



Örtü Altı Sebze Yetiştiriciliğinde Led Aydınlatma Sistemlerinin Bitki Gelişimine ve Verimine Etkisinin Belirlenmesi

Yılmaz Bayhan^{1*}, Zafer Avcı²

¹ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tekirdağ, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1999-3571)

² Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tekirdağ, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2982-2783)

(İlk Geliş Tarihi 4 Eylül 2019 ve Kabul Tarihi 20 Ekim 2019)

(DOI: 10.31590/ejosat.615444)

ATIF/REFERENCE: Bayhan, Y. & Avcı, Z. (2019). Örtü Altı Sebze Yetiştiriciliğinde Led Aydınlatma Sistemlerinin Bitki Gelişimine ve Verimine Etkisinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 86-95.

Öz

Bu araştırmada, güneşlenme süresinin az olduğu bölgelerde ve metro gibi kapalı alanlarda LED aydınlatma sistemleri kullanılarak, örtü altında yetiştirilen yeşil aksamli bitkilerin gelişmesi üzerine olan etkisi, yetiştirilen ürünün kalite parametreleri ve verime olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma Tekirdağ İli, Hayrabolu İlçesi, Ergün Korkmaz Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi seralarında LED ışık kaynağı ile yetiştirilen marul, araştırmanın ana materyalini oluşturmaktadır. Denemede mavi, kırmızı ve sarı renkli LED aydınlatma sistemleri ve bu renklerin kombinasyonları kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; Farklı LED ışık kaynaklarının kullanılması sonucunda ürünler 63 günde olgunlaşmayı tamamlayarak, hasada gelme süresi kısalmıştır. Toplam bitki ağırlığı en yüksek değer 1175,12 g ile mavi+sarı+kırmızı LED uygulamasından ve en düşük değer ise 948,15 g ile mavi+sarı LED uygulamasından elde edilmiştir. Uygulanan LED aydınlatma sistemlerinin kullanıldığı denemede birim alanda en fazla 41,24 ton/ha ile mavi+sarı+kırmızı LED aydınlatma yönteminde, en düşük verim ise 28,58 ton/ha ile mavi+sarı LED aydınlatma yönteminde bulunmuştur. Farklı renkli LED ışık kaynağı uygulamalarının C vitamini yoğunluğu üzerine istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bu sonuçlar neticesinde ürünler erken olgunlaştığı için pazarda yüksek fiyattan satılmasını sağlamaktadır. LED kullanımı seralarda üretilen yeşil yapraklı bitkilerde birim alanda verimi artırmaktadır. Örtü altı sebze yetiştiriciliğinde LED aydınlatma sistemlerinin enerji tüketimi az olup, diğer ışık üreteçlerinden daha ucuzdur. Güneş ışık yoğunluğunun az olduğu kış aylarında, alternatif ışık kaynağı olarak kullanılabilme olanağı mevcuttur.

Anahtar Kelimeler: Marul, LED, Örtü altı, Yetiştirme, Verim

Determining the Effects of Led Lighting Systems in Greenhouse Vegetable Growing on the Growth and Yield of Plants

Abstract

The purpose of this study is to determine the effects of LED lighting systems in places where the hours of sunshine is short and in indoor areas such as subways, on the growth of greenhouse plants, and the quality parameters of the plant as well as the effect on yield. This study has taken place at Tekirdağ Province, Hayrabolu District, Ergün Korkmaz Vocational and Technical High School greenhouse and the main material of the study is lettuce, which has been grown there. During the study, blue, red and yellow colour LED lighting systems and combinations of these colours have been used. According to the study findings; when different LEDs are used, products mature in 63 days and their harvest time is shortened. In terms of total plant weight, the highest value has been obtained from blue + yellow + red LED application by 1175.12 g, while the lowest value has been obtained from blue + yellow LED application by 948.15 g. In the trial where the LED lighting systems have been applied, the greatest productivity per unit area was in

¹ Sorumlu Yazar: Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tekirdağ, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1999-3571, ybayhan@nku.edu.tr

blue + yellow + red LED method by 41.24 ton/ha, while the lowest productivity was observed in blue + yellow LED method by 28.58 ton/ha. The effect of different coloured LED light source practises on vitamin C density has been found to be statistically non-significant. Consequently, the products mature earlier and are sold for a higher price at the market. The use of LED increases productivity per unit area in greenhouse plants. In greenhouse vegetable cultivation, LED lighting systems have low energy consumption and it is cheaper than other light generators. It is a possible alternative light source during the winter months when the sunlight density is low.

Keywords: Lettuce, LED, Greenhouse, Growing, Yield.

1. Giriş

Dünyada kullanılan tarım sahalarının azalması ve bu alanların yağmur, su, rüzgar erozyonuna uğraması, toprak taşınması, ticari faaliyetler, sahaların imarlaşması gibi dış etkenlerden dolayı tarım alanları giderek azalmaktadır. Dünya nüfusunun hızla artması ile bu alanların insanların besin ihtiyacını karşılamaya yetmeyecektir. Bu sebepten birim alandan maksimum ürün alabilme sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Giderek hızlı bir şekilde artan dünya nüfusunun ihtiyacı olan besin maddelerini karşılamak önemli bir problem olarak görülmektedir. Dünyanın ekilebilir alanlarını artıramayacağımızdan dolayı bu problemi birim alandan elde edilecek ürün artışı ile sağlaması mümkündür.

Türkiye’de tarım alanlarının %40.58’ini tahıllar ve diğer bitkisel ürünler, %10.55’i nadasa bırakılan topraklar %2.10’u sebze bahçeleri, %0.01’i süs bitkileri, %8.67’sini uzun ömürlü bitkiler ve %38.08’ini de çayır meralar oluşturmaktadır (Anonim, 2018).

TÜİK 2017 verilerine göre toplam örtü altı üretim yapılan alan 752000 dekadır. Bu alandaki üretimimizin %94’ü sebze, %6’sı meyve üretiminden oluşmaktadır. Domates % 49 üretim payı ile 1. sırada yer almakta, bunu %14 ile hıyar, %10 ile karpuz izlemektedir. Bunların yanında 185000 ton kıvrıcık marul 223000 ton göbekli marul ve 82000 ton iceberg marul üretimi yapılmıştır (Anonim, 2017).

