

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**BAŞ SALATA YETİŞTİRİCİLİĞİNDE DÖNEN KATLI
SİSTEMİN DİĞER BAZI TOPRAKSIZ TARIM
SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Gamze ÇILĞIN

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yüksel TÜZEL

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 501.01.00

Sunuş Tarihi : 16.01.2015

Bornova-İZMİR

2015

Zir. Müh. Gamze ÇILGIN tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan “Baş Salata Yetiştiriciliğinde Dönen Katlı Sistemin Diğer Bazı Topraksız Tarım Sistemleri ile Karşılaştırılması” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 16/01/2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı :Prof. Dr. Yüksel TÜZEL

.....
.....

Raportör Üye :Prof. Dr. Ayşe GÜL

.....
.....

Üye : Prof. Dr. M. Eşref İRGET

.....
.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Baş Salata Yetiştiriciliğinde Dönen Katlı Sistemin Diğer Bazı Topraksız Tarım Sistemleri İle Karşılaştırılması” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

16/01/2015

Zir. Müh. Gamze ÇILGIN

ÖZET**BAŞ SALATA YETİŞTİRİCİLİĞİNDE DÖNEN KATLI SİSTEMİN
DİĞER BAZI TOPRAKSIZ TARIM SİSTEMLERİ İLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

ÇILĞIN, Gamze

Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yüksel TÜZEL

Ocak 2015, 80 sayfa

Bu çalışmada, dönen katlı sistem aeroponik (AeroGrower 20) sistem, kapillar sistem (autopot), ortam kültürü ve toprakta yetiştiricilik ile karşılaştırılarak sistemin etkililiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Başka bir serada yapılan Besleyici Film Tekniği (NFT) üretiminin sonuçları gözlem olarak değerlendirilmiştir. 2014 yılında yürütülen araştırmada iceberg tipi salata (*Lactuca sativa* var. capitata) çeşidi olan Salinas'ın fideleri kullanılmış ve fide dikiminden sonraki 50. günde başlar hasat edilerek verim değerleri, baş ve bazı kalite özellikleri, bitki besin elementi içeriği ve su kullanım randımanı saptanmıştır.

Denemeye alınan sistemler arasında en yüksek verim (12.99 kg/m^2) birim alandaki bitki sayısının en yüksek (45 adet/m^2) olduğu aeroponik sistemden alınmıştır. Bunu kapillar ve dönen katlı sistem izlemiş, ortam kültürü ve toprakta yetiştiricilikten alınan verim en düşük olmuştur. Birim alandaki bitki sayısının daha düşük olduğu topraktaki yetiştiricilikte ise en yüksek ortalama ve pazarlanabilir baş ağırlığı değerlerine ulaşılmıştır. Baş özellikleri arasında ortalama ve pazarlanabilir baş ağırlıkları ile baş çapı ilişkili bulunmuştur. Denemeye alınan sistemler içerisinde en yüksek su kullanım etkinliği 51.62 kg/m^3 ile kapillar sistemden elde edilmiş ve bu değer topraktaki yetiştiriciliğe göre %27.2 oranında daha yüksek çıkmıştır.

Araştırmadan elde edilen tüm bulgular birlikte değerlendirildiğinde, dönen katlı sistemin tasarımından kaynaklanan bazı sorunlar nedeniyle, ancak düzeltme yapıldıktan sonra kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar sözcükler: Baş salata, dönen katlı sistem, ortam kültürü, kapillar sistem, besleyici film tekniği (NFT), aeroponik sistem

ABSTRACT**COMPARISON OF VERTICAL CONVEYOR SYSTEM WITH
OTHER SOILLESS CULTURE SYSTEMS IN HEAD SALAD
GROWING**

ÇILĞIN, Gamze

MSc in Horticulture

Supervisor: Prof. Dr. Yüksel TÜZEL

January 2015, 80 pages

In this study, it was aimed to compare vertical conveyor system, aeroponic (AeroGrow 20), capillar system (autopot), substrate culture, soil production , and to evaluate for the effectiveness of the system in. Results of production in Nutrient Film Technique (NFT) done in another greenhouse were evaluated as observation. The seedlings of head salad (*Lactuca sativa* var. capitata) variety Salinas were used. Head salads were harvested after 50 days after transplanting and parameters related to yield, plant growth and quality, plant nutrient content and water use efficiencies were determined.

Among the tested systems, the highest total yield (12.99 kg/m²) was obtained from aeroponic system which had the highest number of plants (45 no/m²). This was followed by capillar system and vertical conveyor system. The lowest total yield were substrate culture and soil production. The maximum average and marketable head weights were in soil production which had the lowest plant number per unit area. A relationship was found between average and marketable head weight with head diameter in measured parameters. The highest water use efficiency was in capillary system with 51.62kg/m³ among the tested systems and this value was 27.2% higher than soil production.

As a conclusion, the results revealed that vertical conveyor system could be used after some modifications due to some issues resulting from its design.

Keywords: Head lettuce, vertical conveyor system, substrate culture, capillary system, nutrient film technique (NFT), aeroponik

TEŞEKKÜR

Çalışma sürem boyunca bana tüm imkanları sağlayan, fikirleriyle bana ışık tutan, sadece eğitim-öğretim hayatımda değil özel hayatımda bile bana yol gösteren, maddi ve manevi yönden tezimin en iyi şekilde yürümesini sağlayan tez danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. Yüksel TÜZEL'e,

Tez çalışmamın her aşamasında fikir ve görüşlerini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, her zaman yanımda olan Doç. Dr. Gölgen Bahar ÖZTEKİN'e,

Dönen Katlı Sistemi tasarlayan, imalatını yapıp seraya kuran ve tez çalışmamda kullanmama olanak sağlayan AHK İNŞ. TURZ. DEK. SAN. TİC. LTD. ŞTİ (Düzce)'ne,

Element analiz ve içeriklerinin hesaplanmasında yardımcı olan Dr. Mahmut TEPECİK'e,

Lisans dönemimin başından beri beni hiçbir şekilde yalnız bırakmayıp her daim yanımda olan sevgili arkadaşlarıma ve tez aşamam boyunca bende yardımlarını esirgemeyen yüksek lisans arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini her zaman hissettiğim babam Yusuf ÇILGIN, annem Zeynep ÇILGIN ve kardeşlerim Sevgi ÇINAR, Duygu ÇILGIN, Doğukan ÇILGIN ve Aziz ÇINAR ile tüm sıkıntılı zamanlarımda hep yanımda olan Tuğçe MALAYMAR ÇETİN ve Gülşah Ekin KARTAL'a,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Zir. Müh. Gamze ÇILGIN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ	5
2.1 Dönen Katlı Sistem.....	5
2.2 Aeroponik Sistem	7
2.3 Kapillar Sistem	11
2.4 Ortam Kültürü.....	14
2.5 Besleyici Film Tekniği (NFT)	18
3. MATERYAL ve YÖNTEM	22
3.1 Materyal.....	23
3.1.1 Bitkisel materyal.....	23
3.1.2 Kullanılan sistemler	23

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.1.3 Kullanılan ortam	32
3.2 Yöntem.....	32
3.2.1 Dikim	32
3.2.2 Bitki bakım işleri ve yetiştiricilik.....	35
3.2.3 Kullanılan besin solüsyonu	35
3.2.4 Yapılan ölçüm ve analizler	36
3.3 İstatistiksel Değerlendirme	43
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	44
4.1 Verim Parametreleri	44
4.2 Bitki Gelişim Parametreleri	55
4.3 Kalite Parametreleri	56
4.3.1 Renk değerleri.....	56
4.3.2 Klorofil değerleri.....	57
4.3.3 Nitrat değerleri	57
4.3.4 Vitamin C değerleri.....	58
4.4 Bitki Besin Element İçeriği.....	58

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.4.1 Yaprak besin element içeriği	58
4.4.2 Kök besin element içeriği	59
4.5 Su kullanım randımanı (WUE).....	60
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	61
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Araştırmanın yürütüldüğü 400 m ² 'lik seranın genel görünümü	22
3.2 NFT'nin bulunduğu seranın genel görünümü.....	22
3.3 Hidroponik aparat	24
3.4 Dönen katlı sistemin sera içine kurulumu ve devrinin ayarlanması	25
3.5 Dönen katlı sistemde damlama sorunu	26
3.6 Çelik tablaya yapışan ve çürüyen yapraklar	26
3.7 Besin solüsyonuna giren yapraklar	27
3.8 Zincirlerin deforme ettiği yapraklar.....	27
3.9 Monte edilen polycarbon ve kafes telleri.....	27
3.10 Aeroponik sistem	28
3.11 Kapillar sistem	29
3.12 Kapillar sistemin çalışma şekli	29
3.13 Saksıda ortam kültürü	30
3.14 Toprakta yetiştiricilik.....	31
3.15 Besleyici Film Tekniği (NFT)	31
3.16 Aeroponik ve kapillar sistemde dikim (03.03.2014).	33

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.17 Dönen katlı sistem ve ortam kültürüne dikim (03.03.2014).....	33
3.18 Toprağa ve Besleyici Film Tekniği (NFT)'ne dikim (03.03.2014).....	33
3.19 Baş salatada baş çapı ölçümü	37
3.20 Baş salatada baş yüksekliği ölçümü	37
3.21 Baş salatada yaş-kuru ağırlık ölçümü.....	38
3.22 Baş salatada renk ölçümü	38
3.23 Renk topu.....	38
3.24 Baş salatada klorofil analizi.....	39
3.30 Nitrat analizi ve spektrofotometrede okuma	40
3.31 Baş salatada vitamin C analizi.....	40
3.22 Üretim döneminde sera içi sıcaklıkların (°C) haftalık değişimi	43
3.23 Üretim döneminde sera içi bağıl nemin (%) haftalık değişimi.....	43
4.1 Dönen katlı sistemdeki baş salataların haftalık gelişimi	45
4.2 Aeroponik sistemdeki baş salataların haftalık gelişimi	46
4.3 Kapillar sistemdeki baş salataların haftalık gelişimi	47
4.4 Ortam kültüründeki baş salataların haftalık gelişimi.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.5	Toprakta yetiştiricilikte baş salataların haftalık gelişimi.....49
4.6	Besleyici Film Tekniği (NFT)'deki baş salataların haftalık gelişimi50
4.7	Hasat öncesi dönen katlı sistemin görünümü51
4.8	Hasat öncesi aeroponik sistemin görünümü52
4.9	Hasat öncesi kapillar sistemin görünümü53
4.10	Hasat öncesi ortam kültüründe başların görünümü53
4.11	Toprakta yetiştirilen başların hasat öncesi görünümü54
4.12	Besleyici Film Tekniği (NFT) ile yetiştirilen başların hasat öncesi görünümü54
4.13	Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salataların nitrat değerleri57
4.14	Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salataların vitamin C değerleri58
4.15	Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salataların su kullanım randımanları60
4.16	Soldan sağa sırasıyla su seviye sensörü, paslanma sorunu, kopmadan önce zincir baklasının görünümü ve alt tankda alg oluşumu.....66

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Perlitin kimyasal bileşimi	32
3.2 Sistemlerdeki saksı hacimleri, bitki sayıları, dikim mesafeleri ve sistemlerin kapladıkları alan	33
3.3 Salata-marul yetiştiriciliğinde kullanılan besin solüsyonu reçetesi.....	35
3.4 Üretim dönemi boyunca sistemlere uygulanan besin solüsyonunun maksimum, minimum ve ortalama EC değerleri.....	42
3.5 Üretim dönemi boyunca sistemlere uygulanan besin solüsyonunun maksimum, minimum ve ortalama pH değerleri.....	42
4.1 Baş salatalarda verim parametrelerinin sistemlere göre değişimi	44
4.2 Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salataların baş özellikleri.....	56
4.3 Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salataların renk değerleri	56
4.4 Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salataların klorofil değerleri	57
4.5 Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salata yapraklarının bitki besin element içeriği	59
4.6 Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salata köklerinin bitki besin element içeriği	59

1.GİRİŞ

Yapılan tahminler sonucu önümüzdeki yıllarda dünyanın, nüfus artışı, iklim değişikliği, su kısıtı, petrol kaynaklarının azalması, kullanılabilir tarım alanların bozulması ve azalmasından kaynaklanan pek çok önemli problemle karşı karşıya gelmesi beklenmektedir.

