çözeltisi içerisinde amonyum borat hâlinde tutulur. Elde edilen bu destilat titre edilip nötrleşmeyen fazla asit miktarı belirlenerek azot miktarı hesaplanır.

➤ **Yaş yakma**

Analiz öncesinde öğütülerek hazırlanmış yaprak numunesinden azot kapsamı dikkate alınarak 0,5-1 g numune tartılır ve kjeldahl tüpüne aktarılır. Kjeldahl tüpüne 2 adet katalizör tablet konulur. Üzerine pipet veya dispenser yardımıyla 15 ml konsantre sülfürik asit eklenir. Sülfürik asit eklenirken yakma tüpü hafif eğik tutulup yavaşça döndürülerek, tüpün iç yüzeyine yapışık kalan numune parçaları asit yardımıyla yıkanarak dip kısma toplanmalıdır. Bu suretle numunenin asit ile tamamen ıslanması sağlanır.

Yakma tüpü kjeldahl yakma düzeneğine yerleştirilir. Yakma esnasında açığa çıkan asit buharlarının yoğunlaştırılıp dışarı atılmasını sağlayan asit tahliyesi sistemi ve çeker ocak çalıştırılır.

Yakma tüpünde taşma olmaması için köpürme bitene kadar öncelikle 90-100 °C'de 15-20 dakika ön yakma yapılır. Reaksiyon bittikten sonra 420 °C'ye getirilerek 60 dakika yakma yapılır. Bu süreçte karışım önce siyaha sonra kahverengiye döner. Yanma süresinin sonuna doğru karbonlu parçalar yanarak karışım berraklaşır ve sarı ile parlak yeşil arası bir renk alır. Parlak yeşil-sarı (fıstıki yeşil) renk oluşması yanmanın tamamlandığı anlamına gelmez mutlaka süre tamamlanıncaya kadar beklenmelidir.

➤ **Damıtma**

Damıtmaya geçilmeden önce öncelikle sisteme buhar sağlayan balondaki su miktarı kontrol edilir, eksik ise tamamlanır. Daha sonra damıtma cihazı çalıştırılıp sisteme buhar sağlayan balondaki suyun kaynaması sağlanır. Sistemin soğutma suyu açılır. Boş bir yakma tüpüne saf su konulur ve damıtma ünitesine yerleştirilip damıtma yapılarak sistemin temizlenmesi sağlanır.

Yaş yakma işlemi tamamlanan tüpler yakma setinden alınır ve yaklaşık 40-50 °C'ye kadar soğuması beklenir. Birden fazla tüp varsa ilk tüpün damıtma ve titrasyon işlemleri bitinceye kadar diğer tüplerin çok soğuyup içeriğin kristalleşmemesine özen gösterilmelidir.

Yeterince soğuduktan sonra tüp hafif eğik tutularak üzerine yavaş yavaş ve çalkalayarak 75 ml saf su eklenir. Bu esnada tüp döndürülerek iç yüzeyin yıkanması sağlanır. Tekrar ısınan tüp, çeşme suyu altında soğutulur. Yaş yakma tüpü destilasyon cihazındaki yerine yerleştirilir. Üzerine cihaz yardımıyla yavaş yavaş 100 ml %33'lük NaOH ilave edilir.

250 ml'lik bir erlene 25 ml %4'lük borik asit çözeltisi konulur. Üzerine 2-3 damla tashiri indikatörü damlatılır. Erlen, hortumun ucu borik asit çözeltisinin içinde olacak şekilde yoğunlaştırıcının altına yerleştirilir ve destilasyon işlemine başlanır. Yaklaşık 150 ml destilat birikince destilasyon tamamlanır. Bu esnada damıtma sırasında açığa çıkan amonyak, borik asit ile birleşerek amonyum boratı oluşturur ve menekşe renk, yeşile döner.

Damıtma sonunda boş bir yakma tüpüne saf su konulup cihaza takılarak bir süre çalıştırılıp damıtma sistemi temizlenir.

➤ **Titrasyon**

Elde edilen destilat, 0,1 N hidroklorik asit çözeltisi ile ilk indikatör eklendiği andaki menekşe renk gözleneneye kadar titre edilir ve harcanan 0,1 N hidroklorik asit çözeltisi miktarı kaydedilir (V_N). Bu esnada borat iyonları, asit çözeltisi ile titrasyon sonucu tekrar borik aside dönüşür ve renk tekrar menekşe rengine döner.

Şahit deneme için yaş yakma, damıtma ve titrasyon işlemleri numune konulmadan aynı şartlarda yapılarak titrasyonda harcanan hidroklorik asit miktarı kaydedilir (V_S).

Şahit ve numunelerin titrasyon işlemleri tamamlandıktan sonra aşağıdaki formül yardımıyla numunenin azot miktarı hesaplanır.

$$\text{Toplam Azot (\%)} = \frac{(V_N - V_S) \times N \times 0.014}{m} \times 100$$

V_N : Numune için titrasyonda harcanan hidroklorik asit miktarı (ml)

V_S : Şahit deneme için harcanan hidroklorik asit miktarı (ml)

N : Titrasyonda kullanılan hidroklorik asidin normalitesi

m : Kullanılan numune miktarı (g)

➤ **Tam otomatik damıtma ünitelerinde damıtma ve titrasyon**

Tam otomatik damıtma ünitelerinde damıtmayla beraber titrasyon işlemi de yapılmakta ve cihaz % azot miktarını hesaplayıp direk sonucu verebilmektedir. Bu cihazlarda cihazın su bağlantısı yapıлып çözelti kaplarına metotta belirtilen çözeltiler konulduktan sonra cihaz çalıştırılır.



Resim 1.3: Tam otomatik damıtma ünitesi

Tüp, yerine yerleştirildikten sonra uygulanacak metot cihazın hafızasından seçilir veya boş bir metoda istenen veriler girilerek işlem başlatılır. Öncelikle cihaz otomatik kontrol işlemlerini yapar. Su bağlantısı, çözeltilerin bulunup bulunmadığı, indikatörlü borik asit çözeltisinin rengi cihaz tarafından kontrol edilir ve bir problem tespit edilmezse damıtma işlemine geçer. Çok kısa süre içerisinde (yaklaşık 3 dakika) damıtma işlemi tamamlayıp titrasyonu yaparak % azot miktarını verir.

Bu cihazlarda mutlaka her analizden sonra boş bir tüp konularak yıkama işlemi yapılarak cihaz temizlenmelidir. Cihazın sürekli kullanılmadığı durumlarda da en az ayda bir defa boş bir tüp konularak yıkama işlemi yaptırılmalıdır.

Örnek: Kjeldahl metodu ile yapılan toplam azot tayininde 1 g yaprak örneği alınarak yaş yakma ve destilasyon yapılmıştır. Yapılan titrasyonda numune için 15,5 ml, şahit için 0,5 ml 0,1 N hidroklorik asit harcandığına göre toplam azot miktarını hesaplayınız.

