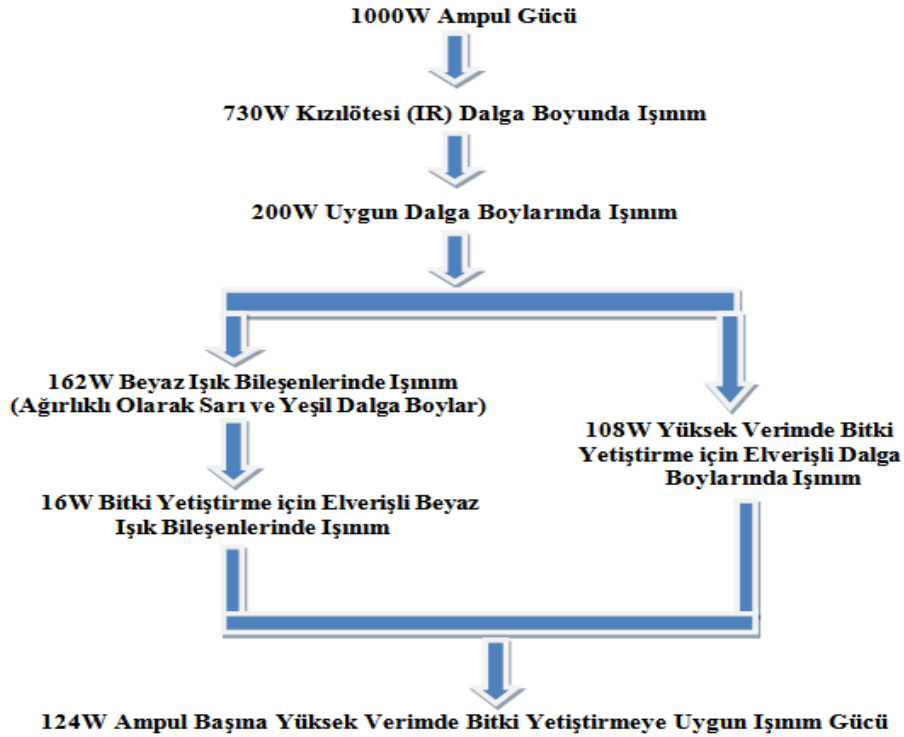


***BİTKİ FOTOSENTEZİNİ DESTEKLEYEN
LAMBDA GELİŞTİRİLMESİ
AR-GE RAPORU***

EYLÜL, 2012

Hâlihazırda kullanılmakta olan geleneksel yapay bitki aydınlatma ürünlerinde yer alan deşarjlı ampullerin; bitkilerin fotosentez amaçlı ihtiyaç duydukları dalga boylarında ışık üretimi açısından, enerji etkinlik seviyeleri düşük, bireysel enerji tüketim seviyeleri yüksektir. Şekil 1 de konvansiyonel tip aydınlatma lambalarının (yüksek basınçlı sodyum buharlı) enerji tüketim değerleri verilmiştir. Buna ilave olarak, başlangıçtaki ışık üretim seviyeleri ve enerji etkinlik oranları zaman içinde hızlı düşüş göstermektedir. Tüketilen enerjinin yüzde 70'e varan oranlarda ısıya dönüşmesi ile sera iç sıcaklığı üzerinde istenilmeyen artışlar oluşması, sera görevlilerinin çalışmalarını zorlaştırması, yoğun ışık oluşması, çok geniş açı ile dağılan ışığın bir kısmının hedef alanlar dışına yönelerek işlevini kaybetmesi, deşarjlı ampullerin diğer dezavantajları arasındadır.



Şekil 1. Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı (HPS) Ampulde Enerji Tüketim Oranları

Etkin fotosentez işlemi için bitkiler tarafından özellikle ihtiyaç duyulan ışık tayfı kırmızı ve mavi dalga boylarını kapsamaktadır. Ancak, bitkiler için kullanılan aydınlatma ürünleri genel olarak flüoresan, cıva veya sodyum buharlı konvansiyonel yapay aydınlatma kaynaklarıdır ve bunlar diğer beyaz ışık bileşenleri olan sarı ve yeşil aralığındaki dalga boyları ile kızılötesi ve morötesi bölgelerde de ışık üretmektedir. Özellikle LED teknolojisine göre çok daha fazla enerji harcayan bu teknolojiler bitkiler için gereksiz olan ışık tayflarını da ürettiklerinden, ürüne yönelik yapılar olarak addedilmesi

söz konusu değildir. Günümüzde bitki yetiştirme amacı ile geliştirilmiş deşarjlı ampuller; ışık tayflarına ilaveten kimyasal madde ve gazlar ile genişletilmiş olmakla birlikte, fotosentez anlamında enerji-etkin ışık kaynakları olmaktan uzaktırlar. Deşarj ampullü ve LED armatürlerin kıyaslaması Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Deşarj Ampullü ve LED Armatürlerin Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması

ÖZELLİK	Deşarj Ampullü Armatür (HPS)	LED Armatür
Bitkiye doğrudan yararlı enerjinin ampul tarafından tüketilen toplam enerjiye oranı (enerji etkinliği)	%10	%95
Düşük enerji tüketimi	Yok	Var
Lambanın ışık etkinliğinde zamanla oluşan azalma	Var	Yok
Armatür ve ampul yapısından kaynaklanan ışık kayıpları	%30	%5
Ayarlanabilir ışık açısı ve tüm ışınımın doğrudan hedef bitki bölgesi üzerine yönlendirilmesi	Yok	Var
Kırmızı ve mavi ışınım miktarlarının farklı bitki türlerine veya aynı bitkinin farklı büyüme dönemlerine en uygun oranlarda ayarlanabilmesi	Yok	Var
Sera iç sıcaklığını ve bitkilerin su tüketimini artıran fazla ısı üretimi	Var	Yok
Sera konstrüksiyonuna uygun yapıda ve yüksekliği bitki boyuna göre ayarlanabilen armatür yapısı	Yok	Var
Görevlilerin kapalı ortamlarda çalışmasını zorlaştıran yoğun ışık	Var	Yok
Uzun kullanım ömrü	Yok	Var

Özellikle LED teknolojisinin getirmiş olduğu düşük enerji tüketimi, hedef dalga boyunun ayarlanması ve uzun ömürlü ampullerin varlığı gibi birçok avantaj bu teknolojinin bitki yetiştiriciliği için çok daha uygun olduğunu kanıtlamıştır. Özellikle bitkiye özgün dalga boylarının belirlenebilmesi her farklı bitki türü için uygun dalga boyunun ayarlanmasına imkân vererek; fotosentez sürecinin maksimum verimle çalışmasını olanaklı kılmaktadır.