Birleşmiş Milletlerin resmi nüfus tahminlerine göre 2013'ün ortalarında 7.2 milyar olan dünya nüfusunun 12 yılda yaklaşık bir milyar artacağı, 2025'te 8.1 milyara, 2050 yılında 9.6 ve 2100 yılında ise 10.9 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (UN, 2013). Bu da 2050 yılında nüfusun bugünkünden %34 oranından daha fazla olacağı anlamına gelmektedir. Nüfus artışının özellikle gelişmekte olan ülkelerde olması ve kentselleşmenin hızlanmaya devam etmesi beklenmektedir. Artan kentsel nüfusu besleyebilmek için gıda üretiminin de %70 oranında artması gerektiği belirtilmektedir (FAO, 2014a).

Bunun yanı sıra hızlı nüfus artışı nedeniyle, dünya nüfusu için kullanılabilir su potansiyeli de azalmaktadır. 1970'de kişi başına düşen su miktarı 12.900 m³ iken, 1990'da 9.000 m³'e, 2000'de ise 7.000 m³'e düşmüştür (Clarke, 1991; Shiklomanov, 1998; Jackson et al., 2001). 2025 yılında sulama suyu miktarının azalması ve artan sıcaklıkların daha da ilerlemesi nedeniyle, çoğu tarımsal arazide su stresinin olması beklenmektedir (UNEP, 2014).

İklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan şiddetli hava koşullarının tarımsal üretimi doğrudan olumsuz etkileyeceği Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin raporlarında da açıkça belirtilmiştir. Özellikle gelişmekte olan, zayıf ve tarıma bağlı toplumlar risk altındadır (FAO, 2014b).

Tarımsal üretimde ürünün tarladan tüketiciye ulaştırılmasına kadar birçok aşamada kullanılan petrol kaynakları da her geçen gün azalmaktadır. 2010 yılında senelik azalma oranı %1 iken, 2025 yılına kadar her yıl %5'lik sürekli bir azalma beklendiğinden, günümüzden 2050 yılına kadar yıllık ortalama %4 oranında bir azalma beklenmektedir. 2050 yılındaki petrol üretiminin mevcut üretimin sadece %18'ine eşdeğer olacağı ifade edilmektedir (Chefurka, 2007).

Artan gıda ihtiyacı, üretim yapılacak alan ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Ancak tarımsal alanları da üretime paralel olarak arttırmak mümkün değildir. SOLAW (*State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture*)'a göre dünyadaki toprak kaynaklarının %25'i son derece bozulmuş bulunmaktadır. Diğer %8'lik dilim orta bozulmuş, %36'lık dilim stabil ya da biraz bozulmuş ve %10'luk dilim düzelmekte olarak sıralanmaktadır. Dünyanın tarım arazileri dahil kara yüzeyinin kalan kısmı ya boş (%18 civarında) ya da iç su (%2 civarında) ile kaplıdır. Dünyanın en iyi ve en verimli topraklarının yaklaşık 1.6 milyar hektarı devamlı bitkisel üretim için kullanılmaktadır. Bu arazilerin bir kısmı su ve rüzgar erozyonu, organik madde kaybı, üst toprak tabakası sıkışması, tuzlanma, toprak kirliliği ve besin kaybına neden olan tarım uygulamaları yoluyla tahrip olmaktadır (FAO, 2014c).

İnsanoğlu, kendisinin ve gelecekteki nesillerin gıda ihtiyaçlarını karşılayabilmek için daha az işgücü ile daha verimli ve kaliteli ürün elde etmek amacı ile alternatif üretim yöntemlerinin arayışı içine girmiştir. Bu yöntemlerden gelecekte kullanım şansı en yüksek olanı "Topraksız Tarım"dır (Sevgican ve ark., 2002).

Topraksız tarım, bitki yaşamı için gerekli olan su ve besin elementlerinin gereken miktarlarda kök ortamına verilmesi esasına dayalı olup, toprağın bitki yetiştiriciliğine uygun olmadığı yerlerde, kontrollü koşullar altında bitki gelişimi sağlayan ürün kalitesinin iyileştirildiği ve sürdürülebilirliğin sağlandığı bir yetiştiricilik şeklidir (Gül, 2008).

Topraksız bitki yetiştiriciliği asırlardır yapılmaktadır. Babil'in asma bahçeleri ile Aztekler ve Çinliler'in yüzen bahçelerinin tarihte ilk örneklerinin olduğu tahmin edilmektedir. Bitki bileşenlerini saptamaya yönelik çalışmaların başlangıcı 1600 yılına dayanmaktadır. 1800'lerin ikinci yarısında, bitkilerin gelişimleri için gerekli mineralleri içeren çözelti ile sulanan inert bir ortamda yetiştirilebileceği gösterilmiştir. 1860'lı yıllarda Knop ve Sach adlı iki Alman araştırmacı bitkilerin besin çözeltisi içerisinde yetiştiriciliğini gerçekleştirmiştir. Karada büyüyen bitkilerin su kültüründe yetiştirilmesi tekniğini ilk yayımlayan ise İngiliz Doktor John Woodward'dır. John Woodward, Knop ve Sach'ın kullandığı

besin solüsyonlarının aksine su kültürünü toprakla veya toprak ortamı olmadan kullanmıştır. Uygulamaları 1800'lerde bitki besin solüsyonu gelişmelerine katkıda bulunmuştur (**Jones, 1983; Gül, 2008**).

İlk kez 1937 yılında William Frederic Gerric tarafından hidroponik kelimesi tanıtılmıştır. Yunanca su (hydro) ve çalışma (ponos) anlamına gelen iki kelimeden oluşan "hidroponik" (hydroponics) adı kullanıma girmiştir. Gerric hidroponik sistemini, kum kültürü ve çakıl kültürü gibi topraksız kültür tekniklerinin aksine, kökler için herhangi bir toprak ortamı olmadan bitki besin solüsyonuyla bitki yetiştiriciliği olarak tanımlamıştır. Suda bitki yetiştirilen hidroponik sistemle, topraksız kültür arasındaki ayrım hidroponik sistemin her zaman topraksız kültür olduğu, ancak tüm topraksız kültür sistemlerinin hidroponik sistem olmadığıdır (**Gül, 2008**).

Topraksız tarım, toprak ve toprak ile ilgili problemlerden, özellikle seralarda aynı türlerin ard arda yetiştirilmesinden kaynaklanan toprak patojenlerine karşı, toprak dezenfeksiyonu sorununa alternatif olması, toprak hazırlığı gerektirmemesi, daha hassas bir bitki besleme programının uygulanması, erkenciliği artırması ve özellikle kapalı sistemlerle çevreye atığın azaltılmasına olanak tanınması gibi önemli avantajlara sahiptir. Buna karşılık başlangıç yatırımının yüksek olması ve teknik bilgi gerektirmesi halen topraksız tarımın yaygınlaşmasını etkileyen faktörlerdir (**Savvas, 2002**).

Ülkemizde topraksız tarım, 1995 yılında 100 dekar üretim alanı olarak seracılığın merkezi olan Antalya'da modern sera işletmelerinde başlamıştır. 2009 yılında ise işletme sayısı 62'ye, toplam alan ise 2445 dekara ulaşmıştır. Bu alanın %42.74'ü Akdeniz, %55.13'ü Ege ve %2.13'ü Marmara bölgesinde yer almaktadır (**Tüzel ve ark., 2010**).

İklim kontrollü seralarda ileri teknoloji (otomasyon, bitkinin gelişme dönemlerine uygun sulama ve gübreleme gibi) kullanılan topraksız tarım sistemleri ile yüksek karlılık hedeflenmektedir. Oysa hızla artan nüfus ve buna bağlı olarak yüksek işsizlik oranı, su kısıtı, petrol kaynaklarının azalması ve toprak alanların bozulması, kentlerde istihdam alanı yaratan, insanların sağlıklı

yaşamına katkıda bulunacak ve kaynakların etkin kullanımını sağlayacak kentsel tarım sistemlerine de gereksinimi ortaya çıkarmıştır (**Gianquinto et al., 2007**).

Toprağı devre dışı bırakarak toprak kaynaklı sorunları elimine eden, üretim dönemi sayısını arttıran, çeşitli atıkları kullanma olanağı sağlayan, küçük alanları çok etkin bir şekilde değerlendiren, sağlıklı ve temiz üretim gerçekleştiren, görsellik ya da dinlendirme amaçlı küçük alan ve hacimlerde kullanılabilecek basitleştirilmiş ya da daha teknolojik topraksız tarım sistemleri geliştirilmiştir (**Orsini et al., 2013**) ve geliştirilmeye devam edilmektedir.

Bu araştırmada daha önce denemeye alınmış farklı topraksız tarım sistemleri ülkemizde ilk kez üretimi yapılan dönen katlı sistem ile birlikte denemeye alınarak bu sistemin uygulamadaki kullanılabilirliğinin ve varsa bu sistemin eksikliklerinin belirlenmesi ve diğer sistemlerle karşılaştırılarak kentsel tarıma uygunluğunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan dönen katlı sistem, mevcut topraksız tarım sistemlerin geliştirilmesine örnek teşkil etmektedir. Sistem, konveyör sistem ile topraksız tarım sisteminin birlikte tasarlanması sonucu ortaya çıkmıştır. Diğer sistemlerden farklı olarak ışıktan eşit yararlanarak birim alanda daha çok ürün alınımı sağlamaktadır. Dönen katlı sistemin, aeroponik (AeroGrower 20) sistem, kapillar sistem (autopot), ortam kültürü ve toprakta yetiştiricilikle karşılaştırılması ve sistemin etkinliğinin bulunması, kentsel tarıma yönelik üretim sistemlerinin geliştirmesi açısından çalışmayı önemli kılmaktadır.