Çözüm:

$$V_N: 15,5 \text{ ml} \quad V_S: 0,5 \text{ ml} \quad m: 1 \text{ g} \quad N: 0,1$$

$$\text{Toplam Azot (\%)} = \frac{(V_N - V_S) \times N \times 0,014}{m} \times 100$$


$$\text{Toplam Azot (\%)} = \frac{(15,5 - 0,5) \times 0,1 \times 0,014}{1} \times 100$$




$$\text{Toplam Azot (\%)} = 2,1$$



UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarını ve önerileri dikkate alarak yaprakta azot tayini yapınız.

Uygulamada kullanılan araç gereç ve kimyasallar: Çeker ocak, kjeldahl cihazı, kjeldahl tüpü, hassas terazi, tartım kayıkçığı, spatül, erlen, mezür, pipet, büret, katalizör tablet, konsantre sülfürik asit, %30'luk sodyum hidroksit çözeltisi, %4'lük borik asit çözeltisi, 0,1 N hidroklorik asit çözeltisi, tashiri indikatörü

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Analiz öncesi hazırlıklarını yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyiniz.➤ Çalışma ortamınızı ve kullanacağınız araç gereçleri hazırlayınız.➤ Laboratuvar güvenlik kurallarına uyunuz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Yaprak numunesini analize hazırlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Yaprak numunesini analize hazırlama kurallarına uyunuz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Numuneden 0,5–1 g tartarak kjeldahl tüpüne aktarınız.➤ Numunenin üzerine önce 2 adet katalizör tablet atınız. 	<ul style="list-style-type: none">➤ Azot kapsamını dikkate alarak yaprak numune miktarını ayarlayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Üzerine 15 ml konsantre sülfürik asit ekleyiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Sülfürik asidi dispenser, pipet veya büret kullanarak aktarınız.➤ Sülfürik asidi yavaş ve dikkatli ilave ediniz.➤ Sülfürik asit eklerken yakma tüpünü hafif eğik tutup yavaş yavaş döndürerek tüpün iç yüzeyine yapışık kalan numune parçalarını asit yardımıyla yıkayarak dip kısma toplanmasını sağlayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Kjeldahl tüpünü hafifçe çalkalayarak numunenin asitle ıslanmasını sağlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Asitle çalışırken dikkatli olunuz.

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kjeldahl tüpünü yaş yakma ünitesine yerleştiriniz. ➤ Köpürme bitene kadar öncelikle düşük sıcaklıkta (90-100 °C’de) 15–20 dakika yakma uygulayınız. ➤ Köpürme bittikten sonra sıcaklığı artırarak 420 °C’de 60 dakika yakma yapınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Yakma esnasında açığa çıkan asit buharlarının yoğunlaştırılıp dışarı atılması için asit tahliyesi sistemi ve çeker ocak çalıştırmayı unutmayınız. ➤ Sıcaklığı kademeli olarak artırınız. ➤ Yanmanın tamamlanması için mutlaka süre tamamlanıncaya kadar bekleyiniz. 
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Yaş yakma işlemi tamamlandıktan sonra tüpleri, yakma setinden alıp yaklaşık 40-50 °C’ye kadar soğuması için bekletiniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aşırı soğumanın kristalleşmeye sebep olacağını unutmayınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Yeterince soğuduktan sonra tüpü hafif eğik tutup üzerine yavaş yavaş ve çalkalayarak 75ml kadar saf su ekleyiniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Saf suyu eklerken bir taraftan da tüpü döndürerek iç yüzeyinin yıkanmasını sağlayınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kjeldahl tüpünü destilasyon cihazına yerleştiriniz. ➤ Numunenin üzerine cihaz yardımıyla 100 ml %33'lük NaOH ekleyiniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cihazı çalıştırmadan önce sisteme buhar sağlayan balondaki su miktarını kontrol edip eksikse tamamlamayı unutmayınız ➤ Sistemin soğutma suyunu açmayı unutmayınız. ➤ Numunenin damıtılmasından önce boş bir yakma tüpüne saf su koyup cihaza yerleştirerek bir süre çalıştırıp sistemi temizlemeyi unutmayınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Boş bir erlene, 25ml %4'lük borik asit çözeltisi ile 2-3 damla indikatör ekleyiniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 250 ml'lik erlen kullanınız.

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Erleni geri soğutucunun altına yerleştiriniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Geri soğutucunun ucunun borik asit çözeltisinin içine girecek şekilde olmasına dikkat ediniz.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Damıtma düzeneğini çalıştırıp destilasyonu başlatınız. ➤ 150 ml destilat toplandığında işlemi sonlandırınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Damıtma işlemi sırasında menekşe rengin mavi-yeşil renge dönüştüğünü gözlemleyiniz.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Destilatı, 0,1 N hidroklorik asit çözeltisi ile titre ediniz. ➤ İlk indikatör eklendiği andaki menekşe renk oluşunca titrasyonu sonlandırınız. ➤ Harcanan hidroklorik asit miktarını kaydediniz (V_N). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Titrasyon kurallarına uyunuz.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aynı işlemleri numune koymadan aynı şartlarda tekrarlayarak kör deneme yapınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kör deneme için titrasyonda harcanan hidroklorik asit miktarını kaydediniz (V_S).
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Titrasyonda harcanan miktarları kullanarak formülden sonucu hesaplayınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hesaplamaları dikkatli yapınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi kjeldahl yönteminde gerçekleştirilen toplam azot tayini aşamalarından biri değildir?
 - A) Yaş yakma
 - B) Damıtma
 - C) Çöktürme
 - D) Titrasyon
2. Yaprakta azot tayininde yaş yakma esnasında köpürme olmaması için aşağıdakilerden hangisi yapılmalıdır?
 - A) Katalizör tablet kullanılmalı.
 - B) Cihaza konulmadan önce tüp iyice çalkalanmalı.
 - C) Asit tahliye sistemi takılmalı.
 - D) Ön yakma yapılmalı.
3. Yaprakta azot tayininde yaş yakma işleminde ön yakma ve esas yakma sıcaklıkları aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?
 - A) 40-50 °C, 300 °C
 - B) 40-50 °C, 420 °C
 - C) 90-100 °C, 300 °C
 - D) 90-100 °C, 420 °C
4. Yaprakta azot tayininde damıtmada işleminde açığa çıkan amonyak hangi çözelti içerisinde biriktirilir?
 - A) Sodyum hidroksit çözeltisi
 - B) Borik asit çözeltisi
 - C) Hidroklorik asit çözeltisi
 - D) Sülfürik asit çözeltisi
5. Yaprakta azot tayininde kullanılan indikatör hangisidir?
 - A) Tashiri indikatörü
 - B) Fenolftalein
 - C) Potasyum kromat
 - D) Metil oranj

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

6. Yaprakta azot tayininde damıtma işleminde erlende biriken destilat renk alır.
7. Yaprakta azot tayininde destilat, renk oluşana kadar titre edilir.
8. Kjeldahl damıtma ünitesi mutlaka içinde çalıştırılmalıdır.

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

9. () Yaş yakma işleminde sülfürik asit ilave edildikten sonra tüp hafifçe çalkalanarak numunenin tamamının asitle ıslanması sağlanır.

10. () Yaş yakma işleminde karışım önce siyah sonra kahverengiye döner sonunda ise sarı ile parlak yeşil arası bir renk alır.

11. () Yaş yakma işleminde parlak yeşil-sarı arası renk oluştuğu anda işlem sonlandırılır.