Aydınlatma armatürlerinin bitkilerin yaşamı üzerine etkilerinin gözlemlenebilmesi amacıyla belirli saksı bitkileri paralelli olarak iki adet bitki kabinde hem konvansiyonel tip aydınlatma hem de geliştirilen LED aydınlatma armatürleri altında ayrı olacak şekilde yaklaşık 1 ay süre ile deneysel

çalışmaya tabi tutulmuştur. Uygulama çalışmaları kapsamında kullanılan bitki kabinlerinin görünümü Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Bitki Yetiştirme Kabini

Deneyisel çalışmalar kapsamında normal aydınlatma (ampul) ve LED aydınlatma ürünleri altında yetiştirilen bitkiler için aynı ortam koşulları sağlanmıştır. Bitkiler için gerekli olan su ise her bitki için aynı günlerde ve miktarlarda verilmiştir. İki farklı aydınlatma ürünü altında bulunan bitkilerin yaşamsal verilerine ilişkin bilgiler belirlenen analiz doğrultusunda elde edilmiştir. Bu amaçla yapılan analizler şu şekildedir:

- Islak Ağırlık (Nem miktarı, %)
- Kuru Ağırlık (%)
- Kök Kütle (adet)
- Kök Filiz Oranı

Bu analizlerin yanı sıra bitkilerin gelişimindeki değişiklikler görsel olarak da belgelenmiştir. Her iki bitki kabininde yetişen bitkilerin hem yaprak hem de toprak ve kök kısımlarında ki değişiklikler bir aylık deneysel süreç sonucunda yapılan incelemeler ile değerlendirilmiş ve resimler ile belgelendirilmiştir. Normal aydınlatma ve LED aydınlatma ürünleri altında bekletilen bitkilere ilişkin bitki kabini görüntüleri sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 3. Normal Aydınlatma Kullanılan Bitki Yetiştirme Kabini

Normal aydınlatmalı bitki kabininde aydınlatma amacıyla bir adet ampul kullanılmıştır. Yukarıdaki resimde verilen normal aydınlatma altındaki bitkiler bir ay süre ile her gün düzenli olarak sulanarak bekletilmiştir. Bitki fotosentezi için gerekli olan kırmızı ve mavi dalga boylarında ayarlanmış led aydınlatma armatürünün kullanıldığı bitki kabini görünümü Şekil 4’te verilmektedir.



Şekil 4. LED Aydınlatma Kullanılan Bitki Yetiştirme Kabini

1.Bitkilerin Karşılaştırılması

Normal ve LED aydınlatma ürünleri altında bir ay süreyle yetiştirilen aynı tip bitkilerin bu süreç sonucunda ki farklılıkları gözle görülür boyutlara ulaşmıştır. Normal aydınlatmanın kullanıldığı bitki kabini içinde bulunan bitkilerin genelinin yapraklarının kuruyarak kahverengi hal aldığı, köklerinin kuruduğu, toprak yapısının aşırı nemli ve dağılıbilir olduğu ve toprak içerisinde böceklenmenin başladığı görülmüştür. Buna karşın LED aydınlatma altındaki bitki kabinlerinde bulunan bitkilerin parlak yeşil yaprakları, çiçek açması, sağlam ve homojen kök yapısı, toprak yapısının sağlamlığı ve taze toprak kokusu dikkat çekmiştir. Gözlemlenen bu farklılıklar Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. LED ve Normal Aydınlatmanın Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Özellik	LED Aydınlatma	Normal Aydınlatma
Bitki yaprakları	Yeşil ve parlak	Kurumuş ve kararmış
Bitki Kökleri	Çok sayıda ve canlı	Kuruyarak çürümüş
Toprak Yapısı	Kökler ile sarılı ve dolgun	Aşırı nemli ve böceklenme
Kök Yapısı	Sarmaşık gibi birbirini ve toprağı saran sağlam bir kök yapısı	Dökülen kuru kökler
Koku	Toprak kokusu	Çürümüş köklerden kaynaklı ağır bir koku

Bitki kabinlerinde normal ve LED aydınlatma altında bir ay süre ile bulunan bitkilerde ki farklılıkların gözlemlenebilmesi amacıyla bitkilerin fotoğrafları çekilmiştir. Kullanılan aydınlatma ürünlerinin bitkilerin yaşamsal gelişimi üzerine etkilerini belirlemek üzere bitkilerin hem yaprak hem de toprak yapısı incelenmiştir. Bu amaçla hem normal aydınlatma hem de LED aydınlatma altında bulunan aynı bitkiler yan yana getirilerek önce yaprak ve çiçeklenme durumu ardından da saksıdan çıkarılarak toprak ve kök yapısı incelenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen bitkilere ilişkin resimler aşağıda sırasıyla incelenecektir.

- **1 Numaralı Bitki**

Adı Aşk merdiveni olan çiçeklerin bir tanesi normal aydınlatma diğeri ise LED aydınlatma altında bir ay süre ile aynı koşullarda bekletilmiştir. Bu süreç boyunca LED aydınlatma altında olan bitkinin yapraklarının çoğaldığı ve canlı yeşil renginin arttığı gözlenmiştir. Buna kıyasla normal aydınlatma altında bulunan bitkinin yaprakları sararmış, kurumuş ve kuruyan yapraklar dökülmeye başlamıştır. İki aydınlatma ürünü altında bekletilen bitkilerin görünümüne ilişkin resim Şekil 5’de verilmektedir.