Örtü altı yetiştiriciliğindeki en büyük problem daimi üretim sonucu gün yüzüne çıkan yorgunluktur. Örtü altının yağış almamasından, sera bitkilerinin yaşam fazlalığından kaynaklı, bitki artıklarının yok edilmesi, mikrobiyal oluşumun az olması sebebiyle kimyasal ve organik gübre kullanımını artırmaktadır (Bayraktar, 1970). Bu sebeple örtü altı yetiştiriciliğinde topraksız tarıma geçiş hızlı olmuştur.

Topraksız tarım geleneksel yöntemdeki topraktan kaynaklanan hastalıklar ve zararlılar gibi etmenlerden kaynaklanan kaliteyi düşürücü sebepleri ortadan kaldırmaktadır ve ürün verimini artırmaktadır (Jones, 1983). Toprak olmadan üretim ve ürün yetiştiriciliği bilhassa küçük alanlarda gelişmiştir. Sebze ve süs bitkileri tarımında kullanılmaktadır. Toprak olmadan üretim destek sistemi ve besin karışımı ile yapılan yetiştiricilik türüdür (Varış, 1991).

Bitkilerin gelişiminde büyümeyi etkileyen etmen ışıktır. Bitki bünyesindeki enerji olaylarını da yönetir (Wassink & Stolwijk, 1956). Sebzelerin üretiminde örtü altında kullanılmak üzere yapay ışık kaynakları gündeme gelmiştir. Güneşin aydınlatmadığı bir ortamda yapılan ek ışıklandırmanın sebze gelişimine ve hasat olgunluğuna gelmesinde etkili olan parametreleri bulmuşlardır.

Işık yayan diyot (LED: Light Emitting Diode) teknolojisinin yeni tip yarı iletken malzemelerin ortaya çıkmasıyla sürekli şekilde gelişmesi, aydınlatmanın bitki büyümesi ve gelişimi de dahil olmak üzere giderek artan sayıda yeni alanlarda uygulanmasını mümkün kılmıştır. Son yıllarda, geleneksel aydınlatma sistemlerine alternatif olarak, LED’in bitki morfogenezi için mükemmel bir yapay akıllı aydınlatma kaynağı olduğu kanıtlanmıştır. LED aydınlatma çiçekler, sebzeler, meyveler, aşılınmış fideler, mikro yeşillikler, algler, tıbbi ve aromatik vb. bitkilerin üretilmesinde kullanılmakta ve önemli faydalar sunmaktadır (Çağlayan & Ertekin 2011).

Güneş ışınlarının az olduğu yerlerde veya hiç olmadığı yerlerde, avantajlarından ötürü LED diyotlarının kullanılması artmaktadır. LED diyotlar, uzun ömürlü ve elektrik tüketiminde az enerji harcaması nedeniyle dünyada ve Türkiye’de kullanımı yaygın olarak artmaktadır.

Işık; bitkilerin büyüme ve gelişmelerinde önemli rol oynayan, tohumların çimlenmesinden, bitkilerin ölümüne kadar geçen süreç içerisinde önemli ve farklı düzeylerde etkili olan çevresel faktörlerden biridir. Bitkisel üretimde güneş enerjisinin yeterli olmadığı durumlarda ve güneş ışığı olmayan yetiştirme kabinlerinde yapay ışık kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Işık kaynakları bitki büyümesini teşvik etmek, kalite ve verimde homojenlik sağlamak, bitkilerin vejetatif ve generatif dönemlerinde fotoperiyot zamanlarını ayarlamak, bitkilerin morfolojik ve fitokimyasal olaylarını düzenlemek gibi farklı amaçla kullanılabilirlerdir.

LED lambalar kullanım ömrünün uzun olması, ışık ve enerji verimliliğinin yüksek, ısı oluşumunun düşük olması sebebi ile yapay aydınlatmada önemli rol oynamaktadır. LED lambaların morötensinden (UV) kızılötesine (infrared) kadar uzanan ve görünür ışık bölgesini de kapsayan geniş bir aralıkta üretimi bulunduğundan dolayı araştırmalar için de oldukça iyi olanaklar sunmaktadır.

Özellikle ışığın azaldığı güneşli gün sayısının düştüğü soğuk aylarda güneş batarken ve yokken uygulanan alternatif ışıklandırmanın ürün gelişiminde etkisi olduğu bilinmektedir. Örtü altı sebze yetiştiriciliğinde rekolteyi arttırmak için sertifikalı tohum kullanımı, temiz sulama, bitki besleme, mekanizasyondan yararlanma gibi etmenlerin dışında seracılıkta topraksız tarım ve alternatif enerji kaynaklarının kullanımı önem taşımaktadır.

Bu bilgiler ışığında örtü altı yetiştiriciliğinde yaygın olarak üretilen marul bitkisi, üretiminde LED aydınlatma desteği sağlandığında, gelişim oranlarında değişiklikler olacaktır. Bu hipoteze dayanarak yürütülen bu çalışmanın amacı marul yetiştiriciliğinde LED aydınlatmanın marul bitkisi gelişimi ve özellikle vejetatif ve generatif özelliklerine nasıl etki ettiğinin tespiti ve değerlendirmesidir.

2. Materyal ve Metot

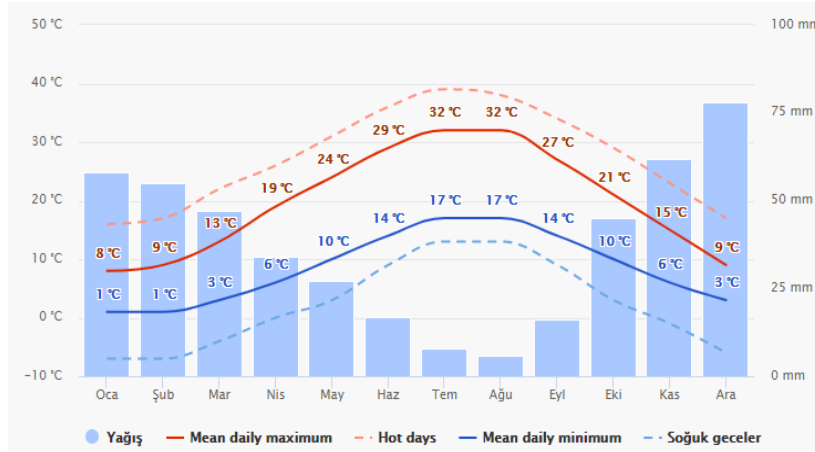
2.1. Materyal

Bu araştırma Tekirdağ İli, Hayrabolu İlçesinde bulunan Ergün Korkmaz Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Tarım atölyesinde ve okul araştırma alanında bulunan polietilen serada 2017-2019 yılları arasında yürütülmüştür. Marul yetiştiriciliğinde vejetatif ve generatif özelliklerin nasıl değişim gösterdiği irdelenmiştir.