12. () Yaş yakma işleminden sonra tüplerin soğutulmaması kristalleşmeye sebep olur.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

ÖĞRENME KAZANIMI

Gerekli ortam sağlandığında tekniğine uygun olarak yapraklarda fosfor tayini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Fosforun bitki beslenmesi bakımından önemini araştırınız.
- Yapraklarda fosfor tayin yöntemlerini araştırınız.

2. YAPRAKLARDA FOSFOR TAYİNİ

Fosfor, bitkide genlerin ve kromozomların yapı taşıdır. Enerji depolanması ve taşınması, besinlerin taşınması gibi fizyolojik işlevlere sahiptir. Fosfor, çiçeklenmeyi ve meyve tutumunu artırır, saçak kök oluşumunu sağlar, tohumların çimlenmesinde etkilidir, olgunlaşmayı hızlandırır.

Fosfor eksikliğinde, bitki türüne ve eksiklik oranına bağlı olarak farklı belirtiler görülse de genel olarak kök sistemi gelişemez, bitkiler normal büyüyemez, meyve döker, ürün az ve kalitesiz olur, olgunlaşma gecikir. Öte yandan çoğu kez meyvelerde şekil bozukluğu, koyu kırmızı renk ve çatlaklık görülür. Fosfor fazlalığı demir, bakır ve çinko alımını engellemek suretiyle dolaylı olarak bitkiye zarar verir.



Resim 2.1: Fosfor elementi eksikliğinde tütün yaprağının görünümü

Bitkilerde toplam fosfor miktarı %0,05 ile %0,5 (500-5000 ppm) arasında değişmektedir. Fosfor, bitkinin tohum ve meyvelerinde yaprak ve diğer kısımlarına oranla daha fazla bulunur. Bitkideki fosforun tamamına yakını fosfor pentaoksit (P₂O₅) formunda bulunur. Bitkiler, toprak suyunda erimiş olarak bulunan inorganik fosfatlardan yararlanır. Bitkilerin organik fosfordan yararlanması için organik maddenin parçalanıp bitkilerin alabileceği forma dönüşmesi gerekir.

Yapraklarda fosfor tayininde birçok metot geliştirilmiş, gravimetrik ve volümetrik metotlar uzun zaman kullanılmıştır. Günümüzde zor olan ve uzun zaman alan bu metotlar yerine daha hassas olan ve kısa sürede sonuç veren fotometrik yöntem (spektrofotometre) kullanılmaktadır. Bu metotların hepsinde izlenen yol, öncelikle fosforun ekstrakte edilmesi, daha sonra ekstrakttaki fosfor miktarının belirlenmesidir.

Günümüzde fotometrik fosfor tayininde molibdofosforik mavi renk yöntemi veya vanadomolibdofosforik sarı renk metodu kullanılır.

Daha duyarlı olması nedeniyle genellikle molibdofosforik mavi renk yöntemi kullanılır. Bu yöntemin prensibini, fosforun ekstrakte edilerek hazırlanan numune çözeltisinin absorbanasının spektrofotometrede okunması ve okunan değer aynı şartlarda hazırlanmış standart çözeltilerin okuma değerleriyle kıyaslanması oluşturur.

2.1. Kullanılan Araç Gereçler

Yaprakta fosfor tayininde aşağıdaki araç gereçler kullanılmaktadır;

- Spektrofotometre
- Hassas terazi
- Erlen
- Huni
- Balon joje
- Pipet
- Piset
- Puar
- pH metre
- Milimetrik kâğıt
- Hesap makinesi

Spektrofotometreler, çözelti içerisindeki madde miktarını çözeltinin tuttuğu veya geçirdiği ışık miktarını ölçerek tespit etmeye yarayan cihazlardır.

Spektrofotometrelerin temel çalışma prensibi, hazırlanan çözeltilerden belirli dalga boyunda ışık geçirilmesi ve bu ışığın ne kadarının çözelti tarafından tutulduğunun bulunması esasına dayanır. Çözeltinin içerisindeki madde miktarı ne kadar fazla ise çözelti tarafından tutulan ışın miktarı da o oranda fazla olur.

Spektrofotometrede ölçüm yapılırken numuneye belirli bir dalga boyundaki ışın gönderilerek numunenin absorbe ettiği ışın miktarı ölçülür. Yapılan analize göre ölçümde hangi dalga boyundaki ışının kullanılacağı analiz metodunda belirtilmektedir. Kullanılacak ışın dalga boyu bilinmiyorsa miktarı tespit edilecek maddenin 1 molar çözeltisi hazırlanıp çeşitli dalga boylarındaki absorbans değerleri ölçülür. En yüksek değer ölçüldüğü dalga boyu belirlenerek kullanılır. Spektrofotometre bu dalga boyuna ayarlanarak çözeltilerin ölçümüne geçilir.

Spektrofotometrik ölçüm yapılırken şu aşamalar takip edilir:

- Ölçümden yeterli süre önce cihaz çalıştırılarak ısınması sağlanır.
- Cihaz ölçümün yapılacağı dalga boyuna ayarlanır.
- Küvete kör çözelti konularak cihaza yerleştirilir.
- Kör çözelti ile cihazın 0 ve 100 ayarı yapılır.
- Küvete standart çözeltilerden konularak cihaza yerleştirilip okumaları yapılır.
- Küvete numune çözeltisi konularak cihaza yerleştirilip okuması yapılır.

Okumalar tamamlandıktan sonra kalibrasyon grafiği çizilip bu grafik yardımıyla numunenin absorbans değerinden konsantrasyonu tespit edilir.

Gelişmiş spektrofotometreler, bilgisayar sistemleri ile donatıldıkları için absorbans değeri ile kantitatif hesaplamalar yapabilmektedir. Yani standartların ölçümünden sonra cihaz, kalibrasyon eğrisini kendisi hazırlayıp numunenin absorbansına göre hesaplama yaparak direkt olarak konsantrasyonu verebilmektedir.



Resim 2.2: Spektrofotometre

2.2. Kullanılan Kimyasal ve Çözeltiler

Yaprakta fosfor tayininde aşağıdaki kimyasal ve çözeltiler kullanılmaktadır;

- **0,5 N sodyum bikarbonat çözeltisi (pH 8,5):** Kimyaca saf 42 g sodyum bikarbonat (NaHCO_3) litrelik balon jöjeye konur ve yeteri miktarda saf suda eritilir. Balon yaklaşık 950 ml'ye kadar saf su ile doldurulup sodyum hidroksit (NaOH) kullanılarak pH'ı 8,5'e ayarlanır ve son hacim bir litreye tamamlanır. Bu çözelti, cam şişelerde bir ay, buzdolabında polietilen şişelerde uzun süre saklanabilir. Belirli dönemlerde pH kontrolü yapılmalıdır.