2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

Bu çalışmada, kullanılan topraksız tarım sistemlerinin avantaj ve dezavantajları ile bu sistemlerle son yıllarda yapılmış çalışmalar ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

2.1. Dönen Katlı Sistem

Dönen katlı sistem, bitkilerin bir tanka döngüsel bir şekilde girip çıkması ve besin solüsyonunun tank ile depo arasında devri daim olması esasına dayanır.

Bu sistem besin solüsyonunun düzenli değişimini sağlaması ve bitkilerin diğer sistemlere göre ışıktan eşit bir şekilde bitkilerin yararlanmasını olanaklı kılması nedeniyle avantajlıdır. Yıl boyu üretim olanağı sağlayan, kolay yönetilebilir, enerji, su ve besin maddesi tasarrufu sağlayan, atık suyun minimum olduğu çevresel çevre dostu bir sistemdir; ancak ilk yatırım maliyeti gerektirmektedir (SkyGreens, 2013).

Dönen katlı sistemlerle yapılmış araştırma sayısı sınırlı olduğundan bazı dikey sistemlerde salata-marul grubu sebzelerde yapılmış çalışmalara yer verilmiştir:

Villagra et al., (2012)'nin yürüttüğü bir çalışmada konvansiyonel topraklı yetiştiricilik ve dikey topraksız kültürde mineral gübrelerin ve biyo gübrelerin marul verim ve kalitesi üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Cutsheed marul çeşidinde 4 uygulama olacak şekilde (T1 toprakta yetiştiricilik- mineral gübreleme; T2 dikey topraksız tarım sistemi - mineral gübreleme; T3 toprakta yetiştiricilik- biyo gübreleme ve T4 dikey topraksız tarım sistemi – biyo gübreleme) deneme yürütülmüştür. Marullarda yaprak sayısı, yaprak alanı, büyüklüğü, yüksekliği, gövde çapı ve yaş ağırlıkları bitki büyüme döneminde istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Marulların yaş ağırlıklar uygulamalara göre-T1 (124.5 g); T2 (212.5 g); T3 (166.5 g); T4 (330.2 g)-önemli farklılıklar göstermiştir. Her 3 büyüme dönemindeki marulların yaprak sayısı, yaprak alanı, büyüklüğü, yüksekliği ve gövde çapı arasında farklılıklar bulunmuştur.

Parametrelerin değerlendirilmesi sonucu toprakta mineral gübrelerin kullanımı, dikey topraksız sistemde mineral gübrelerin kullanımına göre daha etkin bulunmuştur. Topraksız sistemin ayarlanması ve evre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması ve bu teknolojinin kullanımı için doğru gübre dozlarının seçilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Kıbrıs'ta sera koştullarında marul (*Lactuca sativa* cvs. 'Paris Island', 'Lollo rosa', ve 'Oakleaf') ve ilek (*Fragaria ananassa* cv. 'Camarosa') bitkileri yatay ve dikey kapalı topraksız sistemlerinde yetiştirilmiştir. Marul için dikey ve yatay sistemler karşılaştırıldığında dikey sistemin m² başına daha fazla pazarlanabilir marul verdiği bulunmuştur. Ancak, yatay sistem dikey sisteme göre daha fazla baş ağırlığı ve daha yüksek pazarlanabilir verim yüzdesi sağlamıştır. Tüm marul çeşitlerinin nitrat içeriği bakımından iki sistem arasında belirgin bir farklılık bulunmamış ve bulunan değerler Avrupa standartlarına göre düşük kalmıştır. ilek için dikey sistemden, yatay sisteme göre daha yüksek verim elde edilmiştir. Kalite zellikleri açısından iki sistem arasında belirgin farklılık bulunmamıştır. Araştırma sonucunda kapalı topraksız tarım sistemlerin Kıbrıs'ta sera üretiminde, su kullanım etkinliğini arttırması ve rutin hidroponik sistemin atıklarının evre üzerine olumsuz etkisinin önlenmesi nedeniyle kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Neocleous et al., 2010).

Devon'daki Paignton Hayvanat Bahçesi'nde Avrupa'nın ilk dikey iftliği zellini taşıyan özellikte bir yetiştiricilik denenmiştir. VerticropTM şirketi tarafından, 21.yüzyıl kent ve şehirlerinde artan insan nüfusunun beslenme sorununa sürdürülebilir çözüm olarak "Yüksek Yoğunlukta Dikey Yetiştiricilik" sistemi geliştirilmiştir. Bu teknoloji alternatif alan kullanımı ihtiyacıyla birlikte ortaya çıkmıştır. Mevcut arazilerin azalmasıyla birlikte arazi kullanımı üzerindeki baskıyı azaltmak ve iklim değişikliğine bağlı su kaynaklarının daha hassas kullanımına uyum ve katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Pilot projede 11,200 bitki 100 m² lik serada dikey konveyör sistemi kullanılarak taze yaprak sağlayan çeşitli tıbbi bitkilerin, salata-marul grubu sebzelerin yetiştiriciliği yapılmıştır. Sonuç olarak, Yüksek Yoğunlukta Dikey Yetiştiriciliğin şehir ve kentlerdeki okullarda, hastanelerde ve evlerde gıdaların taşınmasına bağlı oluşan karbondioksit salınımını azaltarak kendi bitkilerini üretme potansiyeli olduğu öngörülmüştür.

Gelecekte araştırmanın yönünü gıda, biyoyakıt, tıbbi bitkiler ve farmasötik ürünler gibi pazar değeri yüksek ürünlerin dikey sistemde üretimi şeklinde genişletmenin mümkün olduğu savunulmuştur (**Bayley et al., 2011**).

2.2. Aeroponik Sistem

Aeroponik; ışığı geçirmeyen, içinde bitki kökleri ve sisleme başlıklarından başka bir şey bulunmayan, yataklar içinde çıplak bitki köklerine besin eriyiğinin belirli aralık ve sürelerde veya devamlı olarak sis halinde verilmesiyle yapılan bir su kültürü şeklinde tanımlanmaktadır. Sistem su ve besin maddesinden önemli ölçüde tasarruf sağlaması, düşük kaliteli sular ile kullanılabilmesi, kısıtlı su kaynaklarına sahip yerlerde üretime olanak sağlaması, az işgücü gerektirmesi, yüksek verim vermesi, iyi kök havalandırması sağlaması yönünden avantajlıdır. Toprağın tamponlama kapasitesinin topraksız tarım sistemlerinde olmayışı nedeniyle üretim aşamasındaki hataları telafi etmenin güç olması, kapalı sistem olması nedeniyle mantari hastalıkların kolay yayılabilir olması ve maliyeti yönünden dezavantajlıdır (**Nir, 1982; Jones, 1983; Altman and Rothem, 1988; Peterson and Kruger, 1988; Spitzlay, 1990; Resh, 1991; Sevgican, 1997**).

Kahraman (1997) tarafından yürütülen bir çalışmada, sera marul yetiştiriciliğinde yatay aeroponik, dikey aeroponik, yatay ve dikey torba kültürü gibi bazı topraksız tarım sistemlerinin kullanım olanakları, geleneksel şekilde toprakta yapılan yetiştiricilik ile karşılaştırılarak araştırılmıştır. Yatay aeroponik, yatay torba kültürü ve toprakta m^2 de 25, dikey aeroponik ve dikey torba kültüründe m^2 de 126 marul yetiştirilmiştir. Besin solüsyonu aeroponik sistemlerde bitkilere sisleme başlığıyla, 7-8 dakikada bir 20 saniye süre ile torba sistemlerinde ise günde bir kez damlama sulama sistemi ile verilmiştir. Aeroponik sistemlerinde besin solüsyonu sirküle edilmiş, torba sistemlerinde ise besin solüsyonu bitkilere tek yönlü olarak verilmiştir. En yüksek verim dikey aeroponik (28.5 kg/m^2) sisteminden alınmış, bu sistemi sırasıyla dikey torba kültürü (23.9 kg/m^2), yatay aeroponik (8.4 kg/m^2), yatay torba kültürü (7.0 kg/m^2) sistemleri izlemiştir. En düşük değer toprakta (6.0 kg/m^2) gerçekleşmiştir. Torba kültürü sistemlerine 3035.5 litre, aeroponik sistemlere 1100 litre besin solüsyonu

verilmiştir. Torba kültürü sistemlerinden 1395 litre, aeroponik sistemlerden 332 litre besin solüsyonu atılmıştır.

Son yıllarda salata-marul grubunda yapılan çalışmalar farklı besin elementi seviyesi, ışık ve kök sıcaklığının etkileri üzerine yoğunlaşmıştır. Yetiştirme döneminde kullanılan besin solüsyonundaki azot seviyesinde azalmanın, marulda nitrat birikimi ve dağılımına etkileri, Mayıs-Ağustos (1999) ayları arasında aeroponik sistemde ard arda 3 deneme yapılarak incelenmiştir. Çalışmada Vanity marul çeşidi 13 ve 5 mM NO₃-N içeren besin solüsyonu kullanılarak hidroponik sistemde yetiştirilmiştir. Yaş ağırlık ortalamaları arasındaki farklılıklar 3 denemede de istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En fazla marul yaş ağırlığı, Mayıstan Hazirana kadar olan denemeden elde edilmiştir. Aynı zamanda bu dönemde yetişen marullar pazarlanmak için yeterli baş sıklığına ulaşmıştır. 2. ve 3. denemede besin solüsyonundaki NO₃-N konsantrasyonuna bakılmaksızın bütün marul bitkilerinde sık olmayan kabarık ve uzun gövdeli baş yapısı gözlenmiştir. Her üç denemede düşük NO₃-N seviyesi istatistiksel olarak başlardaki nitrat içeriğinde azalmaya sebep olmuştur. 13 ve 5 mM NO₃-N içeren besin solüsyonunda yetiştirilen tüm bitkilerde en yüksek nitrat konsantrasyonu dış yapraklarda, en düşük nitrat konsantrasyonu da iç yapraklarda bulunmuştur **(Marsic and Osvald, 2002)**.

Değişen aydınlatma koşullarıyla uyumlu farklı nitrat konsantrasyonları sağlayan bilgisayar kontrollü aeroponik sistem, Vanity marul çeşidinde nitrat birikimini azaltmak amacıyla kullanılmıştır. Deneme dört farklı ışık koşulunda, kontrol (>600 µmol/m²/s), hafif ışık noksanlığı (300-600 µmol/m²/s), orta ışık noksanlığında (20-300 µmol/m²/s) ve şiddetli ışık noksanlığında (<20 µmol/m²/s) yetiştirilmiştir. Bitkiler olumsuz ışık koşullarında (hafif ışık noksanlığı, orta ışık noksanlığı ve şiddetli ışık noksanlığı) nitrata sınırlı oranlarda almıştır. Işık verilen koşullarda tüm solüsyonun (8 mmol NO₃/L) nitrat içeriği yaklaşık 1/4 veya 1/5 oranında azalmıştır. Kontrollü besin solüsyonu yapraklardaki nitrat içeriğini azaltmıştır. Dış yapraklardaki ortalama nitrat içeriği kontrole göre ilkbahar başlangıç döneminde sırasıyla %9, 63 ve 92 oranlarında, ilkbahar sonu döneminde ise sırasıyla %23, 58 ve 76 oranlarında azalmıştır. Aynı zamanda kontrollü ışığa

bağlı azot noksanlığı, marulda verim kaybıyla sonuçlanmış ve fotosentez ile fotosentetik pigmentler üzerine sınırlayıcı etki yapmıştır (**Demsar et al., 2004**).