2.1.1. Tekirdağ İli Hayrabolu İlçesinin Coğrafik Konumu ve İklim Verileri

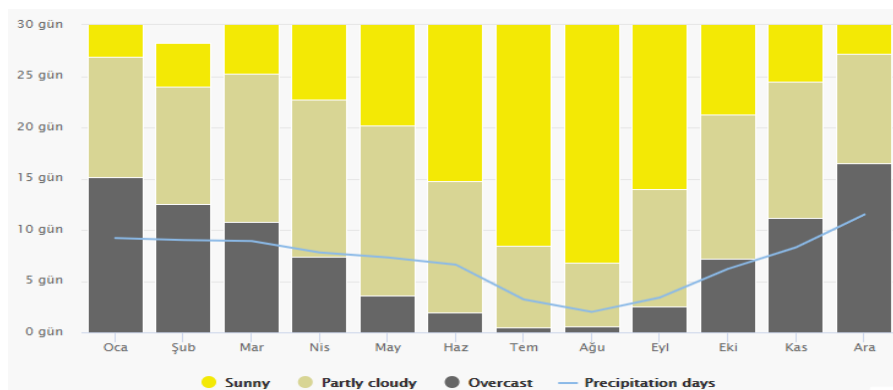
Hayrabolu ilçesi Tekirdağ il sınırları içerisinde olup $41^{\circ} 12' 47''$ kuzey ile $27^{\circ} 6' 24''$ ile doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Hayrabolu ilçesi deniz seviyesinden yüksekliği 60 metredir.

Marmara ve Meriç havzalarında bulunan Tekirdağ ili Hayrabolu ilçesi nemlilik indekslerine göre yarı nemli iklim özelliğine sahiptir. Hayrabolu ilçesinde karasal iklim egemendir, ilçede günlük sıcaklık farkı fazladır. İlçede yaygın olarak yapılmakta olan ürünlerin isteklerine uygun bir yağış rejimi vardır. Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğünden alınan bazı iklim verileri Şekil 1'de açıklandığı gibi ortalama günlük maksimum grafiği (koyu kırmızı çizgi) her ay için ve Hayrabolu için ortalama bir günün maksimum sıcaklığını gösterir. Aynı şekilde ortalama günlük minimum grafiği (koyu mavi çizgi) ortalama minimum sıcaklığı gösterir. Sıcak günler ve soğuk geceler (kesikli kırmızı ve mavi çizgiler) son otuz yıldır her ayın en sıcak ve en soğuk gecelerinin ortalamasını göstermektedir (Anonim, 2019).



Şekil 1. Hayrabolu ilçesinin 2018 yılı (ortalama sıcaklık ve yağış) iklim verileri (Anonim, 2019)

Hayrabolu İlçesinin aylık güneşli, parçalı bulutlu, bulutlu ve yağışlı gün sayısı Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü %20 den az bulutlu günler güneşli olarak, %20-%80 arasındaki günler parçalı bulutlu olarak ve %80'den fazla olan günler kapalı olarak kabul edilir (Anonim, 2019).



Şekil 2. Hayrabolu İlçesinin 2018 yılı (bulutlu güneşli ve yağışlı) iklim verileri (Anonim, 2019)

2.1.2. Araştırmada Kullanılan Marul Bitkisinin Özellikleri

Araştırmada bitkisel materyal olarak, Türkiye’de en çok yetiştirilen tür olan (*Lactuca sativa L. var crispa.*) çeşiti seçilmiştir. Bu marul cinsi Türkiye’de her dönem yetiştiriciliği yapılabilen ve randımanlı gelişimine olanak sağlayan bir türdür. Bu sebze türü ortam koşullarına uyum sağlamakta, açık yeşil aksamı dayanıklı bir çeşittir. Pazarda albenisi yüksek ve cezb edicidir. Yeşil aksamı fazladır ve büyüktür. Yaprak kenarları kıvrıktır. Sapa kalkmada mukavemeti yüksektir. Yapısında esneklik sağlayan genler bulunur. Tüketim esnasında kırılma ve parçalanma yapmaz. Raf ömrünü uzun zaman diliminde koruyabilir. Kıvrık yaprak yanıklığı görülmez. Su dolu bir bitki bünyesine sahiptir ve lezizdir. Örtü altı yüksek tip tünel yetiştiriciliğine uygundur (Anonim, 2014).

2.1.3. Yüksek Tünel Seranın Özellikleri

Yüksek tünel doğu-batı yönünde kurulmuş, üzeri 36 aylık polietilen örtü ile kaplanmıştır. Yüksek tünel 15 metre boyunda, 6 metre eninde, yan yükseklikler 2,2 metre ve orta çatı yüksekliği ise 3 metre olarak kurulmuştur.

2.1.4. Prototip Tünel Seranın Özellikleri

Marul yetiştirmek için yapılan prototip sera 1 metre boyunda, 0,5 metre eninde ve 0,5 metre yüksekliğinde alüminyum çıta ve polietilen şeffaf sert malzemeden yapılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Prototip seranın görünümü

2.1.5. LED Işık Kaynaklarının Özellikleri

Araştırmada kullanılan üç çeşit ana renk (mavi, kırmızı ve sarı) SMD şerit LED 12 voltluk akım ile çalışan diyottan faydalanılmıştır. Fotosentez faaliyeti için klorofil içeren bitkiler 450 nm dalga boyundaki mavi ve 650 nm dalga boyundaki kırmızı ışıklardan yararlanırlar. Kullanılan diyotların dalga boyları fotosentez faaliyeti için en yüksek verimliliğe sahiptir. Bu renklerin teknik özellikleri kırmızı LED in dalga boyu (625 nm-740 nm), sarı LED in dalga boyu (565 nm-690 nm), mavi LED in dalga boyu (440 nm-485 nm) değerlerindedir.