Şekil 5. LED ve Normal Aydınlatma Altındaki 1 Numaralı Bitkinin Görünümü

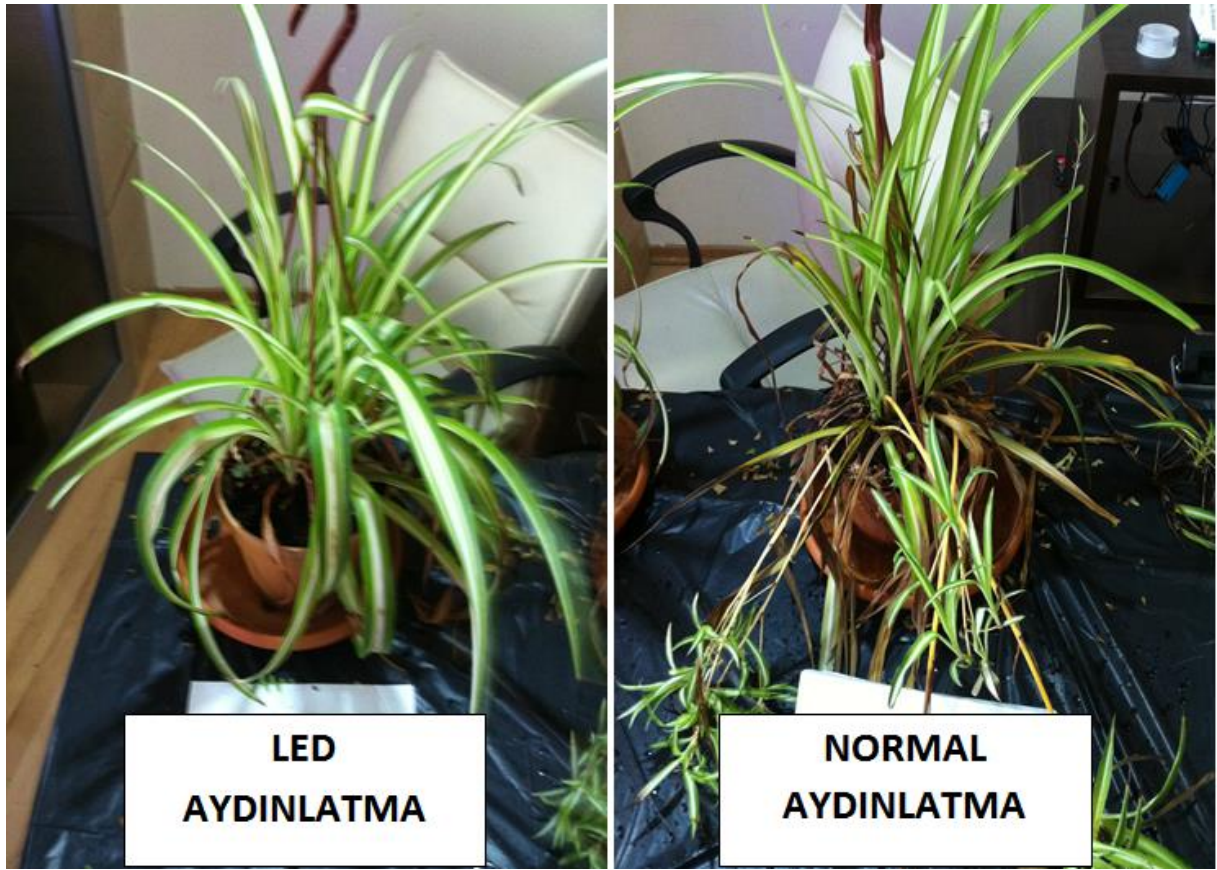
Yaprak görünümü incelenen bitkiler saksılarından çıkarılarak toprak yapısı incelenmiştir. Toprak yapısına ilişkin olarak Şekil 6'dan da göreceğiniz üzere LED aydınlatma altında bulunan bitkinin kökleri sağlıklı, canlı ve çok sayıdaki yapısıyla toprağın bütünü sarmaktadır. Buna karşın normal aydınlatma altındaki bitkinin kökleri çürümüş ve toprak ile aynı rengi almıştır. İki bitki arasındaki en önemli farklardan biri ise LED aydınlatma altındaki bitkinin toprak yapısının taze toprak kokusu ve sağlamlığına karşın normal aydınlatmadakinin aşırı nemli yapısı ve kötü kokusudur. Normal aydınlatma altındaki bitki genel olarak kurumaya başlamıştır ve buna bağlı olarak düzenli olarak verilen suyu tüketemeyerek çürümeye başlamıştır.



Şekil 6. LED ve Normal Aydınlatma Altındaki 1 Numaralı Bitkinin Toprak ve Kök Görünümü

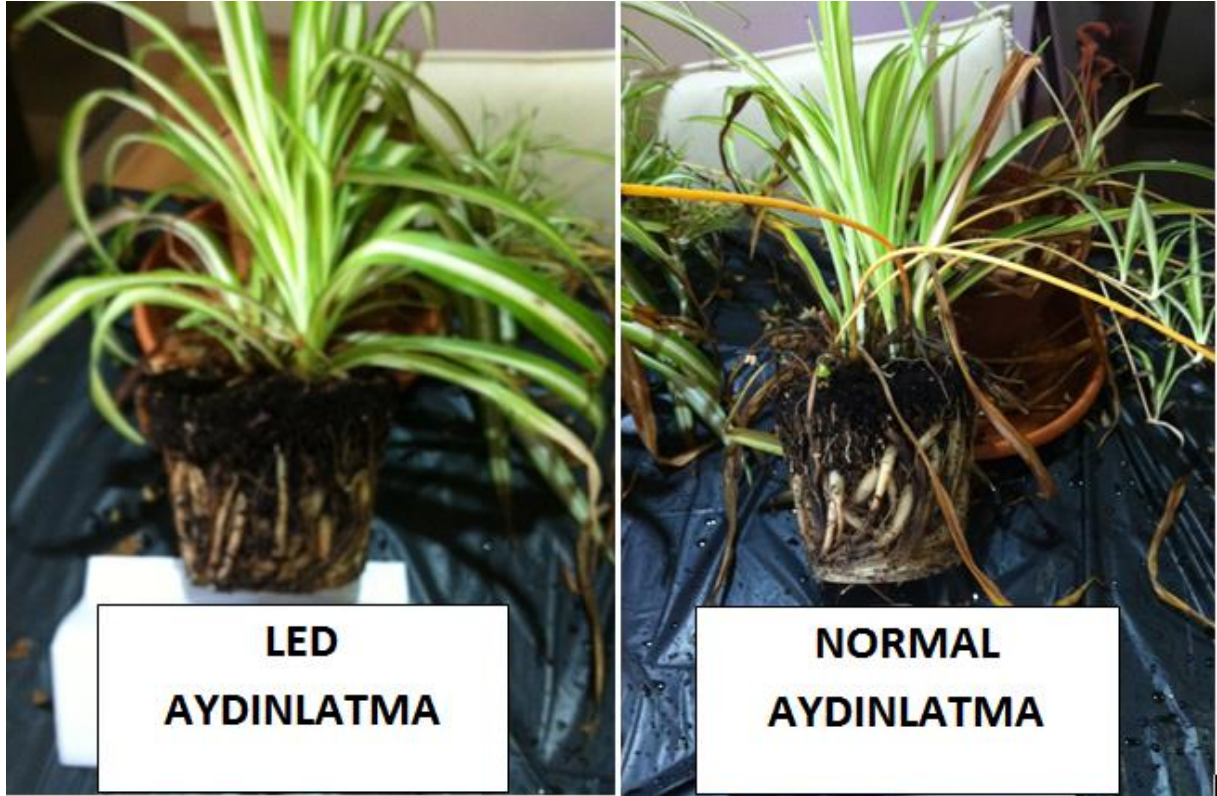
- **2 Numaralı Bitki**

Yeşil yapraklı bir saksı bitkisi olan Şekil 7’de bulunan bitkilerden biri LED aydınlatma diğeri ise normal aydınlatma altında bir ay süre ile hergün düzenli olarak aynı miktarda sulanarak bekletirmiştir. Bu süreç sonucunda LED ile gelişimi desteklenen bitkinin fotosentez gereksinimini daha iyi yerine getirerek daha canlı ve yeşil yapraklara sahip olduğu buna karşın diğer bitkinin ise kuruduğu ve yapraklarının döküldüğü gözlemlenmiştir. Normal aydınlatma altındaki bitkinin yaşamını sürdürüebilmek için yeni filizler vermeye çalıştığı ancak bu filizlerin bitkinin dallarında kuruduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 7. LED ve Normal Aydınlatma Altındaki 2 Numaralı Bitkinin Görünümü