Luo et al. (2009) yürüttüğü denemede yağlı baş salata (*Lactuca sativa* L cv. Palma) bitkilerini, standart besin solüsyonu kullanılarak, aeroponik sistemde, 3 farklı kök bölgesi sıcaklığı (25°C, 30°C ve 26 ile 42 °C arasında değişen ortam sıcaklığı) ile 3 farklı [-25% P (23.25 ppm), kontrol P (31.00 ppm) ve +25% P (38.75 ppm)] yetiştirilmiş ve verim, kök gelişimi, fotosentezle sudan alınan maksimum O₂ miktarı, P alımı ve P konsantrasyonlarının kök ve baş arasındaki dağılımının ilişkisini araştırmıştır. 25°C'de +P konsantrasyonu içeren besin solüsyonunda yetiştirilen bitkilerde verim değerleri, fotosentezle sudan alınan O₂ miktarı, kök gelişimi ve başlardaki P konsantrasyonu en yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte en iyi kök gelişim parametreleri 25°C'de -P konsantrasyonu içeren besin solüsyonunda yetiştirilen baş salatalarda bulunmuştur. 25°C'de +P konsantrasyonu içeren besin solüsyonunda yetiştirilen baş salataların köklerinde absorbe P miktarı yüksek bulunmuştur.

Jie and Kong (2011), tropikal iklim koşullarında, aeroponik sistem kullanarak Armada, Olympia ve Palma baş salata çeşitlerinde 3 farklı ışık seviyesinin (1800, 1250 720 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ solar radyasyon) ve 4 farklı kök bölgesi sıcaklığının (15°C, 20°C, 25°C ve kontrol); bitki gelişimi ve fotosentez üzerine etkisini araştırmıştır. Kontrol uygulamasında kök bölgesi günlük 28°C'den 39°C'ye kadar çıkan sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Farklı kök bölgesi sıcaklıklarında yetişen tüm bitkilerde, fotosentez oranları ışık azaldıkça azalmıştır. Kontrol bitkilerinde maksimum fotosentez oranı, düşük kök bölgesi sıcaklıklarında yetişen bitkilerden çok daha düşük bulunmuştur. Bununla birlikte aynı ışık seviyesinde ve farklı kök bölgesi sıcaklıklarında yetişen bitkiler arasında maksimum fotosentez oranları açısından önemli bir fark bulunmamıştır. Her üç çeşitteki kök ve baş gelişimi, kök bölgesi sıcaklıklarından ve farklı ışık seviyelerinden etkilenmiştir.

Choong et al. (2013) tarafından yürütülen bir çalışmada, melezlenmiş baş salata popülasyonunda, sıcağa hassas (HS), *Lactuca sativa* L. 'Salinas' ve sıcağa dayanıklı (HR) *L. serriola* melezleri tropik sera koşullarında, aeroponik sistemde

standart besin solüsyonu kullanılarak yetiştirilmiştir. Melezlenmiş marul popülasyonunun baş verimi ile kökün yapısal gelişimi ölçülerek sıcaklığa dayanıklılıklarına bakılmıştır. Sıcaklığa dayanıklı melezlerin kök yapısı geniş, baş ve kök yaş ağırlıkları yüksek bulunurken; sıcaklığa hassas baş salata melezlerinde tersi sonuçlar elde edilmiş ve yüksek ölüm oranı gözlenmiştir. Seçilen melezler ve bunların ana hatları; ortam (25-39°C) ve serin (18-25°C) kök bölgesi sıcaklıklarda kökün yapısal gelişimi ile baş ve kök verimliliğini belirlemek üzere yetiştirilmiştir. Dikimden 18 gün sonra ortam sıcaklığında yetişen baş salatalar ve düşük sıcaklık uygulamasındaki baş salataların yarısı alınmıştır. Ortam sıcaklığında yetişen baş salatalar düşük sıcaklık koşullarında, düşük sıcaklık koşullarında yetişen baş salatalar ise ortam sıcaklık koşullarında yetiştirilmiştir. Tüm marul melezleri ve ana hatlar çaprazlandığında, ortam sıcaklığında yetiştirilen baş salata, diğer uygulamalara kıyasla yüksek baş ve kök yaş ağırlığı ile geniş yaprak alanına sahip olmuştur. Kök morfolojisinin fenotipik özellikleri belirlenmiş ve sıcaklığa dayanıklı melezlerin daha etkin su alımına olanak sağlayan, fazla sayıda kılcal kök ve ana köke sahip olduğu görülmüştür.

2012 yılının ilkbahar döneminde ABD'de yürütülen bir çalışmada aeroponik sistemde gündüz ve gece boyunca Hogland besin solüsyonunun %25, %50 ve %70 seyreltilmesiyle hazırlanan solüsyonlarda (gündüz 0.6 dS/m EC ve %25 konsantrasyon-gece 1.8 dS/m EC ve %75 konsantrasyon; gündüz 0.6 dS/m EC ve %25 konsantrasyon-gece 1.2 dS/m EC ve %50 konsantrasyon; gündüz 1.2 dS/m EC ve %50 konsantrasyon-gece 1.2 dS/m EC ve %50 konsantrasyon) marul (*Lactuca sativa* cv. Black Seeded Simpson) yetiştirilmiş ve uygulamaların marul yapraklarında büyüme, fotosentez hızı ve nitrat birikimi üzerine etkisini belirlemek amaçlanmıştır. 3 haftalık büyüme sonunda bitki gelişimi, yaprak fotosentez hızı ve yaprak besin element içeriği değerlendirilmiştir. Ortalama baş ağırlığı 106.3 g bulunurken uygulamalar arasında belirgin farklılıklar bulunmamıştır. Gündüz %25, gece %75 konsantrasyonlu besin çözeltisi uygulamasındaki marulların kök biyoması diğer uygulamalara göre (0.14-0.85 g) düşük bulunmuştur. Gündüz %25 gece %75 konsantrasyonlu besin çözeltisi uygulamasındaki marul yapraklarının maksimum fotosentez hızı %66 ile diğer uygulamalara oranla daha düşük bulunmuştur. Farklı konsantrasyonlardaki besin çözeltisi uygulamalar arasındaki marul yapraklarının

besin elementi içeriğinde N, P, K, Ca, Mg ve NO₃ (%75)'da azalma gözlenmiştir. Gece ve gündüz arasındaki besin solüsyonu konsantrasyonunun değişimi uygulamasının marul yapraklarının NO₃ içeriğini azaltmada hiçbir hasara neden olmayan uygulanabilir bir yöntem olduğu bulunmuştur (**Albornoz et al., 2014**).

2.3. Kapillar Sistem

Kapillar sistemler, besin eriyiğinin bitki kök bölgesine alttan uygulandığı, ortam içinde kapillarite ile yükseldiği ve herhangi bir atık oluşmadığı (zero runoff system ZRS) sistemlerdir. Besin eriyiği bitki kök bölgesinin altında, saksı tabanına yerleştirilen özel vanalar sayesinde sürekli sabit yükseklikte tutulduğundan, damla sulama sistemlerinde gereken, sulama programlamasına ihtiyaç bu sistemlerde yoktur. Suyun tüketimi zaman ve miktar açısından doğrudan bitki tarafından belirlenmektedir. Bitki tarafından kullanılmayan besin elementleri ise köklerin daha az bulunduğu yetiştirme ortamının üst kısmında birikmekte ve tuzluluk meydana getirmektedir. Birikim her ne kadar köklerin az olduğu bölgelerde gerçekleşse de, tuz birikimi nedeniyle bu sistemler üretim sezonunun uzun ve sıcaklığın yüksek olduğu Akdeniz iklim kuşağındaki yetiştiricilik üzerine olumsuz etkiler yaratabilmektedir (**Lieth 1996; Reed, 1996; Buxton and Jia, 1999; Fah, 2000; Santamaria et al., 2003; Roupael and Colla, 2005; Meriç, 2006**).

Ayrıca, bu sistemlerin her koşulda ekonomik açıdan karlı olmadığı da belirtilmektedir (**Uva, 2001**). Bununla birlikte bu sistemler herhangi bir atık çözelti oluşturmadığı için su ve gübre tasarrufu sağladığı, ucuz olduğu, iş gücünden tasarruf sağladığı, elektrik enerjisine ihtiyaç duymadığı, su kullanım zaman ve miktarını doğrudan bitkinin kendisinin belirlediği, birbirinden bağımsız saksı ya da saksı gruplarında yetiştiricilik yapıldığından kök hastalıklarıyla ilgili problemlerin yayılmasının sınırlı olduğu, yapraklar ıslatılmadığı için yaprak hastalıklarının daha az ortaya çıktığı ve farklı bitki türlerinin farklı besin eriyiği ihtiyaçlarının kolaylıkla karşılanabileceği için üniform bir bitki gelişiminin sağlanabileceği de bildirilmektedir (**Knight et al., 1994; Uva et al., 1998; Green et al., 2000; Krishna, 2002; Cox, 2003; Meriç, 2006**).

Ticari adı “Autopot” olan kapillar sulama tekniğine dayalı sistemlerle ilgili detaylı çalışmaların bulunmadığı, bu sistemlerin herhangi bir atık çözelti oluşturmadığı, bitki besin maddesi ve su tüketiminin doğrudan kendisi tarafından belirlenmesi nedeniyle avantajların olduğu bildirilmektedir (**McIntyre et al., 2005; McIntyre and McRae, 2005; Meriç, 2006**).

Stepowska and Kowalczyk (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, güz ve bahar dönemlerinde plastik tünel serada yetiştirilen yağlı baş salata fideleri iki farklı (0.5 ve 1.5 dm³) hacimdeki saksılara perlit ortamıyla birlikte dikilmiştir. Büyük saksılar kapillar sistemle, küçük saksılar suyu tutan ve ileten hasır üstüne yerleştirilmiş ve damla sulamayla sulanmıştır. Kontrol grubu bitkiler toprakta yetiştirilmiştir. Araştırma sonucunda güz döneminde yetiştirilen baş salatalarda en büyük baş ağırlığı (200g’dan fazla) ve en düşük nitrat içeriği (551 NO₃ mg/kg yaş ağırlık) suyu tutan ve ileten hasırın kullanıldığı sistemde gözlenmiştir.