2.1.6. Besin Çözeltisi ve Hazırlanması

Bitkilere topraksız kültürde gerekli olan besin element çözeltisi Çizelge 1’deki gibi oluşturulmuştur. Çözeltinin pH’ı 5,6-6,0 aralığında ve EC değeri 1.88-2.21 mmhos/cm arasında sabit tutulmaya çalışılmıştır. Çözeltinin asitlik seviyesini dengelemek için nitrik asit takviyesi yapılmıştır.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan besin çözeltisinin içeriği* (mg/l)

Element	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Doz (mg/l)	230	60	200	250	36*	5	0,5	0,05	0,5	0,03	0,02

*Kaynak: Resh, 1991; Kahraman, 1997; Gül ve ark., 2005

2.1.6. Araştırmada Kullanılan Malzemeler

Yapay Işık Kaynağı: Araştırmada kullanılan üç çeşit ana renk (mavi, kırmızı ve sarı) SMD şerit LED fotondan yararlanılmıştır. Şerit LED’ler çoğunlukla esnek PCB üzerine SMD tipi (Katı reçine içinde kapsüllenmiş ve yüzeysel olarak monte edilmiş) LED’ler ile birlikte 12V gerilimde çalışmasına uygun akım limitleyici dirençlere sahiptir. Bu sayede basit bir 12V trafo, araba aküsü, LiPo (LityumPolimer) batarya gibi güç kaynakları ile kolay bir şekilde çalıştırılabilirler. (Şekil 4).



Şekil 4. Yapay ışık ile ilgili SMD LED

Substrat: Bitki büyütme sahasını olarak örtü altı topraksız tarımında sıklıkla kullanılan hindistan cevizi torfu ve perlit aynı oranda karıştırılarak hazırlanır.

Cocopeat: Hindistan cevizinin dış yüzeyinden elde edilmektedir. Dünyada örtü altı yetiştiriciliğinde ve peyzaj bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılmaya başlanmıştır. Yeşil doğaya olumsuz etkileri yoktur. Bu malzeme nem tutucudur. Aynı zamanda bol miktarda havalanabilme kapasitesindedir. Organik madde bakımından zengindir. Köklerin aktif büyümesinde rol oynamaktadır ve patojen barındırmamaktadır. Türkiye'ye Afrika'dan ithal edilmektedir (Usluer, 2008).

Perlit: Sillisten oluşan magmatik malzeme olup, yer altından çıkarılan bu malzeme ufalanır ve parçalanır. Sonra 900-1000 °C'de fırınlarda yakılır, bu derecelerde içerisindeki su genişler ve patlar böylece patlamış mısıra benzer. Silis küreciklerinin hacmi 20 kata kadar artar, perlitli oluşturan kürelerin rengi beyazdır ve yüksüz taneciklidir (pH 6.5 – 7.5). Perlit blokları içerisinde atmosfer gazı kabarcıkları yer alır, taneciklerin üzerleri ufak çukurlarla kaplı olup, nem barındırma kabiliyeti maksimum düzeydedir (Sevgican, 1999).

Sulama Sistemi: Prototip sera ve yüksek tünel sera damla sulama sistemi ile sulanmaktadır. Sulama tankı 20 litre kapasiteye sahip olup, bitki için gerekli olan bitki besin elementleri damla sulama sistemi yardımı ile verilmektedir. Sulama tankı kapasitesi ise 400 litre olup seranın iç kısmının köşesine monte edilmiştir. Serayı sulamada suyun akışını sağlamak için akvaryum motoru, suyun filtresi için PVC filtre ve saksıların baş kısımlarına ana boru montesi yapılmıştır. Her bir saksıya 2 adet damla deliği bitkilere denk gelecek biçimde üst kısımlara yerleştirilmiştir.

2.1.7. Araştırmada Kullanılan Ölçüm Cihazları

Araştırmada, ağırlık ölçümünde elektronik terazi, renk ölçümünde spektrometre, Ph ölçümünde Phmetre, kuru madde tayininde refraktometre, klorofil ölçümünde klorofilmetre ve ışık ölçmek için lüxmetre kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Yüksek Tünel Seraya ve Prototip Seraya LED Işıkların Yerleştirilmesi

Yüksek Tünel ve prototip serada deneme parsellerinin sıra üzerine üç sıra şeklinde LED ışıkları monte edilmiş olup, her bir sıra yüksek tünelde 10 metre uzunluğunda ve prototip serada ise 1 metre uzunluğundadır. Kullanılan kırmızı, sarı ve mavi LED ışıkları toprak üzerinden itibaren 0,5 metre yüksekliğe konumlandırılmıştır. Yüksek tünel serada her bir parselde kullanılan toplam şerit LED uzunluğu 30 metre, prototip serada ise toplam LED uzunluğu 9 metredir. Marul fideleri saksılara dikiminin LED'ler saydam asma tavan bloklarına şeritler halinde yapıştırılmıştır ve bloklar sera üst kirişlerine balya ipi ile asılmıştır LED şeritler hiç kapatılmadan gece ve gündüz çalıştırılmıştır.

2.2.2. Protatip Sera Bitki Büyütme Ünitelerinin Hazırlanması ve Yüksek Tünel Sera Zeminin Hazırlanması

Seranın içerisi temizlenerek toprak yüzeyi siyah malç ile kaplanarak saksıların toprakla bağlantıları kesilmiştir. Araştırmada kullanılan saksıların tabanında iki adet delik (1.5 cm) açılmış ve deliklerden gelen çözelti sayesinde bitkiler beslenmektedir. Saksılar birbirlerine 1m mesafe olacak şekilde 12 adet saksı dizilmiştir. Her bir sıranın sonundaki saksılar elimine edilerek köşe tesiri ortadan kaldırılmıştır. Her bir sıradaki saksılar içerisine Hindistan cevizi torfu ile perlit aynı oranda karıştırılarak bitki ortamı hazırlanmıştır.

2.2.3. Dikim, Bakım ve Hasat İşlemleri

Bir saksıya üç bitki gelecek ve her bir parselde dokuz bitki gelecek şekilde dikimi yapılmıştır. Bitki gelişimi için tüm besin elementleri damla sulama sistemi ile yapılmıştır. Elektro motor ve akıllı saat yardımı ile günde bir kez 15 dakika çalıştırılmıştır. Tüm parsellerde bakım işleri aynı şekilde yapılmıştır. Marullar büyüklüğüne göre ve olgunlaşma durumu göz önüne alınarak 14 Nisan 2018 tarihinde tüm parseller hasat edilmiştir. Hasata gelme süresi bitkilerin dikiminden itibaren, deneme parsellerindeki bitkilerin tamamı 65. günde hasat iriliğine ulaştıkları için hasat edilmişlerdir.