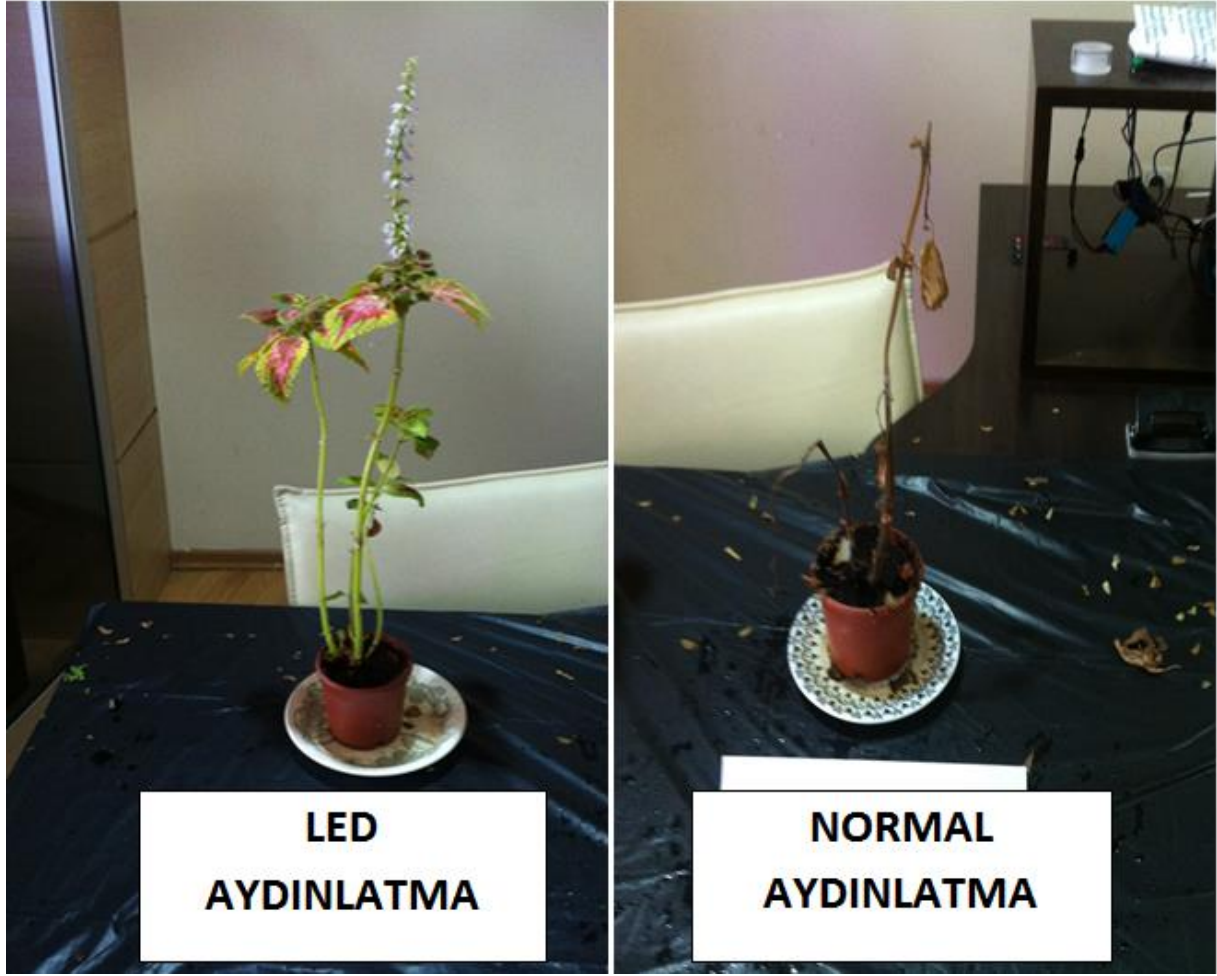
Bu iki bitkiyi saksılarından çıkardığımızda normal aydınlatma altında yetişen bitkinin köklerinin aşırı miktarda çürümöl olmasına bağlı olarak ağır bir koku olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşın diğer bitkinin köklerinde toprak kokusu dışında bir kokuya rastlanılmamıştır. Ayrıca normal aydınlatma altında yetişen bitkinin yapraklarının kolaylıkla kökten ayrılarak kopmasının yanı sıra diğer bitkinin yapraklarının oldukça sağlam olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 8. LED ve Normal Aydınlatma Altındaki 2 Numaralı Bitkinin Toprak ve Kök Görünümü

- **3 Numaralı Bitki**

LED ve normal aydınlatma yetişen bitkiler arasındaki farkın net bir şekilde görülebildiği en güzel örneklerden biri 3 numaralı paralel bitkilerde gerçekleşen farklılıklardır. Şekil 9’da görüldüğü üzere LED aydınlatma altında bulunan bitki sağlıklı bir şekilde gelişmiş, yaprakları bu bitkiye özel doğal rengi olan yeşil ve pembe renklerinde gelişmiş ve beyaz renkte çiçek açmıştır. Buna karşın normal aydınlatma altında yetişen bitki tamamen kurumuş, yaprakları kuruyarak dökülmüş ve hiç çiçek açmamıştır.