Red Fire marul çeşidi kapillar sistem ile elektrik kullanılmadan tropikal ülkelere özgü ortamlar (pirinç kavuzu, yanmış pirinç kavuzu, Hindistan cevizi lifi) kullanılarak tropikal iklim koşullarında yetiştirilmiştir. Fideler kapillar özelliğe sahip plastik yüzen pano üzerine eğimli ve eğimsiz yerleştirilmiştir. Kökler ortamlarla çevrelenecek şekilde kapillar özellikteki plastiklere dikilmiş ve bir kısmı malç örtüsüyle kaplanmıştır. Malç örtüsü ve yüzen panonun eğimi, marul verim ve kaliteyi etkilememiştir. Hindistan cevizi lifi yaz döneminde en iyi ortam olarak bulunurken, pirinç kavuzu ve yanmış pirinç kavuzu bahar ve güz döneminde en iyi ortam olarak bulunmuştur. İlk defa hindistan cevizi lifinde yetiştirilen bitkilerde uç yanıklığı fizyolojik bozukluğu gözlenmiştir. Fakat ikinci defa kullanılan hindistan cevizi lifi substratında yetiştirilen bitkilerde bu fizyolojik bozukluk ortadan kalkmıştır ve bitkiler pirinç kavuzu ortamında yetişen bitkilerden daha iyi sonuç vermiştir. Bu sistemin tropik iklim koşulları altında yaprakları yenen sebzeler için uygulanabilir bir hidroponik metot olduğu sonucuna varılmıştır (**Chanseetis et al., 2001**).

Silva et al., (2009) yürüttükleri iki denemenin ilkinde dikim yapılmadan kapillar hidroponik sistemde Hindistan cevizi lifi, pirinç kavuzu ve yanmış pirinç kavuzu ortamları kullanılarak besin solüsyonu girişi ve çıkışı arasındaki 3 farklı yükselti seviyesinin (3.5, 5 ve 10 cm) akış hızlarına etkisi araştırmışlardır. Sabit

bir besin solüsyonu akış hızı sağlanabilmesi için minimum yükselti farkı 5 cm olarak bulunmuştur. İkinci denemede bahar, yaz ve güz dönemlerinde yağlı baş salata çeşidi yetiştirilmesinde Hindistan cevizi lifi, pirinç kavuzu ve yanmış pirinç kavuzu ortamlarının verim ve kalite üzerine etkileri araştırılmıştır. Bahar ve güz dönemindeki uygulamalar arasında yaprak alanları, yaş ağırlık ve büyüme parametrelerinde belirgin bir fark bulunmamıştır. Yaz döneminde test edilen 3 ortam arasından Hindistan cevizi lifi ve yanmış pirinç kavuzu ortamları kapillar hidroponik yetiştiriciliğine en uygun ortam olarak belirlenmiştir.

Marul yetiştiriciliği için elektrik ve pompa gerektirmeyen üç hidroponik yönteminin kullanıldığı bu araştırmada, tüm besin çözeltisi dikim veya dikim öncesinde verilmiştir. En basit sistemde, yetiştirme ortamıyla dolu konik bir plastik saksı kap içine tohum ekilmiş, altında 3 cm'lik kısmı besin çözeltisi ile dolu 4 litrelik plastik şişeye yerleştirilmiş ve karanlık ortama konulmuştur. Saksıdaki tüm yetiştirme ortamı kapillarite ile nemlendiğinden otomatik sulandığı görülmüştür. Bitki büyümesiyle birlikte besin solüsyon seviyesi düşmüştür. Bu arada kök sisteminin genişlemeye, su ve besinleri absorbe etmeye devam ettiği gözlenmiştir. Yaprak marul ve baş salata çeşitleri tohum ekiminden sonra yaklaşık 6-7 hafta sonra hasat edilmiştir. Bu sistemin ticari boyutta kullanımının tipik örneğinde 14 cm yüksekliğinde besin çözeltisi ile dolu polietilen kaplamalı tanklar kullanılmıştır. Yetiştirme ortamı ile dolu saksılara delikler açılmış ve fideler dikilmiştir. Fidler başlangıçta kapillar hareket ile daha sonra da doğrudan köklerle alım yoluyla ile sulanmıştır. Bitkiler besin solüsyonu bitmeden önce hasat edilmiştir. Bu yöntemin diğer bir modifikasyonunda ise uzun dikdörtgen kanallardan oluşan yüzen destek “floatsupport”dir. Saksılara dikilen bitkiler polistren örtüye yerleştirilmiştir. Örtü başlangıçta besin çözeltisi üzerinde yüzmüş, daha sonra, besin solüsyonu seviyesi bitki büyümesiyle azalarak 10 cm çaplı 2 paralel plastik boru üzerinde durmuştur (Kratky, 2009).

Kapillar hidroponik sistem kullanılarak bahar, yaz ve güz dönemlerinde yapılan yağlı baş salata üretiminde 2 sıcaklık rejimi, 2 farklı besin solüsyonu akış oranıyla kombine edilerek uygulanmıştır. Hava sıcaklığı 25-30°C ve 30-35°C aralıklarında ve besin solüsyonları akış oranları 50 veya 80 ml/dakika/m'de tutulmuştur. Her üç yetiştirme döneminde de en iyi sonuçlar düşük sıcaklık rejimi uygulamalarında bulunmuştur. Bitki yetiştiriciliğine etki eden yüksek akış oranı,

sadece yaz döneminde, yüksek sıcaklık koşullarında yetişen baş salatalarda (besin solüsyonundaki çözülmüş oksijen miktarının artmasından dolayı) gözlenmiştir. Bitki kalite parametreleri ve yaprak rengi çoğu sıcaklık rejiminden ve akış oranından etkilenmemesine rağmen, yetiştirme dönemleri arasında bitki kalite parametreleri ve yaprak rengi değişiklik göstermiştir. Genel olarak bahar ve güz dönemlerinde yüksek klorofil değerleri ve nitrat konsantrasyonları gözlenmiştir. Yaz dönemlerinde düşük klorofil değerleri ve yüksek vitamin C konsantrasyonları kaydedilmiştir. Sera iklimi açık alan tropikal iklim koşullarına benzediğinden, tropikal iklim koşullarında kapillar hidroponik sistem kullanılarak yıl boyunca baş salata yetiştiriciliğinin tam anlamıyla mümkün olduğu bulunmuştur (**Zarza-Silva et al., 2005**).

İki tip sulama sistemi kullanılarak (yüzeysel ve kapillar sulama) baş salataların büyümesinde EC'nin etkisini belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada, yüzeysel sulama sistemi kullanılarak yetiştirilen baş salataların çapları kapillar sulama sistemiyle yetiştirilmiş baş salataların çaplarından daha büyük bulunmuştur. Bununla birlikte 3.3 dS/m besin solüsyon kullanılarak kapillar sulanan baş salataların, yaş ağırlığı, yüzeysel sulanan marullardan fazla bulunmuştur. Dolayısıyla bu sistemin tuzluluk sorununu iyileştirmek için iyi bir seçenek olduğu düşünülmüştür. Fotosentez hızı, terleme ve stoma iletkenliğinin oranı sulama sistemleri arasında değişim göstermemiştir. Fakat terleme ve stoma iletkenliği kapillar sulama sistemi kullanılan bitkilerde daha fazla bulunmuştur. Besin solüsyonlarındaki yüksek EC, ortamın alt-orta-üst katmanının EC değerini arttırmaktadır. Yüzeysel sulama sistemi, kapillar sulama sistemi ile karşılaştırıldığında; yüksek EC'li besin solüsyonu ile yapılan yüzeysel sulamadaki ortamın EC'sinin kapillar sulamaya göre daha fazla olduğu bulunmuştur (**Cepeda-Guzmán et al., 2014**).

2.4. Ortam Kültürü

Ortam kültüründe bitkiler organik, inorganik ve sentetik materyaller içerisinde yetiştirilmektedir (**Verdonck, 1991; Olympios, 1993**).

Ortam kültürünün ticari yetiştiricilikte daha fazla kullanıldığı bildirilmekte ve bunun nedenleride bu sistemin daha ucuz bir başlangıç yatırımına gerek göstermesi ve kök bölgesinin etrafında tampon görevi yapan bir ortam yaratması şeklinde açıklanmaktadır. Ayrıca elektrik kesilmesi veya sistemde bir arıza söz konusu olduğunda, ticari bazda kullanılan su kültürü tekniği olan NFT’de bitkilerin, özellikle sıcak bölge ve mevsimlerde birkaç saat içinde ölmeye mahkum oldukları, ortam kültüründe ise bitkilerin böyle sorunlara dayanımının daha yüksek olduğu bildirilmektedir (**Abak et al., 1994**).

Ortam kültüründe torba hacmi ve perlit iriliğinin, perlit torba kültürüyle yetiştirilen yaprak salatada gelişme ve verim üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada 4, 6, 8 ve 10 litrelik hacmindeki torbalar kullanılmıştır. Bu torbalar çok iri (0-5 mm), iri veya standart perlit (0-3 mm) ve ince veya inşaat perlit (0-2 mm) ile doldurulmuştur. Kontrol olarak toprakta yetiştirilen bitkiler değerlendirilmiştir. Araştırmacılar perlitte havalanmanın toprağa oranla daha fazla olduğunu, aynı zamanda perlitin iriliği arttıkça havalanmasının da arttığını belirtmişlerdir. Çalışmanın sonunda 4 litre hacimli iri perlit ortamının, ekonomik açıdan ve toprağa göre daha erkenci olup, daha yüksek bitki ağırlığı ve yaprak sayısı vermesi yönünden yaprak salataların topraksız yetiştiriciliği için önerilmiştir (**Variş ve Altay, 1992**).

Gül ve Sevgican (1992), sera marul yetiştiriciliğinde organik ve inorganik kökenli materyallerin kullanım olanaklarını belirlemek için bir araştırma yapmışlardır. Çalışmada daha önce domates ve hıyar yetiştiriciliğinde kullanılmış olan perlit, 1:1 perlit-kum, 1:1 torf-kum, kum, volkanik cüruf, 3:1 ince talaş-perlit, 3:1 kaba talaş-perlit, 1:1 kızılçam çubuğu-perlit ve 1:1 karaçam çubuğu-perlit olmak üzere 10 farklı ortam kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ağaç kabuğu, talaş ve torf içeren ortamların marul yetiştiriciliğine daha uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca domates, hıyar gibi bitkilerin yetiştirilmesinde kullanılan organik ortamların, sonbahar döneminde marul yetiştiriciliğinde başarılı bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Ortam kültüründe 8 farklı yetiştirme ortamının marul yetiştiriciliğine etkisi araştırılmıştır. Ortam olarak perlit, pomza, talaş, yer fıstığı kabuğu ve bu

ortamların karışımları kullanılmıştır. Araştırmacılar baş ağırlığı, baş çapı, yaprak sayısını incelemişler ve en iyi sonucu organik gübreleme ile pomza ortamından elde etmişlerdir (**Turhan ve Sevgican, 1999**).