2.2.4. Marulun Özelliklerinin Belirlenmesi

Hasada Gelme Süresi: Fidelerin dikiminin yapıldığı gün ile hasat edilen gün arasındaki gün farkı hasada gelme süresi olarak kabul edilmiştir.

Toplam Bitki Ağırlığı: Hasat olgunluğuna gelmiş bitkiler parsellerden sökülerek, köklerdeki topraklar ve yabancı maddeler temizlenerek tartımları $\pm 0,1$ g duyarlıdaki terazi ile yapılmıştır (Gül ve ark, 2005).

Pazarlanabilir Yaprak Ağırlığı: Hasat olgunluğuna gelmiş bitkiler ilk yaprakları ayıklandıktan sonra kökleri kesilerek kalan bitkinin tartımları $\pm 0,1$ g duyarlıtaki terazi ile yapılmıştır.

Pazarlanabilir Yaprak Sayısı: Temizlenmiş bitkiler yapraklara ayrılarak bitkideki toplam yaprak sayısı (adet/bitki) bulunmuştur (Altintas & Candar, 2012).

Toplam Yaprak Sayısı: Hasat edilen bitki yapraklarının tamamı (sararmış, çürümüş vs) bitkiden ayrılarak bitkideki bütün yaprak sayısı (adet/bitki) hesaplanmıştır (Altintas & Candar, 2012).

Pazarlanabilir Verim: Her bir parselde hasat edilen bitkiler temizlenerek pazara sunulan şekliyle $\pm 0,1$ g duyarlıtaki terazi ile tartımları yapılarak, birim alandaki verimi (ton/ha) hesaplanmıştır (Altintas & Candar, 2012).

2.2.5. Deneme Deseni ve İstatistik Analiz

Araştırmada elde edilen sonuçların arasındaki farkı belirlemek için SPSS paket programında istatistiksel analizler yapılmıştır. İstatistiksel olarak önemli bulunan parametrelerin karşılaştırılmasında, denemede elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve varyans analizlerinde (ANOVA) SPSS (Version 12.00; Chicago, IL, USA) istatistik yazılımı kullanılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılması Duncan testine göre $p \leq 0,05$ düzeyinde yapılmıştır (Düzgüneş ve ark,1987; Eliçin ve ark, 2018).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu araştırmada farklı renkteki LED ışık kaynakları, kombinasyonlarının klorofil miktarı, bitkinin ağırlığı, baş ağırlığı, pazarlanabilir yaprak sayısı, toplam yaprak sayısı, pazarlanabilir verim, C vitamini, pH ve yaprak rengi değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı renkli LED ışık kaynağı uygulamalarının bitki verim özellikleri üzerine etkisi

LED	Tek.	Klorofil Miktarı	ORT.	Bitki Ağırlığı (g)	ORT.	Baş Ağırlığı (g)	ORT.	Pazarlanabilir Yaprak Sayısı	ORT.	Toplam Yaprak Sayısı	ORT.	Pazarlanabilir Verim	ORT.
kırmızı	1	10,40		971,04		820,00		39,00		43,00		31,12	
	2	10,25	10,33 ^c	931,08	950,04 ^c	810,00	816,00 ^e	43,00	40,00 ^d	45,00	44,67 ^d	33,06	32,39 ^c
	3	10,35		948,00		818,00		38,00		46,00		33,00	
mavi	1	11,85		1048,58		901,00		43,00		49,00		38,85	
	2	12,01	11,92 ^a	1095,57	1063,24 ^b	895,00	898,00 ^c	46,00	45,33 ^{abc}	51,00	50,00 ^{ab}	33,45	35,98 ^b
	3	11,90		1045,56		898,00		47,00		50,00		35,65	
mavi+kırmızı	1	9,24		1061,12		954,00		48,00		49,00		37,45	
	2	9,30	9,27 ^d	1085,14	1074,80 ^b	955,00	953,67 ^b	44,00	46,00 ^{ab}	45,00	48,67 ^{bc}	38,35	36,40 ^b
	3	9,26		1078,13		952,00		46,00		52,00		33,40	
mavi+sarı	1	9,24		930,47		748,00		40,00		45,00		29,42	
	2	9,28	9,28 ^d	960,49	948,15 ^c	765,00	754,33 ^g	39,00	40,67 ^{cd}	43,00	44,33 ^d	30,21	28,58 ^d
	3	9,32		953,48		750,00		43,00		45,00		26,10	
m+s+k	1	10,80		1100,11		1051,00		49,00		52,00		42,22	
	2	11,15	10,95 ^b	1220,13,	1175,12 ^a	1060,00	1052,00 ^f	53,00	49,67 ^a	51,00	53,00 ^a	40,26	41,24 ^a
	3	10,90		1250,12		1045,00		47,00		56,00		41,24	
sarı	1	9,80		1000,58		860,00		40,00		45,00		32,71	
	2	10,50	10,07 ^c	950,57	990,57 ^c	855,00	861,67 ^d	43,00	42,00 ^{bcd}	45,00	46,00 ^{cd}	34,91	33,81 ^{bc}
	3	9,90		1020,56		870,00		43,00		48,00		33,81	
sarı+ kırmızı	1	9,20		950,60		772,00		38,00		45,00		31,10	
	2	9,35	9,30 ^d	940,61	950,61 ^c	750,00	771,67 ^f	45,00	41,00 ^{bcd}	43,00	45,00 ^{cd}	30,00	30,97 ^{cd}
	3	9,36		960,62		793,00		40,00		47,00		31,80	
kontrol	1	10,10		1040,81		885,00		48,00		48,00		37,65	
	2	10,25	10,22 ^c	1030,83	1060,82 ^b	889,00	889,33 ^c	41,00	44,67 ^{bcd}	46,00	47,67 ^{bcd}	34,50	35,88 ^b
	3	10,30		1110,82		894,00		45,00		49,00		35,50	