Şekil 9. LED ve Normal Aydınlatma Altındaki 3 Numaralı Bitkinin Görünümü

Bir aylık süreç sonucunda normal aydınlatma altında bekletilen bitkinin öldüğü gözlemlenmiştir. Toprak üstünde kalan dal ve yaprak yapısının tamamen kurumuş olmasının yanı sıra toprak içerisinde de bitki yaşamını devam ettirebilecek bir kök olmadığı bitkinin saksıdan çıkarılması ile gözlemlenmiştir. Saksıdan çıkarılan iki bitkiye ait resimler Şekil 10'da verilmektedir. Yine diğer bitki örneklerinde olduğu gibi bu bitkide de LED aydınlatma altında yaşayan bitkinin köklerinin sağlıklı ve sayıca fazla olması ve toprağı sararak sağlam bir toprak yapısı oluşturduğu gözlenmektedir. Buna karşın normal aydınlatma altındaki bitkinin toprağı daha saksıdan çıkarma aşamasında dağılmıştır. Şekil 10'daki resimde de göreceğiniz üzere soldaki bitkinin kökleri toprak yapısını sarmakta ve bir kalıp gibi toprağı tutmaktadır, oysa diğer bitkinin kökleri kurumuş ve toprağı karışmıştır.

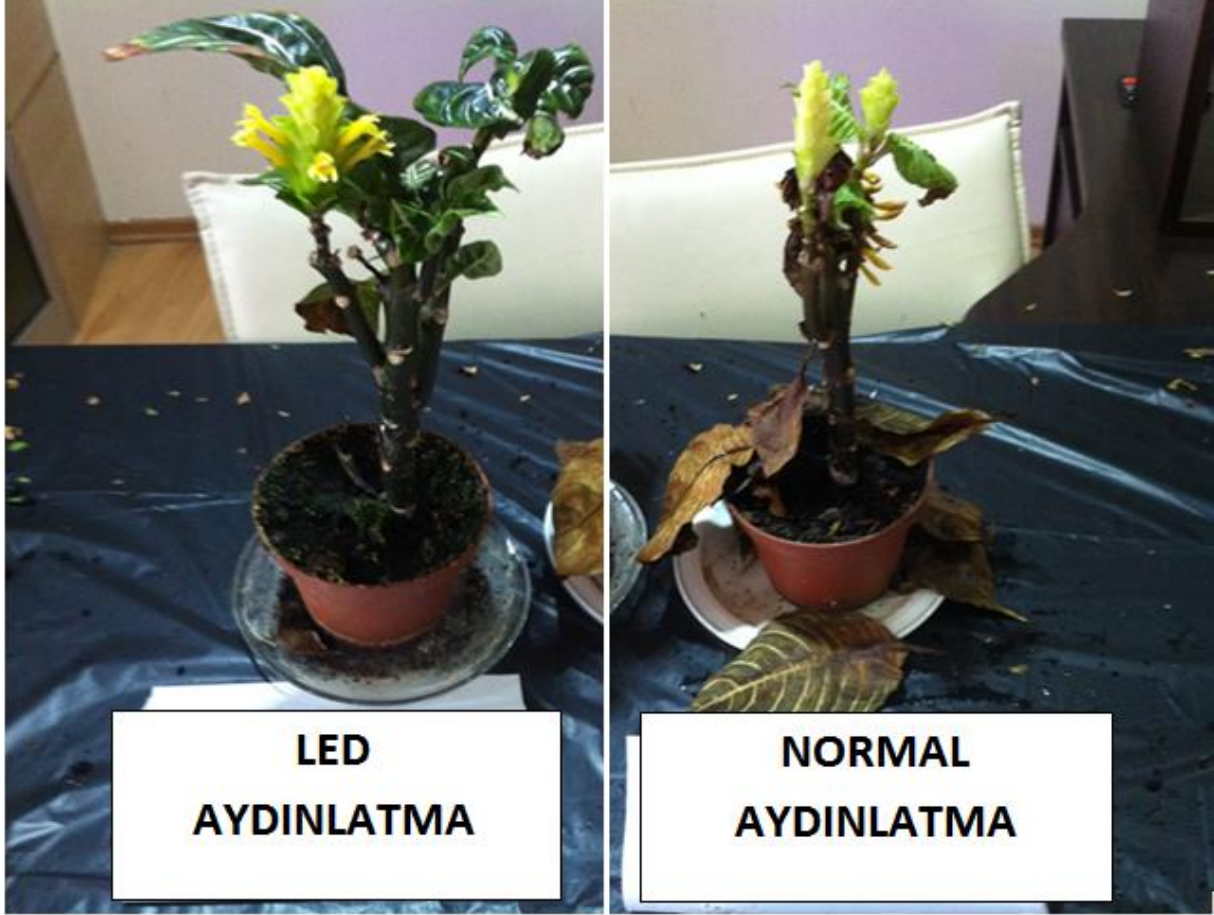


Şekil 10. LED ve Normal Aydınlatma Altındaki 3 Numaralı Bitkinin Toprak ve Kök Görünümü

Geliştirilen LED aydınlatma armatürünün özellikle bu örnekteki gibi hassas çiçekli bitkiler üzerinde sağladığı fayda dikkat çekicidir. Arsız bitkilerin yaşam gelişimlerini devam ettirmeleri daha kolay iken bu tip hassas bitkiler için ortam koşulları çok daha önem taşımaktadır. LED aydınlatma ürününün bu tip bir bitki üzerinde sağladığı avantaj çiçekli bitkiler üzerinde daha verimli sonuçlar elde edilebileceğinin bir göstergesidir.