Eroğul (2009) tarafından 2008 sonbaharında ve 2009 ilkbahar döneminde, Bombola baş salata çeşidi kullanılarak yürütülen çalışmada, serada bir dönemden uzun sürede kullanılan farklı özelliklere sahip topraksız ortamların (perlit: inorganik-inert, klinoptilolit: inorganik-kasyon değişim kapasitesi yüksek ve Hindistan cevizi torfu: organik) baş salata bitkilerinin gelişimine etkisini ortaya koymak amaçlanmıştır. Baş salataların topraksız yetiştiriciliğinde ortam olarak Hindistan cevizi torfu gibi organik veya klinoptilolit gibi inorganik ancak kasyon değişim kapasitesi yüksek ortamların inert bir ortam olan perlite kıyasla daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Sonbahar döneminde adı geçen ortamlar perlite kıyasla 10-15 gün erkencilik sağlamalarının yanı sıra ortalama pazarlanabilir baş ağırlıklarını da önemli düzeyde arttırmışlardır, bu artış Hindistan cevizi torfunda ve klinoptilolitte sırasıyla %57 ve %35 olarak gerçekleşmiştir. İlkbahar döneminde de ortalama pazarlanabilir baş ağırlığı Hindistan cevizi torfunda ve klinoptilolitte perlite kıyasla sırasıyla %25 ve %18 oranında artmıştır.

Hamdy et al. (2009), kışlık marul (cv. Delia) ve ilkbahar dönemine uygun hindiba (cv.St. Levrent Midori) yetiştiriciliğinde sulama kaynağı olarak tuzlu su kaynaklarının değerlendirilmesi amacıyla, kontrollü koşullar altında, atıl topraksız kültür ortamları pomza, çakıl ve perlit ile çalışma yürütülmüştür. Çeşitlere ve ortamlara göre değişmekle birlikte günlük su tüketimi (L/m^2); pomza (1.2 ve 4.4 L/m^2) ortamında yetişen marul ve hindiba çeşitlerinde, çakıl (0.6 ve 2.3 L/m^2) ve perlit (0.8 ve 3.5 L/m^2) ortamlarında yetişen marul ve hindiba çeşitlerinden daha yüksek değerlerde bulunmuştur. Drene olan suyun EC (dS/m) değerleri marulda 4.0-7.9 dS/m ve hindiba da ise 4.5-8.5dS/m arasında bulunmuştur. Ortamların pH değerleri her iki çeşit çakıl ortamı için 8.7 gibi yüksek bir değer, pomza ve perlit ortamları için 8.1 gibi bir değer göstermiştir. Bu çalışma; atık ortamların kullanımı ile sık sık tuzlu suyla sulama sonucu birikmiş tuzların kolaylıkla arındırılabilirdiğini, yeşil salataların üretiminde tuzlu suyun (EC=4 dS/m) kullanım potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Her iki çeşit için de araştırılan,

farklı ortamlarda yetiştirilen bitkilerin bitki büyüme parametreleri benzerlik göstermiştir. Marul verimi hindiba veriminden (sırasıyla 2.14 ve 0.83 kg/m²) yaklaşık üç kat daha fazla bulunmuştur. Her iki çeşit de pomzada yüksek verim, perlitte orta seviyede verim ve çakılda düşük verim vermiştir.

Sarioğlu (2013) tarafından yürütülen çalışmada, perlite, klinoptilolit ilavesinin kıvırcık salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) yetiştiriciliğine etkilerini incelenmiştir. Kıvırcık salata yetiştiriciliğinde perlit üzerine klinoptilolit (perlit:zeolit, v/v; 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40) tabaka şeklinde ilave edilmiştir. Kıvırcık salata yetiştiriciliğinde klinoptilolit ilavesinin %100 perlit ortamına kıyasla baş ağırlığını arttırdığı saptanmıştır. Verim değerleri bakımından klinoptilolit ilave oranları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmaması nedeniyle kıvırcık salata yetiştiriciliğinde perlit ortamına %10 oranında klinoptilolit ilave edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Marul bitkileri talaş (T) ve/veya perlit (P) karışımlarında (Talaş, T:P 25:75%, T:P 50:50%, T:P 25:75%, Perlit) ve Besin Film Tekniği (NFT)'nde ısıtmasız sera koşullarında yetiştirilmiştir. NFT'de yetiştirilen bitkiler yaprak yaş ağırlığı ve yaprak uzunluğu ve alanı bakımından daha iyi sonuç vermiştir. Talaş ilavesi, yaprak sayısına etki etmez iken yaprak uzunluğu, yaprak alanı ve bunun sonucu olarak yaş ağırlığını azaltmıştır. Ancak, yaprak kuru ağırlığı ortamın talaş içeriği arttıkça artmıştır. Perlit ve NFT'de yaprak klorofil içeriği azalırken, ışığın fotosentezde kullanımı artmıştır. Yüksek talaş içeriği (%75 veya %100) fotosentez oranlarını ve stoma iletkenliğini azaltmıştır. Besin elementi alınımı [potasyum (K), sodyum (Na), fosfor (P)] en yüksek NFT'de bulunmuştur. Diğer uygulamalara göre perlit ve T:P 25:75%'lik ortamda yetişen bitkilerde besin elementi alımı %74'e kadar çıkmıştır. Yaprak besin elementi analizi uygulamalar arasında değişim göstermiştir. Sonuçta perlitteki düşük talaş oranlarının (%25) inorganik ortam ortamının özelliklerini iyileştirebildiği sonucuna varılmıştır (**Christoulaki et al., 2014**).

2.5. Besleyici Film Tekniği (NFT)

Besin solüsyonunun bitki kökleri boyunca birkaç milimetre derinliğinde yüzeysel bir akış halinde akıtılması esasına dayanan ve orijinal adı *Nutrient Film Technique* (NFT) olan bu teknik, su kültüründe domateslerin kök gelişiminin izlenebilmesi amacıyla Cooper ve arkadaşları tarafından 1965 yılında İngiltere'de geliştirilmiştir. Besleyici film tekniği adı, köklere yeterince oksijen sağlanması amacıyla kök sisteminin üst kısmının havada olmasını sağlayacak şekilde bitki kök uçları boyunca akan sıvı derinliğinin gerçekten çok ince olmasından kaynaklanmaktadır (**Jewel et al., 1983**).

Diğer sistemlere göre NFT'nin avantajları, ortam kullanılmaması ve düşük miktarlarda besin çözültisi gerektirmesi sebebiyle su ve gübre tasarrufu, ortam maliyetini ve kullanılan ortamın atılmasından kaynaklı olumsuz çevresel etkileri azaltmasıdır. Bununla birlikte, düşük miktarlarda besin solüsyonu kullanımına bağlı olarak yetiştirme dönemi süresince NFT kanalları boyunca sıcaklık değişimleri ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca, NFT'nin besin solüsyonu uygulamasındaki kesintilere karşı çok az tamponlama etkisi olduğundan üretim hatalarını telafi etmek güçtür ve kapalı sistem olmasından dolayı kök kaynaklı hastalıkların yayılma riski vardır. Teknik olarak çoğu bitkiler NFT sistemde yetiştirilebilir ancak kısa dönemlik bitkilerde (30-50 gün) daha iyi sonuç alınır (**Savas, 2002**).

Paris Island ve Maikoning marul çeşitlerinde farklı sistemlerin verim ve su kullanım randımanına etkilerini saptamak amacıyla 1993-1994 yıllarında NFT, aeroponik ve kayayünü sistemleri karşılaştırılmıştır. Çeşitler arasında Paris Island'dan daha yüksek verim elde edilmiştir. Sistemler arasında verim bakımından en iyi sonuç NFT'den alınırken; en düşük su kullanımı kaya yününde olmuştur (**El-Shinawy et al., 1996**).

Belçika'da yürütölen bir çalışmada, baş salata tohumları NFT'de her biri 125 cm³ olan farklı ortamlara (torf blokları, plastik saksılarda torf ve plastik saksılarda Hindistan cevizi lifi) ekilmişlerdir. Ortalama bitki ağırlığı besin kaynağına yakın olanlarda en düşük ve yaprak kenarlarındaki sararma en fazla

iken, plastik saksılarda Hindistan cevizi lifinde yetişen marullarda sararma en az ve ortalama bitki ağırlığı en yüksek bulunmuştur (**Benoit and Ceustermans, 1997**).

Besin solüsyonu konsantrasyonunun besin elementi alınımı üzerine etkisi yağlı baş salata (*Lactuca sativa* 'Okayama Salata') kullanılarak besleyici film tekniği (NFT) sisteminde araştırılmıştır. NFT sistemindeki besin solüsyonunun yoğunluğu deiyonize su kullanılarak otomatik olarak sabitlenmiştir. Besin alımı sistemde besin konsantrasyonlarının azalma oranına göre hesaplanmıştır. Besin elementi alım oranları besin konsantrasyonları ile doğrudan etkilenmiştir. Yağlı baş salata tarafından $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ve K alım oranlarına besin çözeltisinin konsantrasyonunun etkisinin olmadığı bulunmuştur. Besin konsantrasyonu 1 me/L'nin üzerinde iken, besin elementi alımı oranı besin elementi konsantrasyonundan etkilenmemiştir. Diğer besin elementleri ile karşılaştırıldığında $\text{NH}_4\text{-N}$ 'unun öncelikli olarak alındığı gözlenmiştir. Çevreye etki açısından hidroponik üretim sisteminde besin elementi konsantrasyonlarının düşürülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (**Maruo et al., 2002**).

Fasılalı akışlı NFT'de, sera koşullarında yağlı baş salata çeşitlerinde (Mindoro ve Tibet) toplam N, K^+ , Mg^{2+} ve Ca^{2+} birikimi ve NO_3^- , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} ve Ca^{2+} alınımı araştırılmıştır. Araştırmada ayrıca büyüme hızı ve su tüketimi ölçülmüştür. Büyüme döngüsünün son 20 gününde, baş salatalar tüm büyüme döneminde elde edilen yaprak alanının %60'ını ve baş kuru ağırlığının %70'ini üretmiştir. Dikimden 30 gün sonrasında hasada kadar bitki kuru madde içeriği Mindoro çeşidinde 7.0'den 5.1 g/100g yaş ağırlık ve Tibet çeşidinde 7.0'den 6.0 g/100g yaş ağırlığa düşmüştür. Dikimden sonraki 30. Günden 50. güne kadar her iki çeşitte de nisbi nem oranı hala yüksekken, sırasıyla Mindoro ve Tibet'de yaprakların toplam N içeriği 4.3'e ve 4.6 g/100g yaş ağırlığa artmıştır. Hasada doğru biyomas miktarları en yükseğe ulaşırken, toplam N-konsantrasyonu Tibet (%6) çeşidine göre Mindoro (%14) çeşidinde daha fazla azalmıştır. Zamanla benzer varyasyonlar yaprakların K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} içeriklerinde bulunmuştur. Mindoro 'Tibet' den yüksek N kullanım randımanı göstermiştir. Yaprak NO_3^- içeriği orta seviyede (1622 mg/kg yaş ağırlık) ve toplam N'un % 80'ini indirgenmiş

formda bulunmuştur. Bütün büyüme döngüsü sırasında 5.5 L/bitki su kullanılmış ve 12.4 g/L su kullanım etkinliği (WUE) bulunmuştur (**Conversa et al., 2004**).