- **Amonyum molibdat çözeltisi:** 15 g amonyum molibdat 1 litrelik balon jojeye konur. Üzerine 300 ml sıcak (60 °C civarında) saf su ilave edilerek eritilir. Üzerine 346 ml analitik saflıktaki derişik HCl yavaş yavaş ve dikkatlice ilave edildikten sonra iyice çalkalanır ve saf suyla bir litreye tamamlanır. Hazırlanan bu çözelti koyu renkli şişede saklanır.
- **Stok kalay klorür çözeltisi:** 10 g kalay klorür 25 ml derişik hidroklorik asit (%37'lik HCl, $d=1,19 \text{ g/cm}^3$) içinde eritilir ve kahverengi bir şişede buzdolabında muhafaza edilir. Bu çözelti en geç iki ayda bir yenilenmelidir.
- **Sulandırılmış kalay klorür çözeltisi:** 533 ml saf su üzerine stok kalay klorür çözeltisinden 1 ml ilave edilmek suretiyle seyreltilir, iyice çalkalanır ve kullanılmadan önce 10-15 dakika dinlendirilir. Bu çözelti 4 saat kullanılabilir, her analizden önce yeniden hazırlanır.
- **Stok fosfor çözeltisi (100 ppm'lik):** Kimyaca saf potasyum dihidrojen fosfat 40 °C'de kurutulduktan sonra 0,4387 g tartılır, 1 litrelik balona konur ve yaklaşık 500 ml saf su ilave edilerek eritildikten sonra balonun hacmi saf su ile litreye tamamlanır. Bu çözelti 100 mg/l (ppm) fosfor kapsar.
- **Sulandırılmış fosfor çözeltisi (çalışma çözeltisi):** 100 mg/l (ppm) fosfor içeren stok fosfor çözeltisinden 25 ml alınıp 1000 ml'lik balona konulup saf su ile çizgisine tamamlanır. Bu çözelti 2,5 mg/l (ppm) fosfor kapsar. Hazırlanacak olan standart serilerde bu çözelti kullanılır.
- **2,4-dinitrofenol indikatörü:** 2,5 g 2,4-dinitrofenol 250 ml'lik beher içerisinde sıcak saf su ile eritilir. Bu çözelti 1000 ml ölçü balonuna aktarılır ve saf su ile derecesine tamamlanır.
- **2 N sülfürik asit çözeltisi (H₂SO₄):** 1000 ml balona yarısına kadar saf su eklenir, üzerine yavaş yavaş 54,4 ml H₂SO₄ ilave edilir, çalkalanır ve son hacim çizgisine tamamlanır.

2.3. Analizin Yapılışı

➤ Analiz çözeltisinin hazırlanışı

Analiz öncesinde, öğütülerek hazırlanmış yaprak numunesinden fosfor kapsamı dikkate alınarak 0,5-1 g kadar tartılıp yaş yakma metotlarından biri ile yakılarak 100 ml'lik numune çözeltisi hazırlanır. Elde edilen numune çözeltisinden 10 ml alınarak 100 ml'lik balon jojeye aktarılır ve son hacim saf su ile çizgisine tamamlanarak altüst edilip sulandırılmış numune çözeltisi elde edilir. pH değeri 3'ten çok farklı ise 3'e ayarlanır.

Sulandırılmış numune çözeltisinden 5 ml alınarak 50 ml'lik balon jojeye aktarılır. Üzerine 2 ml 0,5 N sodyum bikarbonat çözeltisi eklenip çalkalanır. Daha sonra 25 ml saf su ve 2 ml amonyum molibdat ilave edilip köpürme bitene kadar kuvvetlice çalkalanır. Son olarak balon jojeye 5 ml sulandırılmış kalay klorür çözeltisi ilave edilir. Son hacim saf su ile çizgisine tamamlanıp altüst edilir. 8 dakika bekletildikten sonra ölçüm yapılır.

➤ **Standart çözelti serilerinin hazırlanışı**

Numunenin yakıldığı metotta kullanılan çözeltiler ile blank (kör) hazırlanır ve saf su ile 100 ml'ye tamamlanır. Bu çözeltiden 10 ml alınarak saf su ile 100 ml'ye tamamlanır. pH değeri 3'e ayarlanır. Bu sulu çözeltiden 5 ml alınarak 50 ml'lik balon jojelere konulur.

Standart seri balonlarına 2,5 ppm fosfor (P) içeren sulandırılmış fosfor çözeltilerinden sırası ile 0,0-0,5-1-2-3-4-6 ve 8 ml konulur. Standart serilerin üzerlerine 2 ml 0,5 N sodyum bikarbonat çözeltisi eklenip çalkalanır. Standart serilerin üzerlerine 25 ml saf su ve daha sonra 2 ml amonyum molibdat ilave edilip köpürme bitene kadar kuvvetlice çalkalanır. Son olarak üzerlerine 5 ml sulandırılmış kalay klorür çözeltisi ilave edilir. Son hacimleri saf su ile çizgisine tamamlanan bu çözeltiler sıra ile 0,0-0,025-0,05-0,10-0,15-0,20-0,30 ve 0,40 ppm fosfor (P) kapsayan standart serileri meydana getirir. Son hacimleri saf su ile çizgisine tamamlanıp altüst edilir. 8 dakika bekletildikten sonra ölçüm yapılır.

➤ **Ölçümün yapılışı**

15-20 dakika önceden çalıştırılarak ısınması sağlanan spektrofotometre 660 nm dalga boyuna ayarlanır. 0,0 ppm'lik çözelti ile spektrofotometrenin sıfır ve yüz ayarı yapılır. Standart fosfor çözeltisi serilerinin ve numune çözeltilerinin okuması yapılır ve ölçüm değerleri kaydedilir.

➤ **Konsantrasyonu belirleme**

Milimetrik kâğıda ordinat düzlemi oluşturulup yatay eksene (x) standart çözeltilerin fosfor konsantrasyonları, dikey eksene (y) ölçüm değerleri işaretlenerek kalibrasyon eğrisi hazırlanır. Bu eğriden numune çözeltilerinin ölçüm değerine karşılık gelen fosfor konsantrasyonu bulunur. Formül kullanılarak 1 gram yaprak numunesinin toplam fosfor miktarı ppm olarak hesaplanır.

$$\text{Toplam fosfor (ppm)} = A \times SF$$

A: Analiz çözeltilerinin fosfor miktarı (ppm)

SF: Seyreltme faktörü

$$SF = \frac{\text{Ekstraksiyon çözeltisi hacmi (ml)}}{\text{Numune miktarı (g)}} \times \frac{\text{Numune çözeltilerinin son hacmi (ml)}}{\text{Kullanılan numune çözeltisi hacmi (ml)}}$$

➤ **Analiz yapılırken dikkat edilecek hususlar**

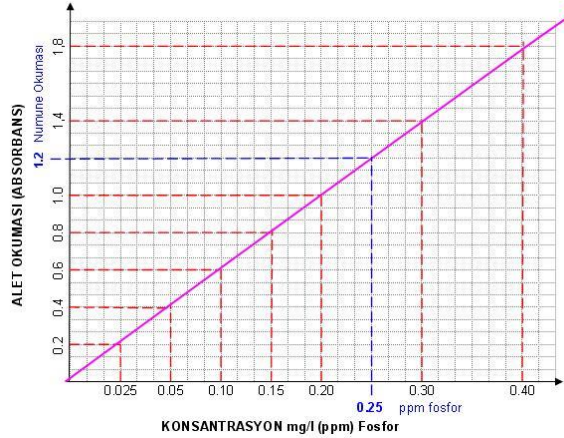
Standart fosfor çözeltisi serilerinin ve numune çözeltilerinin hazırlanması ve okunması aynı anda yapılmalıdır. Hazırlanacak standart çözeltilerinin konsantrasyonları, numunenin tahmini konsantrasyonunu kapsayacak aralıkta olmalıdır.

pH değeri 3'ten çok farklı ise 2 damla 2,4-dinitrofenol indikatörü ilave edilir. Renk sarı olursa pH değerinin 3'ün üzerinde olduğu anlaşılır. Bu durumda sarı renk kayboluncaya kadar 2 N sülfürik asitten damla damla ilave edilir. İndikatör ilave edildiğinde renk değişmemişse pH değerinin 3'ün altında olduğu anlaşılır. Bu durumda sarı renk elde edilinceye kadar damla damla 4 N sodyum karbonat (Na₂CO₃) ilave edilir. Bu durumda tekrar sarı renk kayboluncaya kadar damla damla 2 N sülfürik asit (H₂SO₄) ilave edilir. Sonuç olarak renksiz bir sıvı elde edilmelidir.