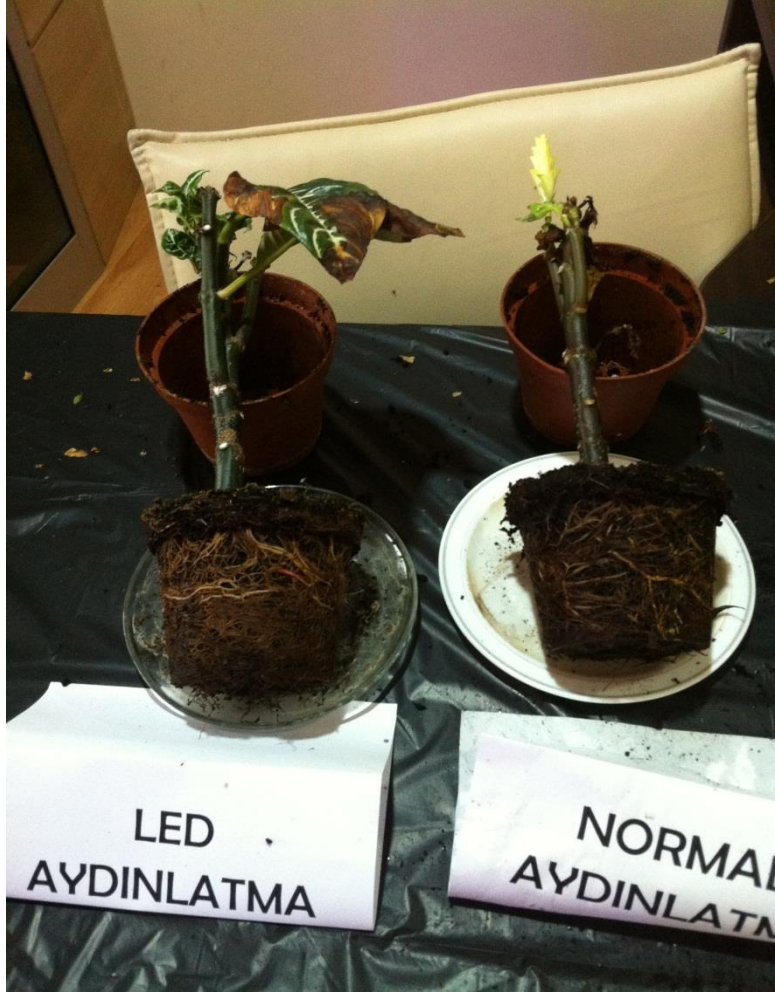
- **4 Numaralı Bitki**

4 numaralı bitkinin LED ve normal aydınlatma altındaki halleri incelendiğinde LED aydınlatma armatürünün bulunduğu bitki kabinde yetişen bitkinin parlak ve yeşil yaprakları, kalın ve koyu yeşil dalları ve çiçek açtığı görülmektedir. Normal aydınlatma ürününün bulunduğu bitki kabinde ise aynı sürede bitkinin çıkan yapraklarının kuruyarak döküldüğü ve dal renginin kahveye yakın olduğu görülmektedir. Ayrıca LED aydınlatma altında olan bitkinin toprak yüzeyinde yeşillenme olduğu buna karşın diğer bitkinin toprak yüzeyinde örümcek ağlarının oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu durumda normal aydınlatma altında bulunan bitkinin çürüyerek böceklenmesi sonucuna varılmıştır.



Şekil 11. LED ve Normal Aydınlatma Altındaki 4 Numaralı Bitkinin Görünümü

Bu bitkinin toprak ve kök yapısına bakıldığında LED aydınlatma altında buluna bitkinin kök sayısının saha fazla olduğu ve toprağı daha fazla sardığı gözlenmektedir. Ayrıca bitkinin sağlıklı kök yapısı belirgin bir toprak yapısı oluşturmakta ve bu toprak yapısı toprağın üstünde kalan dal ve çiçek yapısı ile birlikte hareket etmektedir. Buna karşın normal aydınlatma altında yetişen bitkinin kökleri yüzeysel ve sayıca diğerine göre daha azdır. Ayrıca normal aydınlatma altında yetişen bitkinin toprak yapısının aşırı nemli oluşu da bitkinin fotosentez işlemini yerine getiremeyerek ihtiyaç duyduğu suyu yeterince alamadığını göstermektedir. Şekil 12’de bu bitkiye ilişkin toprak ve kök resimleri verilmiştir.



Şekil 12. LED ve Normal Aydınlatma Altındaki 4 Numaralı Bitkinin Toprak ve Kök Görünümü

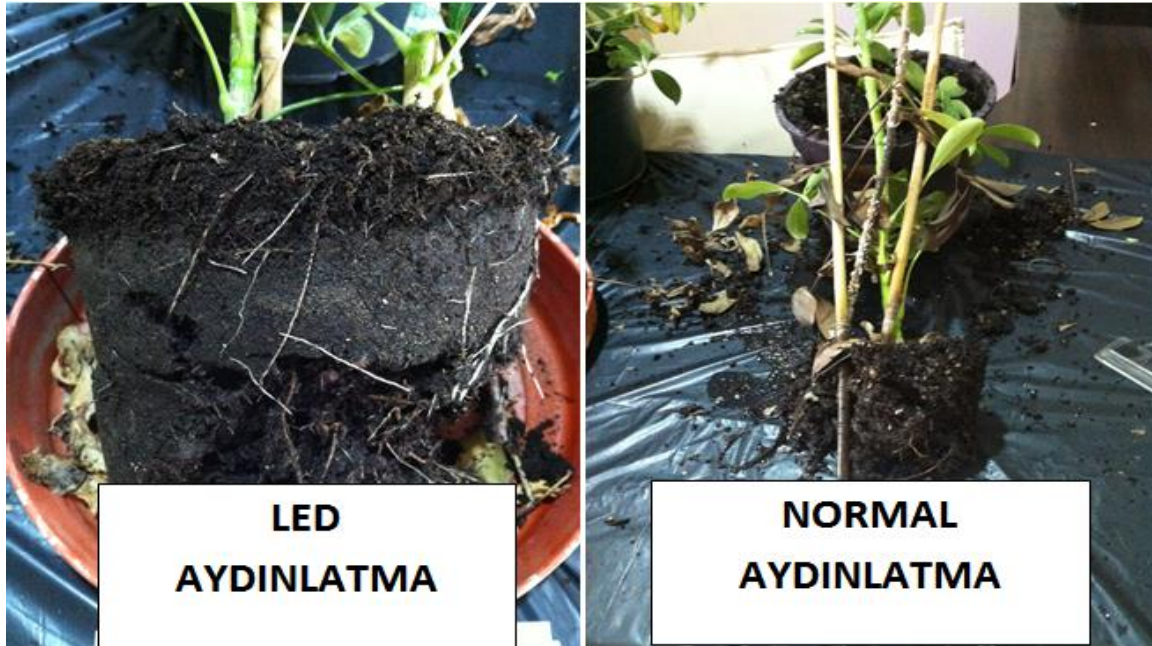
- **5 Numaralı Bitki**

Yukarı doğru uzayan bu bitkinin sağlıklı formunda yapraklarının hafif sarımtırak yapısı olması gerekmektedir. Bu bilgiler ışığında Şekil 13’de verilen resimden de görüldüğü üzere LED aydınlatma armatürlerinin bulunduğu bitki kabinde yetişen bitki uzayan dalları ve bol yaprakları ile sağlıklı bir yaşamsal görünüm çizmektedir. Buna karşın normal aydınlatma altındaki bitkinin yalnız tek dalı canlı kalabilmiş uzayan diğer dalları zaman içerisinde kuruyarak dökülmüştür.



Şekil 13. LED ve Normal Aydınlatma Altındaki 5 Numaralı Bitkinin Görünümü

Bu iki bitkinin saksıdan çıkarılması safhasında normal aydınlatmanın bulunduğu bitki kabininde yetişen bitkinin toprak yapısının hemen dağıldığı ve içerisinde kurtlanma olduğu gözlenmiştir. Halbuki LED aydınlatma armatürü altında yetiştirilen bitkinin köklerinin sağlıklı olduğu ve toprak yapısını sıkıca sardığı gözlenmiştir. Bu bitkinin toprak yapısının ise oldukça taze ve sağlıklı olduğu, herhangi bir böceklenmenin olmadığı gözlenmiştir.