Rio De Janeiro (Brezilya)'da serada Vera marul çeşidi Nisan-Mayıs (2000) aylarında farklı besin solüsyonu konsantrasyonları ile NFT'de yetiştirilmiştir. Dört uygulama (önerilen konsantrasyonun %12.5, 25, 50 ve 100'ü) kullanılmıştır. Bitkiler orijinal besin solüsyonuyla, %50'si kadar makro element konsantrasyonu içeren solüsyonun kullanımında aynı bitki kuru ağırlık değerlerini vermiştir. Daha küçük konsantrasyonların kullanımı, büyümenin %50 azalması ile sonuçlanmıştır (**Cometti et al., 2008**).

Altı marul çeşidinin (Deyse, Elba, Sabrina, Summer Green, Vera ve Veronica) verim, adaptasyon, fenotipik özelliklerinin stabil olup olmadığının değerlendirilmesi için; farklı yetiştirme sonbahar (S_n), kış (K_n) ve ilkbahar (I_n) dönemlerinde farklı zaman aralıklarında (S_1 : 16/03-15/05; S_2 : 06/04-13/06; S_3 : 04/05-18/07; K_1 : 02/06-09/08; K_2 : 28/06-08/10; K_3 : 26/07-25/09; I_1 : 08/08-13/10; I_2 : 28/08-30/10; I_3 : 15/09-13/11) NFT sistemde yetiştirilmiştir. Çevre koşulları bakımından dikim zamanları arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Sonbaharda yapılan dikim ($S_1=3.1$; $S_2=5.3$; $S_3=4.6$ kg/m²), kışın ($K_1=3.6$; $K_2=3.5$; $K_3=3.7$ kg m²) ve ilkbaharda ($I_1=4.0$; $I_2=3.6$; $I_3=3.2$ kg/m²) yapılan dikimden daha yüksek verim ortaya koymuştur. Bitki çeşitleri ve çevre arasındaki ilişkide K_3 ve I_1 hariç verim açısından kayda değer farklılıklar olmasına rağmen, her yetiştirme dönemindeki çeşitler arasındaki fark önemli çıkmamıştır. Sadece S_3 'deki bitkiler arasında her bitkideki yaprak sayısı açısından önemli farklılıklar bulunmuştur. Verim açısından her çevreye uyan sadece Deyse ve Veronica çeşitleri olmuştur. Diğer çeşitler ise stabil bulunmamıştır. Her bitkideki yaprak sayısı ile sadece Summer Green çeşidi yüksek oranda stabil özellik göstermiştir. Bununla birlikte Summer Green çeşidi elverişsiz iklim koşullarına da uyum göstermiştir (**Gualberto et al., 2009**).

Brezilya'da sera koşullarında yapılan bir çalışmada, tuzlu kuyu suyu (2.47 dS/m), osmozla tuzdan arındırılmış kuyu suyu (0.1 dS/m), tuzdan arındırılırken ortaya çıkan atık suyun (5.15 dS/m) değerlendirilmesi amacıyla Elba marul çeşidi NFT ve yüzen kültür olmak üzere iki farklı hidroponik sistemde yetiştirilmiştir.

Marul verimi yüzen kültürde daha yüksek bulunmuştur. Tuzlu kuyu suyunun ve atık suyun tek başına kullanılmasıyla marul verimi sırasıyla %22.7 ve %39.6 oranında azalmıştır (**Santos et al., 2011**).

Blat et al. (2011), NFT sistemde yetiştirilen beş marul çeşidinin (Pira Rosxa, Belissima, Locarno, Crespona Gigante ve Veronica) iki farklı çevre koşulundaki performansını araştırmıştır. Deneme Brezilya'nın Sao Paulo Eyaleti'nde ve Ribeirao Preto'da Şubat ve Nisan (2006) döneminde NFT sistemde yürütülmüştür. Her çevre koşulu için 5 çeşit kullanılmıştır. Çevre faktörleri ortak parametreler ile analiz edildikten sonra karşılaştırılmıştır. Üst aksam, gövde ve kök yaş ve kuru ağırlıkları, 10 cm den uzun yaprak sayısı ve toplam yaprak sayısı üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Çeşitler ve çevre koşulları arasındaki ilişki önemli bulunmamıştır. Çeşitler her iki çevre koşullarında da aynı özellikleri göstermiştir.

Hidroponik sistemde (NFT) yetişen beş farklı marul çeşidinin (Mimosa Verde, Mimosa Vermelha, Vera, Regina ve Lucy Brown) protein, kalori, karbonhidrat, nitrat, su, mineral madde, lif, kuru madde ve yağ içeriği oranı araştırılmıştır. Deneme Mayıs 2003 ile Haziran 2004 (sonbahar, kış döneminde) arasında Brezilya'da yürütülmüştür. Bitkiler besin solüsyonunun sirküle olduğu 7 kanaldan oluşan NFT sisteminin kanallarının içinde sıralı gruplar halinde yetiştirilmiştir. Kanallar arası uzaklık 0.25 m, kanaldaki bitkiler arasındaki uzaklık 0.25 m olacak şekilde her kanalda 24 tane, toplamda 168 bitki olarak şekilde yerleştirilmiştir. Hasat ekimden 54 gün sonra gerçekleştirilmiştir. Amerikan tipi Lucy marul çeşidi gövdede diğer bitkilere göre daha fazla su ve nitrat içeriğine sahip olmuştur. Mimosa Vermelha ve Mimosa Verde çeşitlerinin gövdelerindeki kuru madde içeriği, yağ, protein ve kalori değerleri diğer çeşitlere göre ortalamanın üstünde bulunmuştur. Regina çeşidi hariç diğer çeşitlere göre; Mimosa Vermelha çeşidi daha yüksek karbonhidrat içeriğine Mimosa Verde çeşidi daha yüksek mineral madde içeriğine sahip olmuştur. En fazla lif oranı Regina çeşidinde gözlenmiştir (**Ohse et al., 2014**).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma 2014 yılında, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne (Bornova/İzmir) ait kuzey-güney doğrultusundaki yan ve çatı havalandırmaları net ile kaplı, yay çatılı PE örtülü, oluk yüksekliği (yan yükseklik) 3.50 m, çatı yüksekliği 4.80 m olan 400 m²'lik serada (Şekil 3.1) yürütülmüştür. NFT ise bu seranın yanındaki oluk yüksekliği 2.40 m, çatı yüksekliği 3.70 m olan 828 m²'lik serada gözlem olarak izlenmiştir (Şekil 3.2). Seralar sadece bitkileri dondan korumaya yönelik olarak ısıtılmıştır.



Şekil 3.1 Araştırmanın yürütüldüğü 400 m²'lik seranın genel görünümü



Şekil 3.2 NFT'nin bulunduğu seranın genel görünümü

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel materyal

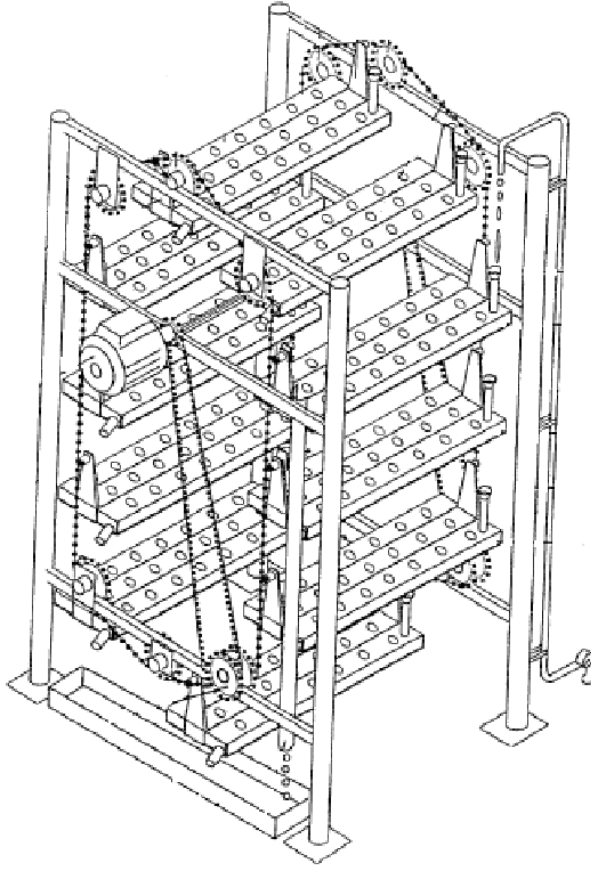
Denemede bitkisel materyal olarak Sancak Fide'den temin edilen ve iceberg tipi salata (*Lactuca sativa* var. capitata) çeşidi olan Salinas'ın fideleri kullanılmıştır. Salinas çeşidi iri, geniş yapraklı, parlak açık yeşil renkli başlar yapmaktadır. Yaprakları sulu, gevrek, hafif girintili çıkıntılı ve iri kabarcıklıdır. Ortalama ağırlığı 800 g'dır. Geç sonbahar ve erken ilkbahar üretimine uygun yetişir. Hasada geliş süresi 80 gündür. Aşırı sıcak ve aşırı soğuklara karşı dayanımı yüksek olup, yavaş sapa kalkar. Yaprak biti (*Nasonovia ribisigri*) ve yaprak uç yanıklığına dayanıklıdır (Anonim, 2014b).

3.1.2. Kullanılan sistemler

Denemede dönen katlı sistem, aeroponik (AeroGrower 20) sistem, kapillar sistem (autopot), üstten el ile günde bir kez besin solüsyonu uygulaması yapılan saksıda ortam kültürü ve toprakta yetiştiricilik ile karşılaştırılmış ve Besleyici Film Tekniği (NFT)'de gözlem olarak değerlendirilmiştir.