Örnek: 0,5 g numune yakılarak 100 ml'lik numune çözeltisi hazırlanmış bundan 10 ml alınarak 100 ml'lik seyreltilmiş numune çözeltisi hazırlanmıştır. Seyreltilmiş numune çözeltisinden de 5 ml alınarak 50 ml'lik analiz çözeltisi hazırlanmış ve absorbens değeri 1,2 olarak ölçülmüştür. Hazırlanan standart çözelti serisinin absorbens değerleri ise aşağıdaki tabloda olduğu gibi ölçülmüştür. Bu numunenin fosfor miktarını hesaplayınız.

<u>Konsantrasyonlar ppm (mg/l)</u>	<u>Absorbans Değerleri</u>
0,0	0,0
0,025	0,2
0,05	0,4
0,10	0,6
0,15	0,8
0,20	1,0
0,30	1,4
0,40	1,8

Çözüm: Öncelikle kalibrasyon grafiği oluşturulup analiz çözeltisinin konsantrasyonu belirlenir.



Daha sonra formül yardımıyla fosfor miktarı hesaplanır.

$$\text{Toplam fosfor (ppm)} = A \times SF$$

$$A = 0,25 \text{ ppm}, m = 0,5 \text{ gram}, SF = ((100/0,5) \times (100/10) \times (50/5)) = 20000$$


$$\text{Toplam fosfor (ppm)} = A \times SF$$



$$\text{Toplam fosfor (ppm)} = 0,25 \times 20000 = 5000 \text{ ppm}$$

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarını ve önerileri dikkate alarak yapraklarda fosfor tayini yapınız.

Uygulamada kullanılan araç gereçler: Hassas terazi, erlen, huni, spektrofotometre, balon joje, pipet, piset, puar, pH metre, milimetrik kâğıt, hesap makinesi, 0,5 N sodyum bikarbonat çözeltisi, amonyum molibdat çözeltisi, sulandırılmış kalay klorür çözeltisi, stok fosfor çözeltisi

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Analiz öncesi hazırlıklarını yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyiniz.➤ Çalışma ortamınızı ve kullanacağınız araç gereçleri hazırlayınız.➤ Laboratuvar güvenlik kurallarına uyunuz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Analize hazırlanmış yaprak numunesinden 0,5-1 gram tartıp yakarak numune çözeltisi hazırlayınız.➤ Numune çözeltisinden 10 ml alarak 100 ml'lik balon jojeye aktarıp hacmi saf su ile tamamlayarak sulandırılmış numune çözeltisi hazırlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Numuneyi nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş yakma yöntemiyle yakınız.➤ Hacmi tamamlayınca balon jojeyi altüst etmeyi unutmayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Sulandırılmış numune çözeltisinden 5 ml alarak 50 ml'lik balon jojeye aktarınız.➤ Üzerine 2 ml 0,5 N sodyum bikarbonat çözeltisi ekleyip balon jojeyi çalkalayınız.➤ Üzerine 25 ml saf su, 2 ml amonyum molibdat ilave ediniz ve çalkalayınız.➤ Üzerine 5 ml sulu kalay klorür ilave edip saf su ile hacmi tamamlayınız.➤ Balon jojeyi altüst edip renk oluşumu için 8 dakika bekletiniz. 	<ul style="list-style-type: none">➤ Çözeltiye amonyum molibdat ilave ettikten sonra köpürme bitene kadar kuvvetlice çalkalayınız.➤ Bekletme süresine mutlaka uyunuz.

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Numunenin yakıldığı metotla kör çözelti hazırlayınız. Kör çözeltiden 10 ml alarak saf su ile 100 ml'ye tamamlayınız. ➤ 8 adet 50 ml'lik balon joje hazırlayınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kör çözeltinin hacmini tamamlamayı unutmayınız. ➤ Balon jodelerin üzerini yazmayı unutmayınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kör çözeltiden 5'er ml alarak 50 ml'lik balon jodelere aktarınız. ➤ Balon jodelerin her birine 2,5 ppm'lik sulandırılmış fosfor çözeltisinden sırası ile 0,0-0,5-1-2-3-4-6-8 ml koyunuz. ➤ Üzerlerine 2 ml 0,5 N sodyum bikarbonat çözeltisi ekleyip çalkalayınız. ➤ Üzerlerine 25 ml saf su ve daha sonra 2 ml amonyum molibdat ilave edip köpürme bitene kadar kuvvetlice çalkalayınız. ➤ Üzerlerine 5 ml sulandırılmış kalay klorür çözeltisi ilave edip balon jodeleri saf su ile çizgisine tamamlayınız. ➤ Balon jodeleri altüst edip renk oluşumu için 8 dakika bekletiniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hazırladığınız serinin, numune çözeltisinin tahmini konsantrasyonunu kapsayacak aralıkta olmasına dikkat ediniz. ➤ Çözelti serisinin fosfor (P) içeriğinin sıra ile 0,0-0,025-0,05-0,10-0,15-0,20-0,30 ve 0,40 ppm olduğunu hesaplayarak kontrol etmeyi unutmayınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Spektrofotometrede 660 nm dalga boyunda ölçüm yapınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Spektrofotometreyi 15-20 dakika önceden çalıştırınız ve ısındıktan sonra okuma yapınız. ➤ 0,0 ppm'lik çözelti ile 0 ve 100 ayarlarını yapınız. ➤ Standart fosfor çözeltisi serilerinin ve numune çözeltisinin okumasını yapıp ölçüm değerlerini kaydediniz.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kalibrasyon eğrisini çiziniz. ➤ Kalibrasyon eğrisini kullanarak numune çözeltisinin konsantrasyonunu belirleyiniz. ➤ Formülü kullanarak toplam fosfor miktarını hesaplayınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kalibrasyon eğrisi oluşturma kurallarına uyunuz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Yapraklarda fosfor tayininde genelde kullanılan yöntem aşağıdakilerden hangisidir?
A) Gravimetrik Yöntem
B) Fotometrik Yöntem
C) Volümetrik Yöntem
D) Potansiyometrik Yöntem
2. Aşağıdakilerden hangisi yaprakta molibdofosforik mavi renk yöntemi ile fosfor tayininde kullanılan çözeltilerden değildir?
A) 0,5 N sodyum bikarbonat çözeltisi
B) Stok fosfor çözeltisi
C) Vanadyum molibdat çözeltisi
D) Amonyum molibdat çözeltisi

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

3. () Yaprakta fosfor tayininde, spektrofotometrenin 0 ve 100 ayarı konsantrasyonu en yüksek standart fosfor çözeltisi ile yapılır.
4. () Yaprakta fosfor tayininde, analiz çözeltisi hazırlanırken sulandırılmış kalay klorür çözeltisi eklendikten sonra köpürme bitene kadar kuvvetlice çalkalanmalıdır.