Şekil 14. LED ve Normal Aydınlatma Altındaki 5 Numaralı Bitkinin Toprak ve Kök Görünümü

2. Analiz Sonuçları

Çalışmalar kapsamında analiz işlemleri için beş adet bitki seçilmiştir. Öncelikle bitkilerin ulaştıkları yükseklik, adet cinsinden kök kütle miktarı ve bitki resimlerinin çekilmesi bitki kabinlerinin bulunduğu ofis ortamında yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir. Ayrıca bu bitkilerin her iki kabinde de bulunan paralelleri hem yaprak hem de kök yapısından numuneler alınarak incelenmek üzere Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü laboratuvarına götürülmüştür. Analiz için laboratuvara götürülen numunelere daha önceden belirlenen Kuru Ağırlık ve Nem miktarı analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları aşağıdaki Tablo 3’de verilmektedir. Bitki numaralandırılması bir önceki bölümde anlatılan bitki numaraları ile aynı olacak şekilde yapılmıştır. Bitki analiz sonuçlarının karşılaştırması yapılırken analiz sonuçlarının her bitki örneği için kendi içinde değerlendirilmesi gerekmektedir çünkü bitkiler yaşamsal özellikleri ve yapıları dolayısıyla birbirinden farklı özelliklerde olabilirler. Bu nedenle analiz sonuçları değerlendirilirken her bitki numarası (bitki çeşidi) kendi içinde normal ve led aydınlatma altında gösterdiği farklılıklar doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Tablo 3. Konvansiyonel Tip Aydınlatma (Ampul) ve LED Armatür Altında Yetişen Bitkilerin Analiz Sonuçları

Analiz Tarihi: 19.09.2012 – 21.09.2012								
Bitki Numarası	Aydınlatma	Son Yükseklik (cm)	Yaprak		Kök		Kök Kütle (Adet)	Kök/Filiz Oranı
			Kuru Ağırlık, %	Nem Miktarı, %	Kuru Ağırlık, %	Nem Miktarı, %		
1	Normal	30	30,93	69,07	16,39	83,61	25	0,53
	Led	35	17,76	82,24	20,34	79,66	50	1,15
2	Normal	40	23,75	76,25	4,55	95,45	30-35	0,20
	Led	50	5,65	94,35	3,76	96,24	50-60	0,67
3	Normal	37	21,30	78,70	10,61	89,39	2	0,50
	Led	59,5	5,79	94,21	6,47	93,53	10	1,12
4	Normal	35	51,45	48,55	10,33	89,67	10	0,20
	Led	42	13,23	86,77	11,15	88,85	26	0,85
5	Normal	80	29,76	70,24	13,98	86,02	17	0,47
	Led	92	15,57	86,43	14,89	85,11	42	0,96

Bitkiler yetiştirme ve gelişmeleri için gereken besin maddelerini kökleri vasıtasıyla emdikleri suyla birlikte alırlar. Bu nedenle belirlenen kök kütle sayısı ve nem içeriği bitkinin sağlıklı olup olmadığının belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Tablo 3'den de göreceğiniz üzere beş bitki örneğinde de kök kütle sayısı led aydınlatma altında yetişenlerde normal aydınlatmaya kıyasla daha fazladır. Led aydınlatma altında yetişen ve kök kütle sayısı daha fazla olan örneklerin bitki boylarının da normal aydınlatma altında yetişen bitkilere kıyasla çok daha uzun olduğu yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir.

Bitkiler, yaprakları arasında iyi bir şekilde dağıtılmış buhar veya suya ihtiyaç duyarlar. Yaprığın nemliliği, yaprakların sağlıklı bir parlaklıkta olması için önemlidir. Aydınlatma altında yetişen bitkilerde ortam ısınmasından kaynaklı ortam kurulaşmakta ve yapraklarda kurumaya neden olmaktadır. Bitki örneklerinin yaprakları üzerinde yapılan analiz sonuçlarında Normal aydınlatma altında bulunan bitki yapraklarının kuru ağırlık değerlerinin 1,2,3,4 ve 5 numaralı örnekler için sırasıyla %30,93, %23,75, %21,30, %51,45 ve %29,76 olduğu belirlenmiştir. Buna karşın LED aydınlatma altında yetişen bitki yapraklarının kuru ağırlık değerleri sırasıyla %17,76, %5,65, %5,79, %13,23 ve %15,75 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, Normal aydınlatmadan kaynaklanan ısı ve yetersiz ışık dalga boyu nedeniyle bitki yapraklarının nemliliğini kaybederek büyük miktarda kuruduğu kuru madde miktarından anlaşılmaktadır. Buna karşın led aydınlatma altındaki bitki yaprakları yüksek nem miktarları (sırasıyla %82,24, %94,35, %94,21, %86,77 ve %86,43) ile son derece sağlıklı ve canlı bir görünüm sergilemektedir.

Bunun dışında bitkilerin gelişimindeki farklılıkların belirlenmesi amacıyla kök kuru ağırlık değerinin yaprak kuru ağırlık değerine bölünerek bulunan kök/filiz oranı analiz sonuçları doğrultusunda hesaplanmıştır. Bitkilerin sağlıklı gelişimi karşılaştırıldığında bitki dokusuna da dikkat edilmelidir. Bitkilerde emilim kök sisteminde başladığı için besin değeri köklerde en yüksek değerlerdedir. 1 numaralı bitkinin kök/filiz oranı, normal aydınlatma altında 0,53 iken led aydınlatma altında 1,15 değerindedir. Dolayısıyla led aydınlatma altında yetişen bitkinin kök besin alımının daha fazla olduğu ve normal aydınlatma altındaki bitkiye kıyasla daha sağlıklı olduğu anlaşılmaktadır. Aynı durum diğer bitki numuneleri için de geçerlidir. Buna göre 2 numaralı bitkinin normal aydınlatma altında ki değeri 0,20, led aydınlatma altındaki değeri ise 0,67'dir. Diğerleri ise sırayla 3 numaralı bitki için 0,50'ye 1,12, 4 numaralı bitki için 0,20'ye 0,85 ve son olarak 5 numaralı bitki için 0,47'ye 0,96 değerlerindedir.