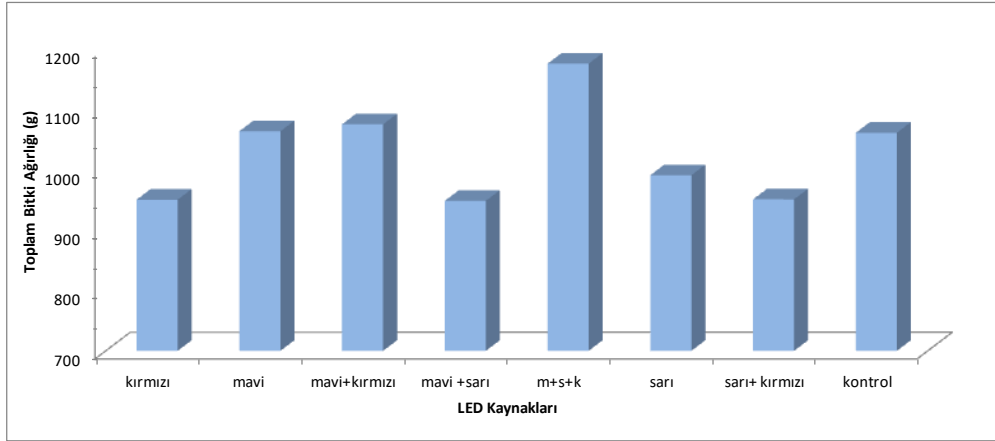
*Ortalamalar %5 düzeyinde Duncun testi uygulanmıştır ve aynı harfi taşıyan ortalamalar aynı gruba girmektedir.

3.1. Hasada Gelme Süresi

Denemeye alınan bitkiler yetiştirme süresi boyunca farklı renklerdeki LED uygulamalarına maruz bırakılmıştır. Bunun etkisi ilk olarak hasat süresinin kısalmasıyla görülmüştür. Tüm parsellerde hasat süresi 63 gün olarak belirlenmiş ve hasata başlanmıştır. Ancak bazı araştırmacılar LED uygulaması olmadan yaptıkları çalışmalarda farklı süreler tespit etmişlerdir. Thompson ve Kelly (1957) hasat süresini 70-150 gün, Karataş (2011) 106-124 gün olarak bulmuşlardır. Yapılan çalışmada ürünün hasada gelme süresi Thompson ve Kelly (1957) 70-80 gün, Karataş (2011) 43-61 gün daha erken olmuştur. Diğer bir ifadeyle LED kullanımı vejetasyon süresini kısaltmaktadır.

3.2. Toplam Bitki Ağırlığı

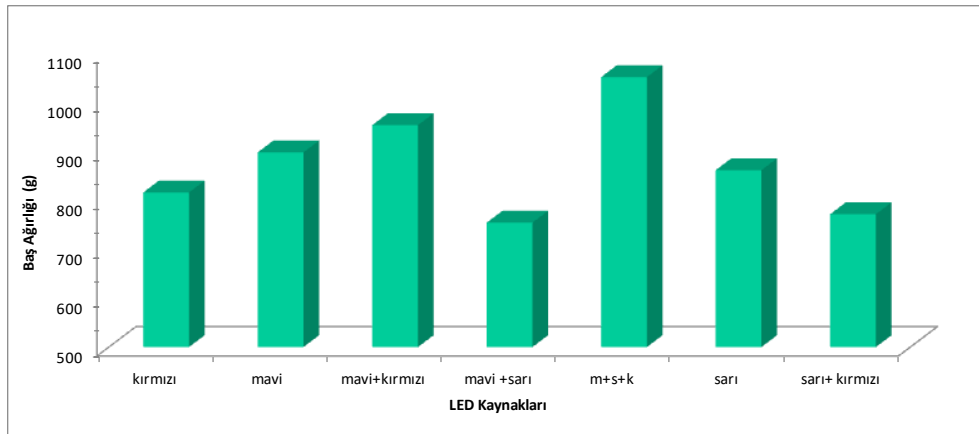
Denemelerde kullanılan farklı renk ve kombinasyonlarında ki LED lerin toplam ortalama bitki ağırlığı istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($F=11.715^{**}$). Bitki toplam ağırlığı en fazla 1175,12 g ile kırmızı+sarı+mavi LED ile aydınlatma yönteminde ve en ise 948,15 g ile mavi+sarı LED aydınlatma yönteminde saptanmıştır (Şekil 5). Gül ve ark, (2005)'e göre marul yetiştiriciliğinde toplam bitki ağırlığını 447,8 g ile 683,7 g arasında saptamış; Koudela & Petrikova (2008) ise bitki ağırlığının 190-463g arasında bulmuşlardır. Buna göre bu araştırmada saptanan ağırlıklar daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur. Bitki ağırlıklarının sonuçları literatüre göre daha fazla %71.88 oranında fazla belirlenmiştir.



Şekil 5. Değişik dalga boylarının marul ağırlığı üzerine etkisi

3.3. Pazarlanabilir Baş Ağırlığı

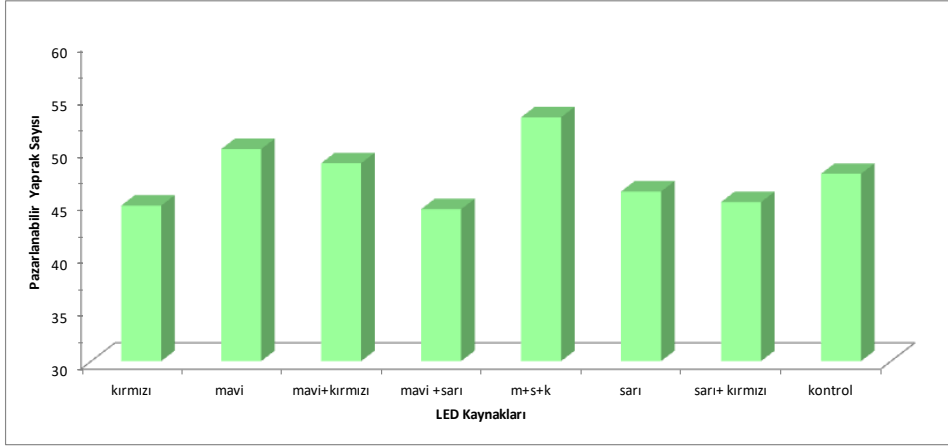
Pazarlanabilir ortalama baş ağırlığına LED ışıklarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($F=318,13^{**}$). Taşıma sonuçlarına göre en fazla pazarlanabilir baş ağırlığı üçlü ana renk (kırmızı+mavi+sarı) LED aydınlatma yönteminde 1052,1 g olarak saptanmıştır. En az kütleli pazarlanabilir baş ise 754,33 g ile sarı+mavi LED aydınlatma yönteminde bulunmuştur (Şekil 6). Koudela ve Petrikova (2008)'e göre marul baş ağırlığı arasındaki farkın önemli olduğu ve baş ağırlığının 190-463 g arasında değiştiğini bulmuşlardır. Benzer bir çalışmada Gül ve ark, (2005)'e göre baş ağırlığının örtü altı yetiştirme ortamına ve yetiştirme mevsimine bağlı olarak 433,0 g ile 683,7 g arasında değiştiğini belirtmektedirler. Elde edilen pazarlanabilir baş ağırlıkları literatüre göre daha yüksek (%53.88) bulunmuştur.