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

5. Yaprakta fosfor tayininde, sulandırılmış numune çözeltisinden ml alınarak analiz çözeltisi hazırlanır.
6. Yaprakta fosfor tayininde, analiz çözeltisi hazırlanırken son olarak 5 ml sulandırılmış çözeltisi eklenip saf su ile çizgisine tamamlanır.
7. Yaprakta fosfor tayininde, hazırlanan analiz çözeltisi dakika bekletildikten sonra ölçüm yapılır.
8. Yaprakta fosfor tayininde, spektrofotometrenin dalga boyu nm'ye ayarlanır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

ÖĞRENME KAZANIMI

Gerekli ortam sağlandığında tekniğine uygun olarak yaprakta potasyum tayini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Potasyumun bitki beslenmesi açısından önemini araştırınız.
- Yaprak laboratuvarına giderek yapraklarda potasyum tayin yöntemleri hakkında bilgi ediniz.

3. YAPRAKLARDA POTASYUM TAYİNİ

Potasyum, bitki büyümesi ve çoğalması için önemli bir besin maddesidir. Potasyum, bitkilerde su dengesini ve fotosentez ürünlerinin üretimini ve taşınmasını sağlar. Bazı enzim sistemlerini etkinleştirir. Özellikle meyveler açısından potasyum çok önemlidir. Potasyum daha çok bitkinin genç yapraklarında, kök uçları ve tomurcuk gibi genç ve çabuk büyüyen kısımlarında bulunur. Potasyum, bitki içinde sürekli hareket eder ve yaşlı kısımlarda fazla bulunduğu zaman genç kısımlara taşınır.

Bitkilerde toplam potasyum miktarı %0,1 ile %1 (1000–10000 ppm) arasında değişmektedir. Potasyum, meyvenin dayanıklılığına, yağ, nişasta ve şeker oranlarının artmasına olumlu etki yapar. Renk, tat ve koku gibi özellikleri düzenler. Şeker oranı yüksek, tam renklenmiş, albenisi fazla, kaliteli meyveler elde edilmesini sağlar. Ürünün miktar ve kalitesine etki eder. Toprakta fazla miktarda fosfor bulunmasından kaynaklanan erken olgunlaşmayı önler. Meyvenin normal zamanda olgunlaşmasını sağlar. Potasyum fazlalığı ise magnezyum ve kalsiyum noksanlığına sebep olabilir.



Resim 3.1: Potasyum elementi eksikliğinde elma yaprağının görünümü

Yaprakta potasyum tayini; alev fotometresi, atomik absorpsiyon spektrofotometresi gibi fotometrik yöntemlerle yapılmaktadır. Bu modülde alev fotometresi ile potasyum tayini anlatılacaktır. Alev fotometresiyle potasyum tayini, yaprak numunesinin yakılmasıyla elde edilen numune çözeltisindeki potasyum miktarının alev fotometresinde ölçülmesi esasına dayanır.

3.1. Kullanılan Araç Gereçler

Yaprakta potasyum tayininde aşağıdaki araç gereçler kullanılmaktadır;

- Alev fotometresi
- Hassas terazi
- Balon joje
- Piset
- Pipet

Alev fotometreleri, alev üzerine püskürtülen çözeltideki elektronların ısı etkisiyle bir üst enerji seviyesine çıkması sonrasında tekrar eski enerji düzeylerine dönerken yaydıkları ışığın şiddetini ölçen fotometrik cihazlardır.

Alev fotometrelerinde çözelti hâline getirilen numune çok küçük damlacıklar hâlinde (sis şeklinde) alev üzerine püskürtülür. Alevin ısı etkisiyle çözeltideki madde atomlarının elektronları uyarılır. Bu şekilde daha üst enerji seviyesine çıkan, durağan olmayan elektronlar daha sonra eski enerji düzeylerine dönerken aradaki enerji farkını ışık olarak dışarı salar. Bu ışık, çözeltideki madde konsantrasyonu ile orantılıdır ve alev fotometresinde ölçülür. Bu yöntem Na, K, Ca, Ba, Li elementlerinin kantitatif (nicel) olarak ölçümü amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.



Resim 3.3: Alev fotometresi

Cihazla çalışırken şu hususlara dikkat edilmelidir;

- Cihaz üzerindeki açma-kapama düğmesi açıldıktan sonra 1-2 dakika beklenip sistemin çalışması sağlanmalı, daha sonra gaz dedantörü açılarak yakılmalıdır.
- Cihazın verimli bir şekilde çalışabilmesi ve doğru sonuçlar verebilmesi için 15 dakika önceden yakılarak ısınması gerekir.
- Cihaz çalışırken baca ünitesinin üst kısmına dokunulmamalı, bacaya bir metreden yakın mesafeye hiçbir şey konulmamalı ve bacadan aşağıya kesinlikle bakılmamalıdır.
- Numune, daima numune kabının üst yarısından emdirilmelidir. Kabın alt kısmında oluşabilecek tortu veya parçacıklar, nebulizerin ucuna takılan kılcal boruda tıkanmalara neden olabilir. Herhangi bir şekilde zedelenen veya tıkanan kılcal boru değiştirilmelidir.
- Standartların hazırlanmasında gereken titizlik gösterilmelidir. Cihazın performansı kalibrasyon standartlarının saflığına ve doğruluğuna bağlıdır.
- Kalibrasyon standartları, kör solüsyonu veya saf su, kesinlikle cam şişe veya kaplarda muhafaza edilmemeli, depolama için plastik kap kullanılmalıdır.
- Cihazı kapatmadan önce saf su emdirilerek temizleme sağlanmalıdır. Konsantrasyonu yüksek solüsyonlarla çalışıldığında daha uzun süre saf su verilmeli ve iyi bir temizleme sağlanmalıdır.
- Cihaz kısa süre için kapatılacaksa açma-kapama düğmesine basarak kapatmak yeterli olacaktır. Ancak uzun süreli kapatmalarda mutlaka önce gaz tüpünün vanasının ondan sonra açma-kapama düğmesinin kapatılması gerekir.