3.Sonuçlar

Bitkilerin sağlıklı gelişiminde topraktan alacağı besinler ancak fotosentez yapabilmesine ve bitkinin kendi besinini üretmesine yardımcı olur. Ancak bitkilerin gelişimde topraktan alacağı besinlerden çok daha önemli şey yeterli derecede güneş ışınlarından faydalanmalarıdır. Bitkinin sağlıklı gelişimi için gerekli olan diğer faktörler (besin, su, toprak kalitesi, vb) yerindeyse bitkinin sağlıklı gelişimi tamamen fotosenteze bağlı olacaktır. Bu nedenle kapalı alanlarda bitkinin fotosentez yapabilmesi için gereksinimi olan ışık dalga boylarının bitkiye sağlanması bitkinin sağlıklı gelişimi için en önemli unsuru oluşturmaktadır.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen LED armatürler, bitkinin gereksinimi olan kırmızı ve mavi ışık dalga boylarını optimum derecede bitkiye sağlayarak bitkilerin sağlıklı gelişimi için gerekli ışığı onlara sunmaktadır. Bu sayede kapalı ortamda yetiştirilen bitkilerin yaşam süreleri uzamakta ve daha sağlıklı ve canlı çiçek veya yaprak oluşumu sağlanmaktadır. Geliştirilen LED aydınlatma armatürünün bulunduğu bitki kabinlerindeki bitkilerde gözlemlenen pozitif özellikler aşağıda listelenmiştir:

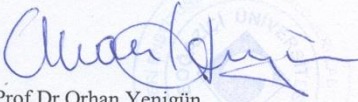
- Parlak yeşil renkte yapraklar
- Sağlıklı yaprak ve dal yapısı
- Filiz verme ve çiçek açma oranında fazlalaşma
- Sağlıklı ve sağlam kök yapısı
- Köklerin sarmaladığı sağlıklı ve taze toprak yapısı
- Bitki boyunun normal aydınlatma altındaki bitklere kıyasla daha fazla uzaması
- Yüksek nem miktarına sahip yapraklar
- Normal aydınlatmaya kıyasla sayca fazla kök sayısı
- Yüksek kök/filiz oranına istinaden daha sağlıklı bitki gelişimi

Sonuç olarak normal aydınlatma ürünü ile kıyaslanan LED aydınlatma armatürlerinin bitkiler üzerindeki pozitif etkileri hem görsel hem de laboratuvar analizleri ile belirlenmiştir. Bitkilerin fotosentezi amacıyla kullanılan normal aydınlatma ürünlerinin yaydığı dalga boylarının bitkinin gereksinimlerine kıyasla yetersiz kaldığı ve bu nedenle bitkilerde hızlı bir şekilde yapraklarda sararma, dökülme ve köklerde çürümeye yol açtığı gözlenmiştir. Bugüne kadar bitki fotosentezi için yaygın olarak kullanılan bu konvansiyonel tip aydınlatma ürünleri yerine LED aydınlatma ürünlerinin kullanımı hem bitkinin sağlıklı gelişimi açısından fayda sağlayacak hem de az enerji tüketimleri ve uzun ömürleri ile ekonomik fayda sağlayacaktır.

A. Analiz Raporu

T.C.
BOĞAZİÇİ ÜNİVERSİTESİ
ÇEVRE BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE ANALİZLERİ LABORATUVARI

 T.C. BOĞAZİÇİ ÜNİVERSİTESİ ÇEVRE BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	ANALİZ RAPORU	Tarih : 21.09.2012 Protokol No: S.108/2012 Rapor No : BÜÇBE-KS-2012/108 Sayfa No : 1/2
Numuneyi Gönderen	Pales Mühendislik ve Danışmanlık	
Firma Adı ve Adresi	Pales Mühendislik ve Danışmanlık Boğaziçi Üniversitesi Kuzey Kampüs Teknopark Binası Kat: 1 No: 208 Bebek / İstanbul	
Numunenin Alınma Tarihi	19.09.2012	
Numune Cinsi	Yaprak ve Kök	
Alınma Şekli	Belirtilmiyor	
Numuneyi Alan	Belirtilmiyor	
Numuneye Yapılan İşlemler	-	
Numunenin Alındığı Yer	Belirtilmiyor	
Numune Geliş Tarihi	19.09.2012	
Numune Geliş Şekli	Elden	
Kabın Cinsi ve Numune Miktarı	Plastik şişe 1.5 L	
Analize Alınış Tarihi	19.09.2012-21.09.2012	
Numune Etiket Bilgisi	Yaprak ve kök	


Prof.Dr.Orhan Yenigün
Laboratuvar Müdürü

Bu rapordaki deney sonuçları Çevre Analizleri Laboratuvarına firma tarafından getirilen numuneye aittir. Bu rapor, laboratuvarın izni olmadan kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız raporlar geçersizdir. Bu rapor firmanın isteği üzerine düzenlenmiştir. Çevre ve Orman Bakanlığı nezdinde kullanılamaz.

T.C.
BOĞAZİÇİ ÜNİVERSİTESİ
ÇEVRE BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE ANALİZLERİ LABORATUVARI

Laboratuvarımıza elden teslim edilen 'YAPRAK ve KÖK NUMUNELERİ' üzerinde istenilen analizler yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

 T.C. BOĞAZİÇİ ÜNİVERSİTESİ ÇEVRE BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	ANALİZ RAPORU		Tarih : 21.09.2012 Protokol No: S.108/2012 Rapor No : BÜÇBE-KS-2012/108 Sayfa No : 2/2	
			SONUÇLAR	
Örnek No	Yaprak		Kök	
	Toplam Katı Madde Miktarı %*	Nem Miktarı %	Toplam Katı Madde Miktarı %*	Nem Miktarı %
1L	17,76	82,24	20,34	79,66
2L	5,65	94,35	3,76	96,24
3L	5,79	94,21	6,47	93,53
4L	13,23	86,77	11,15	88,85
5L	15,57	84,43	14,89	85,11
1N	30,93	69,07	16,39	83,61
2N	23,75	76,25	4,55	95,45
3N	21,30	78,70	10,61	89,39
4N	51,45	48,55	10,33	89,67
5N	29,76	70,24	13,98	86,02

* Referans Metod: SM 2540 B

Deneyleri Yapan:



Uzman Gülhan Özkösemen
Kimyager

Onaylayan:



Prof. Dr. Orhan Yenigün
Laboratuvar Müdürü

Bu rapordaki deney sonuçları Çevre Analizleri Laboratuvarına firma tarafından getirilen numuneye aittir. Bu rapor, laboratuvarın izni olmadan kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız raporlar geçersizdir. Bu rapor firmanın isteği üzerine düzenlenmiştir. Çevre ve Orman Bakanlığı nezdinde kullanılamaz.