Şekil 6. Marulun pazarlanabilir baş ağırlığı

3.4. Pazarlanabilir Yaprak Sayısı

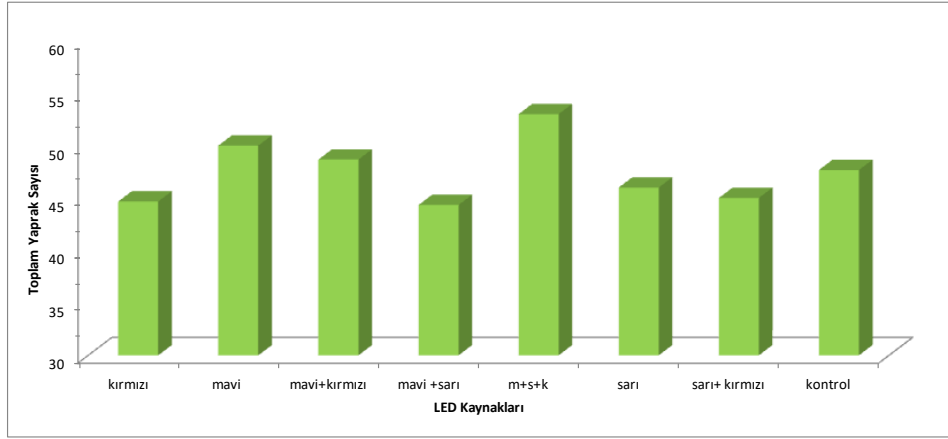
Diyot kullanımının pazarlanabilir yaprak üzerine etkisi istatistikî olarak fark önemli bulunmuştur ($F=4.638^{**}$). En yüksek pazarlanabilir yaprak sayısı mavi+sarı+kırmızı LED aydınlatma yönteminde 49,67 adet/bitki olarak saptanmıştır. En düşük pazarlanabilir yaprak sayısı kırmızı LED ışığında ise 40 adet/bitki olarak bulunmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Değişik diyotların pazarlanabilir yaprak sayısına etkisi

3.5. Toplam Yaprak Sayısı

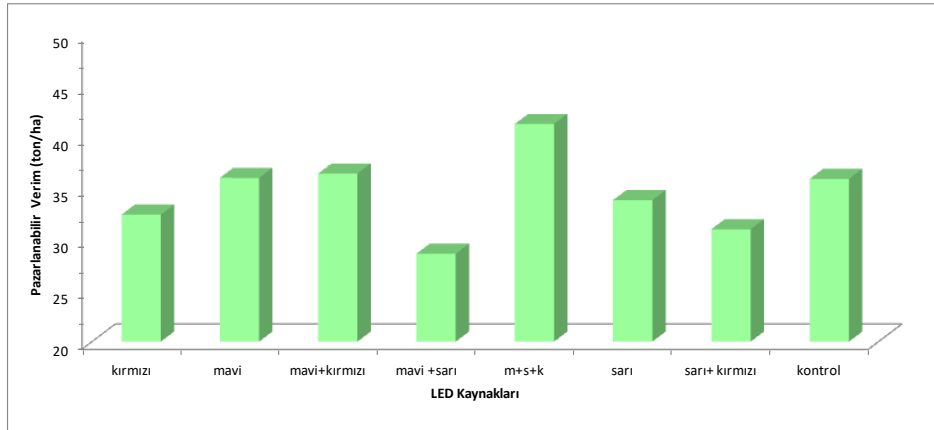
Farklı LED aydınlatma yönteminin toplam yaprak sayısı arasındaki ilişki istatistiki açıdan önemli çıkmıştır. ($F=6,623^{**}$). Uygulanan ışık kaynaklarının toplam yaprak sayısına olan etkisi Şekil 8’de verilmiştir. Şekil 8’de görüldüğü gibi, bir bitkide en az toplam yaprak sayısı 44,33 adet ile kırmızı LED aydınlatma yöntemde ve en fazla yaprak sayısı ise 53,00 adet ile mavi+sarı+kırmızı LED aydınlatma yönteminde saptanmıştır.



Şekil 8. LED ışıkların toplam yaprak sayısına etkisi

3.6. Pazarlanabilir Verim

Değişik LED aydınlatma yönteminde elde edilen pazarlanabilir verim değerlerinin istatistiki analizi sonucunda önemli bir fark elde edilmiştir ($F=13,983^{**}$). Değişik uygulanan LED aydınlatma yöntemlerinde en yüksek verim 41,24 ton/ha ile kırmızı+mavi+sarı LED ışık uygulanan parselde bulunurken, en az verim 30,97 ton/ha ile sarı+mavi LED aydınlatma yönteminde saptanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. LED ışıkların pazarlanabilir verim arasındaki ilişki

4. Sonuç ve Öneriler

Bu araştırmada, güneşlenme süresinin az olduğu bölgelerde ve metro gibi kapalı alanlarda LED aydınlatma sistemleri kullanılarak, örtü altında yetiştirilen yeşil aksamli bitkilerin gelişmesi üzerine olan etkisinin belirlenmesinde farklı LED ışığının kullanılması sonucunda elde edilen sonuçlar özet olarak aşağıda verilmiştir.