3.2. Kullanılan Kimyasallar ve Çözeltiler

Yaprakta potasyum tayininde aşağıdaki kimyasal ve çözeltiler kullanılmaktadır;

- **1 N amonyum asetat çözeltisi:** 1 litrelik balon jöjeye yaklaşık 700-800 ml saf su konulduktan sonra üzerine 57 ml derişik asetik asit (CH_3COOH) eklenerek iyice çalkalanır. Bu karışımın üzerine 68 ml derişik amonyum hidroksit (NH_4OH) eklenir, iyice çalkalanır (Amonyum hidroksit ilave edildiğinde yoğun duman çıkışı olacağı için bu işlem çeker ocak içinde yapılmalıdır.). Çözeltinin pH'ı amonyum hidroksit veya asetik asit ile 7,0'ye ayarlanır ve balon jöje çizgisine tamamlanır. Çözelti toz amonyum asetatla hazırlanacaksa 77,09 g amonyum asetat ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) tartılıp 1 litrelik balon jöjeye aktarılır. Üzerine 700-800 ml saf su eklenip çözündürülür. Çözeltinin pH'ı amonyum hidroksit veya asetik asit ile 7,0'ye ayarlanır ve balon jöje çizgisine tamamlanır.
- **Standart stok potasyum çözeltisi (1000 ppm):** Bir miktar potasyum klorür (KCl) 105 0C'de kurutulduktan sonra bundan 1,907 g tartılarak 1 litrelik balon jöjeye aktarılır. 1 N amonyum asetat çözeltisi ile çözündürüldükten sonra balon jöjenin hacmi aynı çözelti ile litreye tamamlanır. Bu çözelti 1000 mg/l (ppm) potasyum kapsar.
- **Nitrik asit (HNO_3) + perklorik asit (HClO_4) karışımı:** 1000 ml nitrik asit (HNO_3) üzerine 250 ml perklorik asit (HClO_4) ilave edilerek hazırlanır.

3.3. Analizin Yapılışı

Analiz öncesinde, öğütülerek hazırlanmış yaprak numunesinden potasyum kapsamı dikkate alınarak 0,5-1 g kadar tartılıp erlene alınır. Numune nitrik asit (HNO₃) + perklorik asit (HClO₄) karışımı ile yakılarak 100 ml'lik numune çözeltisi hazırlanır. Numune çözeltisinden 10 ml alınarak 100 ml'lik balon jojeye aktarılır ve son hacim saf su ile çizgisine tamamlanarak iyice çalkalanır.

Numune çözeltisi hazırlanırken aynı zamanda standart potasyum çözeltisi serileri de hazırlanır. Standart potasyum çözeltileri hazırlamak için öncelikle 6 adet 100 ml'lik balon joje alınıp üzerleri yazılır. 1000 mg/l K kapsayan standart stok potasyum çözeltisinden 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml alınarak sırasıyla balon jojelere aktarılır. Balon jojelere bir miktar saf su ilave edildikten sonra 1 ml nitrik asit (HNO₃) + perklorik asit (HClO₄) karışımı ilave edilir ve son hacim saf su ile çizgilerine tamamlanarak çalkalanır. Bu standart çözeltiler sırasıyla 0, 10, 20, 30, 40, 50 mg/l (ppm) potasyum içerir. Hazırlanacak standart çözeltilerin konsantrasyonları, numunenin tahmini konsantrasyonunu kapsayacak aralıkta olmalıdır.

Çözeltilerin okunmasına geçilmeden önce alev fotometresinin ayarları yapılmalıdır. Bunun için ilk önce alev fotometresinin alev ayarı yapılır. Alev ayarı ya cihazın kullanım kılavuzunda belirtildiği şekilde ya da alevin sarı renk vermeden mavi renkte en büyük üçgen şeklini alabileceği duruma getirilerek yapılır. Alev ayarı yapıldıktan sonra cihazın ısınması için 10-15 dakika beklenir.

Alev fotometresinin filtre düğmesi potasyuma alınır. Bundan sonra 0 ppm'lik çözelti ile cihazın sıfır "0" ayarı konsantrasyonu en yüksek olan standart çözeltiyle de 100 ayarı yapılır. 0 ve 100 ayarı birkaç kez yapıp düzenli olduğu kesinleştirildikten sonra çözeltilerin okunmasına geçilir.

Hazırlanan standart potasyum çözelti serilerinin ve numune çözeltisinin okumaları yapıldıktan sonra kalibrasyon eğrisi oluşturularak numune çözeltisinin potasyum konsantrasyonu belirlenir. Formül kullanılarak 1 gram yaprak numunesinin toplam potasyum miktarı ppm olarak hesaplanır.

$$\text{Toplam potasyum (ppm)} = A \times SF$$

A: Analiz çözeltisinin potasyum miktarı (ppm)

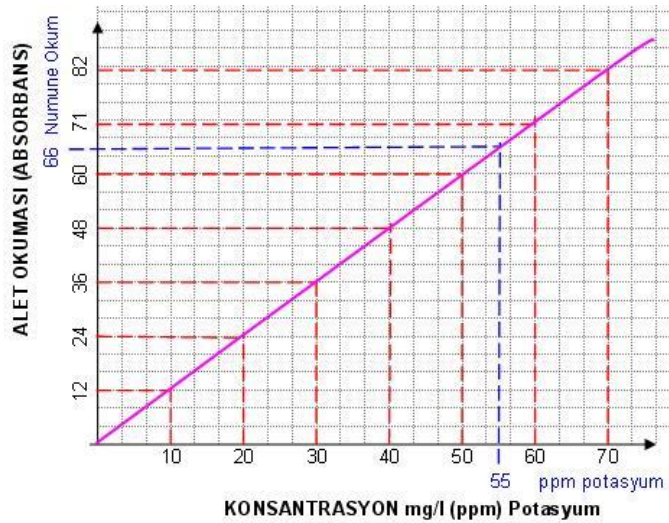
SF: Seyreltme faktörü

$$SF = \frac{\text{Ekstraksiyon çözeltisi hacmi (ml)}}{\text{Numune miktarı (g)}} \times \frac{\text{Numune çözeltisinin son hacmi (ml)}}{\text{Kullanılan numune çözeltisi hacmi (ml)}}$$

Örnek: 1 g numune yakılarak 100 ml'lik numune çözeltisi hazırlanmış bundan 10 ml alınarak 100 ml'lik analiz çözeltisi hazırlanmış ve ölçüm değeri 66 bulunmuştur. Hazırlanan standart çözelti serisinin ölçüm değerleri ise aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu numunenin potasyum miktarını hesaplayınız.

<u>Konsantrasyonlar (ppm)</u>	<u>Okunan Değer</u>
0	0
10	12
20	24
30	36
40	48
50	60
60	71
70	82

Çözüm: Öncelikle kalibrasyon grafiği oluşturulup numune çözeltisinin konsantrasyonu belirlenir.



Numune çözeltisinin potasyum konsantrasyonu tespit edildikten sonra formül yardımıyla toplam potasyum içeriği hesaplanır.

$$\text{Toplam potasyum (ppm)} = A \times SF$$

$$A = 55 \text{ ppm}$$

$$SF = (100/1) \times (100/10) = 1000$$

$$\text{Toplam potasyum (ppm)} = A \times SF$$


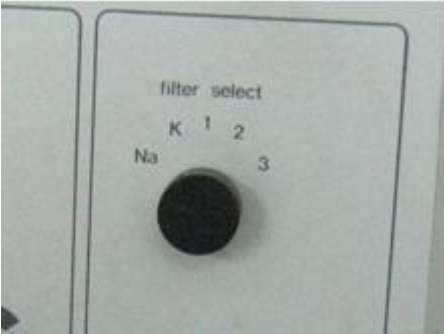
$$\text{Toplam potasyum (ppm)} = 55 \times 1000$$

$$\text{Toplam potasyum (ppm)} = 55000 \text{ ppm}$$

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarını ve önerileri dikkate alarak yapraklarda potasyum tayini yapınız.