Farklı LED ışık kaynaklarının kullanılması sonucunda ürünler 63 günde olgulaşmayı tamamlayarak, hasada gelme süresi kısalmıştır. Toplam bitki ağırlığı en yüksek değer 1175,12 g ile mavi+sarı+kırmızı LED uygulamasından ve en düşük değer ise 948,15 g ile mavi+sarı LED uygulamasından elde edilmiştir. Pazarlanabilir baş ağırlığına mavi+sarı+kırmızı LED ışık uygulanan yöntemde 1.052,00 g olarak saptanmıştır. En düşük pazarlanabilir baş ağırlığı ise 754,33 g ile mavi+sarı LED ışık uygulanan parselde bulunmuştur. Bir marulda pazarlanabilir yaprak sayısı en fazla 49,67 adet ile mavi+sarı+kırmızı LED ışık uygulamasında ve en düşük pazarlanabilir yaprak sayısı ise 40 adet ile kırmızı LED ışık uygulanan yöntemde belirlenmiştir. Bitki başına yaprak sayısı en düşük toplam yaprak sayısı 44,33 adet ile kırmızı LED ışık uygulanan yöntemde ve en fazla yaprak sayısı ise 53,00 adet ile mavi+sarı+kırmızı LED ışık uygulanan yöntemde elde edilmiştir. LED aydınlatma sistemlerinin kullanıldığı denemede birim alanda en fazla 41,24 ton/ha ile mavi+sarı+kırmızı LED ışık uygulanan yöntemde, en düşük verim ise 28,58 ton/ha ile mavi+sarı LED ışık uygulanan parselden elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda LED ışık kaynağının kullanılması durumunda sağladığı avantajlar;

- Ürünler erken olgunlaştığı için pazarda yüksek fiyatta satılmasını sağlamaktadır.
- Birim alanda elde edilen ürün miktarını arttırmaktadır.
- Örtü altı sebze yetiştiriciliğinde LED aydınlatmada sistemlerinin enerji tüketimi az olup, diğer ışık üreteçlerinden ucuzdur.
- Birim alanda az yer kaplamaktadır.
- Güneşin bütün dalga boyundaki ışınlarını taklit etme yeteneğine sahiptir.
- Mikrobiyal faaliyeti mor ötesi ve kızılötesi ışınlarından kaynaklı etmenleri minimuma indirmektedir.
- Güneş ışık yoğunluğunun az olduğu kış aylarında, ek ışık kaynağı olarak kullanılabilir.

LED ışık kaynağının kullanılması durumunda sağladığı dezavantajlar;

- Koruyucu UV gözlük kullanılmadığı zaman, gözlerde bozukluklara sebebiyet verebilir.
- Korunaksız örtü yetiştiriciliğinde tüm böceklerin üretim ortamına yönlendirilmesinde etkili olmaktadır. Bu da seraların giriş ve çıkış kapılarının çift yapılması gerektirerek maliyeti arttırmaktadır.

Kaynakça

- Altıntaş, S., & Candar, S., 2012. Relations between growth, N level, NH₄-N ratio of fertilizer, climatic variables, harvest time and tipburn of cos lettuce grown under the cold glasshouse. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10 (3&4), 368-373.
- Anonim, 2014. <http://www.tarimtedarik.com/urun/funly-marul-fidesi-kivircik.aspx> (15.07.2014)
- Anonim, 2017. TÜİK Verileri <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel-uretim-istatistikleri> Erişim Tarihi: 01.07.2018
- Anonim, 2018. TÜİK Verileri <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel/zul-erisim-tarihi-20.05.2018>
- Anonim, 2019. İklimHayrabolu. https://www.meteoblue.com/tr/hava/tahmin/modelclimate/hayrabolu_t%C3%BCrkiye_745697 (erişim tarihi, 11.01.2018).
- Bayraktar, K., 1970. Sebze Yetiştirme 'Kültür Sebzeleri'. E.Ü.Zir.Fak., Cilt 2, Yayın No: 169, İzmir
- Çağlayan, N. & Ertekin, C., 2011. Bitkisel Üretim için LED Yetiştirme Lambalarının Kullanımı. Uluslar arası Katılımlı I.Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuar, 27-30 Nisan, 2011, Eskişehir.
- Düzgüneş O., Kesici, T., & Gürbüz, F., 1987. İstatistik Metodları-1. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 861, Ders Kitabı: 229, Ankara.
- Eliçin, A.K., Pekitkan, F.G., Bayhan, Y., & Sessiz, A., 2018. Effects of Tillage Methods on Weed Density in Corn (*Zea Mays* L.) Production. *International Scientific Journal, Science, Business, Society*, 3 (4), 150-152.
- Gül, A., Tüzel, İ.H., Tüzel, Y., İrget, M.E., Öztan, F., & Tepecik, M., 2005. Topraksız Tarım Sistemi ile Biber Yetiştiriciliğine Uygun Sulama ve Gübreleme Programının Geliştirilmesi. 2002 ZRF 03 no'lu proje.
- Jones, J. B., 1983. A Guide For The Hydroponic & Soilless Culture Grower. ISBN: 0-917304-49-7. Timber Press. Oregon.
- Kahraman, Ö., 1997. Bazı Topraksız Kültür Sistemlerinin Sera Kıvırcık yapraklı salata Yetiştiriciliğinde Kullanım Olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniv. Fen Bilimleri Ens., İzmir
- Karataş, P., 2011. Farklı Dikim Zamanları ve Organik Gübrelerin Topraksız Tarım Koşullarında Kıvırcık Yapraklı Salata (*Lactuca Sativa* Var. *Crispa*) Yetiştiriciliğinde Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Koudela, M., & Petrikova, K., 2008. Nutrients content and yield in selected cultivars of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). *Hort. Sci.* 35(3): 99-106.
- Resh, H.M., 1991. *Hydroponic Food Production*. Woodbridge Press Pub. Com., California
- Sevgican, A., 1999. Örtüaltı Sebzeciliği (Topraksız Tarım) Cilt II. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir. 130s.

- Thompson, C. H., & Kelly, C. W., 1957. Vegetable Crops. McGraw Hill Book, Co. Inc., USA.
- Usluer, O., 2008. Farklı Ortamlar Kullanılarak Topraksız Yetiştirilen Baş salatada (*Lactuca Sativa* Var. *Capitata*) Verim Ve Bazı Kalite Özelliklerinin İncelenmesi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa
- Variş, S., 1991. Sera sebzelerinin perlit doldurulmuş torbalarda topraksız yetiştirilmeleri. T.Ü. Ziraat Fakültesi Tekirdağ Yayınları: 128 (10), 15.
- Wassink, E. C., & Stolwijk, J. A. J., 1956. Effects of light quality on plant growth. Annual Review of Plant Physiology, 7, 373-400.