Uygulamada kullanılan araç gereç ve kimyasallar: Alev fotometresi, hesap makinesi, hassas terazi, balon joje, piset, pipet, 1 N amonyum asetat çözeltisi, stok standart potasyum çözeltisi

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Analiz öncesi hazırlıklarını yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyiniz.➤ Çalışma ortamınızı ve kullanacağınız araç gereçleri hazırlayınız.➤ Laboratuvar güvenlik kurallarına uyunuz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Analize hazırlanmış yaprak numunesinden 0,5-1 gram tartıp yakarak numune çözeltisi hazırlayınız.➤ Numune çözeltisinden 10 ml alarak 100 ml'lik balon jojeye aktarıp hacmi saf su ile tamamlayarak analiz çözeltisi hazırlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Numuneyi nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş yakma yöntemiyle yakınız.➤ Hacmi tamamlayınca balon jojeyi altüst etmeyi unutmayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Standart potasyum çözeltisi serileri hazırlayınız. 	<ul style="list-style-type: none">➤ Standart çözelti serileri hazırlama kurallarına uyunuz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Alev fotometresini çalıştırıp filtre düğmesini potasyuma alınız. 	<ul style="list-style-type: none">➤ Kullanım kılavuzunda belirtilen şekilde cihazın alev ayarını yapınız.➤ Cihazın ısınması için 10-15 dakika bekleyiniz.

<p>➤ Cihazın 0 ve 100 ayarlarını yapınız.</p>	<p>➤ Tanık çözelti ile 0 ayarını, en yüksek konsantrasyonlu standart çözeltiyle de 100 ayarını yapınız.</p>
<p>➤ Standart ve numune çözeltilerinin okumalarını yapınız.</p>	<p>➤ Okuma değerlerini kaydediniz.</p>
<p>➤ Kalibrasyon eğrisini çiziniz. ➤ Kalibrasyon eğrisinden numune çözeltisinin potasyum içeriğini bulunuz.</p>	<p>➤ Kalibrasyon eğrisi çizme ve kalibrasyon eğrisini kullanma kurallarına uyunuz.</p>
<p>➤ Hesaplama yapınız.</p>	<p>➤ Formül kullanınız. ➤ Hesaplamaları dikkatli yapınız. ➤ Seyreltme faktörünü dikkate alınız.</p>



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi yapraklarda potasyum tayininde kullanılan çözeltilerden biri değildir?
 - A) Amonyum asetat çözeltisi
 - B) Nitrik asit + perklorik asit karışımı
 - C) Stok potasyum çözeltisi
 - D) Kalay klorür çözeltisi
2. 1000 ppm'lik stok potasyum çözeltisinden sırasıyla 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml alınarak 100 ml'lik balon jöjelere aktarılıp çözelti serisi hazırlanmıştır. Bu çözelti serisinin konsantrasyonları hangi seçenekte doğru verilmiştir?
 - A) 0, 1, 2, 3, 4, 5 ppm
 - B) 0, 5, 10, 15, 20, 25 ppm
 - C) 0, 10, 20, 30, 40, 50 ppm
 - D) 0, 20, 40, 60, 80, 100 ppm

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

3. () Cihazın verimli bir şekilde çalışabilmesi ve doğru sonuçlar verebilmesi için 1-2 dakika önceden yakılarak ısınması gerekir.
4. () Alev fotometresi kapatılırken mutlaka önce gaz tüpünün vanasının, ondan sonra açma-kapama düğmesinin kapatılması gerekir.
5. () Yapraklarda potasyum tayininde, öğütülerek hazırlanmış yaprak numunesinden potasyum kapsamı dikkate alınarak 5-10 g tartılıp yakılarak numune çözeltisi hazırlanır.
6. () Alev fotometresinde ölçüm yapılırken öncelikle 0 ppm'lik çözelti ile cihazın 0 ve 100 ayarı yapılır.
7. () Alev fotometresi çalışırken bacaya bir metreden yakın mesafeye hiçbir şey konulmamalı ve bacadan aşağıya kesinlikle bakılmamalıdır.
8. () Alev fotometresinde ölçüm yapılırken öncelikle mavi renkte en küçük üçgenin olduğu alev ayarı yapılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

KONTROL LİSTESİ

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri Evet, kazanamadığınız becerileri Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
Yapraklarda azot tayini;			
1	Azot tayininde kullanılacak araç gereçleri hazırladınız mı?		
2	Azot tayininde kullanılacak kimyasal ve çözeltileri hazırladınız mı?		
3	Yaprak numunesini yaş yakmaya hazırladınız mı?		
4	Numunenin ön yakma ve esas yakma işlemlerini yaptınız mı?		
5	Yakma işlemi tamamlanmış numunenin damıtma işlemlerini yaptınız mı?		
6	Damıtma sonucu elde edilen destilatı titre ettiniz mi?		
7	Yaprak numunesinin azot miktarını hesapladınız mı?		
Yapraklarda fosfor tayini;			
1	Fosfor tayininde kullanılacak araç gereçleri hazırladınız mı?		
2	Fosfor tayininde kullanılacak kimyasal/çözeltileri hazırladınız mı?		
3	Yaprak numunesini yakarak numune çözeltisi hazırladınız mı?		
4	Numune çözeltisinden analiz çözeltisi hazırladınız mı?		
5	Fosfor çözeltisi serisi hazırladınız mı?		
6	Spektrofotometreyi analize hazırladınız mı?		
7	Spektrofotometrede ölçümleri yaptınız mı?		
8	Kalibrasyon eğrisi oluşturduğunuz mu?		
9	Yaprak numunesinin fosfor miktarını hesapladınız mı?		

Yapraklarda potasyum tayini;			
1	Potasyum tayininde kullanılacak araç gereçleri hazırladınız mı?		
2	Potasyum tayininde kullanılacak kimyasal ve çözeltileri hazırladınız mı?		
3	Yaprak numunesini yakarak numune çözeltisi hazırladınız mı?		
4	Potasyum çözeltisi serisi hazırladınız mı?		
5	Alev fotometresini analize hazırladınız mı?		
6	Alev fotometresinde ölçümleri yaptınız mı?		
7	Kalibrasyon eğrisi oluşturduğunuz mu?		
8	Yaprak numunesinin potasyum miktarını hesapladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	D
3	D
4	B
5	A
6	yeşil
7	menekşe
8	çeker ocak
9	D
10	D
11	Y
12	Y

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	C
3	Y
4	Y
5	5
6	kalay klorür
7	8
8	660

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	C
3	Y
4	D
5	Y
6	Y
7	D
8	Y

KAYNAKÇA

- AKTAŞ Mehmet, **Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği**, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Yayın No: 1429, Ankara, 1995.
- KACAR Burhan, Ali İNAL, **Bitki Analizleri**, Nobel Yayın Dağıtım, ISBN 978-605-395-036-3, Ankara, 2008.
- KACAR Burhan, **Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III, Toprak Analizleri**, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara, 1994.
- **Yaprak Laboratuvarı**, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.