3.1.2.1. Dönen katlı sistem

Joseph Agius Cudgen tarafından 30 Ocak 2007 tarihinde US 7.168.206 B2 no ile tasarlanan hidroponik aparatın (Şekil 3.3) modifiye edilmiş bir şekli olan dönen katlı sistem özel olarak yaptırılmış (AHK Makine, Düzce) ve sera içerisine 10.10.2013 tarihinde kurulmuştur. Sistem içinde saksıda 14 bitki alabilen 10 adet tabla yer almıştır. Saksıların hacmi 0.6 litredir. Sistemin zemininde yer alan 200 L besin solüsyonu haznesine aynı anda 2 tabla batırılarak solüsyonun alınması sağlanmıştır. 1 tonluk ana tankta hazırlanan solüsyon alt tanka kendi cazibesi ile verilirken, seviye yükseldikçe devreye giren seviye sensörü, pompa yardımıyla tekrar bu solüsyonu 1 tonluk ana tanka basmıştır. Böylece besin solüsyonunun EC-pH seviyesinin ayarlanması kolaylaşmıştır. Solüsyona değen tablalar bir turunu 45 dakikada tamamlayarak tekrar solüsyon haznesine dönmüş olup, dönüş hızı ayarlanabilir özellikte yapılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.3 Hidroponik aparat (Cudgen, 2007)



Şekil 3.4 Döner katlı sistemin sera içine kurulumu ve devrinin ayarlanması

Yapılan ön deneme sonucu döner katlı sistemde bazı sorunlar gözlenmiştir:

Tablaların sistemin altına yerleştirilmiş tanka girip çıkması sonucu saksı altlarındaki su damlaları sistem döndüğü için zaman içerisinde diğer tablolardaki bitkilerin üzerinde zararlanma meydana getirmiştir (Şekil 3.5). Nitekim zamanla nem yükselmiş ve kurşini küf ortaya çıkmıştır.

Ayrıca bu sorun dış yapraklarının çelik tablaya yapışmasına ve çürümesine de sebep olmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.5 Döner katlı sistemde damlama sorunu



Şekil 3.6 Çelik tablaya yapışan ve çürüyen yapraklar

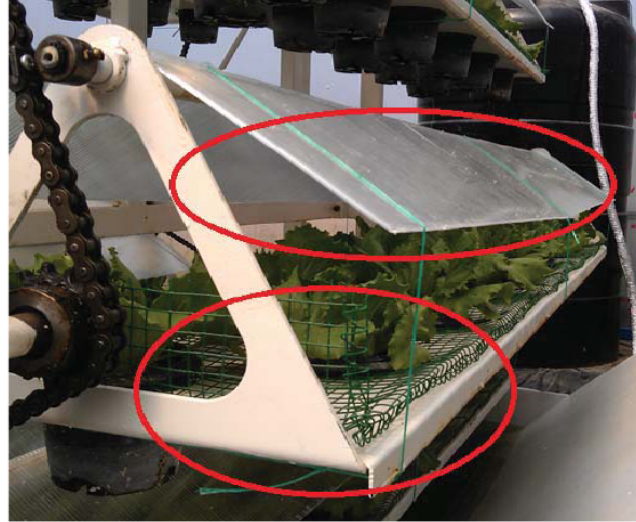
Bitkilerin büyümeye başlaması ile birlikte yaprakların alt tankdaki solüsyona (Şekil 3.7) ve tablaları taşıyan dişli zincir sistemine (Şekil 3.8) temas etmesi sonucu yapraklarda deformasyon ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.7 Besin solüsyonuna giren yapraklar

Şekil 3.8 Zincirlerin deforme ettiği yapraklar

Damlama sorununa çözüm olarak 1 cm kalınlığında şeffaf polycarbon kesilip tablaların üzerine monte edilmiştir (Şekil 3.9). Bitkilerin büyümesiyle oluşan sorunlara çözüm olarak da 1 cm boşluklu plastik boyalı metal kafes telleri kullanılarak büyüyen yaprakların besin solüsyonuyla, zincir sistemiyle ve çelik tablalar ile teması kesilmiştir (Şekil 3.9)



Şekil 3.9 Monte edilen polycarbon ve kafes telleri

Bitkilerin üzerine monte edilen şeffaf polycarbonun ışık şiddetine etkisini belirlemek amacıyla CEM DT-1309 Auto Ranging Light Meter ile 03.04.2014

tarihinde ölçüm yapılmıştır. Dönen katlı sistem içerisinde ışık şiddeti değişimi 3290 lüks ile 26880 lüks arasında bulunurken, sera içi ve sera dışı ışık miktarı sırasıyla 35600 ve 94900 lüks olarak saptanmıştır

3.1.2.2. Aeroponik (Besin Solüsyonu Sisleme Tekniği)

Aeroponik sistem olarak, ticari olarak satışa sunulmuş ve küçük mekanlarda kullanılabilen bir sistem (AeroGrower 20, Smooth Garden Aeroponik Sistem) kullanılmıştır. Kullanımı kolay olan bu modüler sistem, 40 litre rezervuar (besin solüsyonu tankı), pompa, drenaj ve püskürtme bağlantıları, 50 x 60 cm stand, kök hazneleri ve saksılardan oluşmaktadır. Her bir modüler sistem 4 sisleme tankından ve her sisleme tankı 5 adet her yönü boyuna yarıklardan oluşan saksılardan (0.15 litre hacimli) oluşmaktadır. Her sisleme tankı 2 adet sisleme başlığına sahiptir ve rezervuar içinde bulunan dalgıç pompa ile sürekli olarak besin eriyiğini köklere sislemektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Aeroponik Sistem

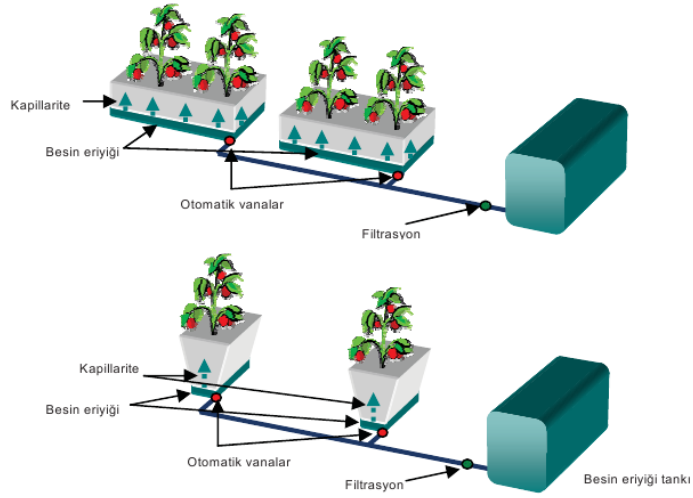
3.1.2.3. Kapılar (AutoPot) sistem

Araştırmada “AutoPot sistemi” olarak patent alan ve Tartes A.Ş.’den temin edilmiş olan akıllı saksı sistemi kullanılmıştır. Bu sistemde her biri 30 litrelik besleme tankına bağlı ve bir setinde iki plastik saksı (6 litre hacimli) ve saksıların oturduğu kap içerisinde ortak valf bulunan 3’lü saksı grubu yer almaktadır (Şekil 3.11). Akıllı saksılar tam otomatik ve elektriksiz çalışabilen bitki yetiştirme sistemidir. Akıllı saksının önünde bulunan akıllı vana (valf) besin

solüsyonunun depodan saksıların altındaki hazneye akışını denetlemektedir (Şekil 3.12).



Şekil 3.11 Kapillar sistem



Şekil 3.12 Kapillar sistemin çalışma şekli (Meriç et al., 2008)

3.1.2.4. Ortam kültüründe yetiştiricilik

Saksıda ortam kültürü şeklinde yapılan yetiştiricilikte ortam olarak İZPER'den (Çiğli/İzmir) temin edilen ve taneçiklerinin %60'ı 2 ile 5 mm boyutlarında olan tarımsal perlit kullanılmış (4L/saksı) ve perlitler kahverengi dikey bireysel saksılara konulmuştur. Bitkiler günde bir defa elle ve saksı tabanındandaki tabaklarda su çıkışı olana kadar üstten besin solüsyonu ilavesi şeklinde sulanmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Saksıda ortam kültürü

3.1.2.5. Toprakta yetiştiricilik

Aynı sera koşullarında kimyasal gübre kullanılmaksızın toprakta üretim yapılmıştır (Şekil 3.14). Yetiştiricilikte sulama, damla sulama yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Damla sulama sisteminde sera dışında kurulu sistem denetim biriminden alınan sulama suyu, aynı birimde filtre edildikten sonra, her bitki sırasına yerleştirilen, damlatıcı aralığı 40 cm olan, boru içine entegre (in-line) tipte damlatıcılı damla sulama boruları aracılığı ile bitkilere ulaştırılmıştır.



Şekil 3.14 Toprakta yetiştiricilik

3.1.2.5. Besleyici Film Tekniği (NFT)

Denemede merdiven tipi A-şekilli NFT sistem kullanılmıştır. Merdiven (A-shape) sistemi demir profilden üç adet A harfi şeklinde ayakta meydana gelen taşıyıcı iskeletten oluşmuştur. Merdiven sisteminin yüksekliği 2 m olup, iskelet üzerine ön ve arka yüzüne 6 m uzunluğunda 4'er adet toplam 8 adet kanal (16 cm'lik PVC boru) %1 eğimle tek yönlü yerleştirilmiştir. Merdiven sisteminin sera içinde yönlendirilmesi kuzey-güney istikameti şeklinde yapılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Besleyici Film Tekniği (NFT)

3.1.3. Kullanılan ortam

Araştırmada su kültüründeki saksılarda perlit kullanılmıştır. Perlit tabiatta gri, beyaz ve siyah renklerde bulunan, volkanik kökenli, camsı, asidik bir kayadır. Kırılarak milimetrik boyutlara getirdikten sonra 800-1000°C arasında ısıtılarak işleme tabi tutulur, bu işlemin sonucunda da aynen mısır tanesi gibi patlayarak, hacminin 20 katına kadar genişler. Tarımda kullanılan perlitin tanecik çapı 0-6 mm arasında değişmektedir, pH'sı 7.0 ve hacim ağırlığı 80-90 kg/m³ tür. En büyük avantajı diğer organik ortamlara göre çok daha hafif olmasıdır. Kimyasal bileşimi Çizelge 3.1'de gösterilmiştir (Balay, 1992; Gül, 2008).

Çizelge 3.1 Perlitin kimyasal bileşimi

Bileşik	İçerik (%)
SiO ₂	72-76
Al ₂ O ₃	12-16
Na ₂ O	3-5
K ₂ O	2-5
MgO	0-1
CaO	0.2-0.5
Fe ₂ O ₃	1-3
Su	3-6

3.2. Yöntem

3.2.1. Dikim

Seralarda kurulan sistemlere fideler 03.03.2014 tarihinde dikilmiştir. Dikim sıklığı ile ilgili sistemlere özel, ayrıntılı bilgi aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.2):

Dönen katlı sistemde, her 3 tabla bir tekerrür (her tekerrürde 42 bitki) olacak şekilde, 1 tabla ise deneme dışı olacak şekilde 10 tabla yer almış; fideler 0.6 litre hacmindeki saksılara (126 saksı deneme içi, 14 saksı deneme dışı) perlit ortamına dikilmiştir (Şekil 3.16).

Aeroponik sistemde, fide kökleri yıkandıktan sonra her sisleme tankının 4 saksısı kullanılacak şekilde 3 tekerrürlü (her tekerrürde 10 bitki) olarak her yönü boyuna yarıklardan oluşan 0.15 litre hacmindeki saksılara (30 saksı deneme içi, 2 saksı deneme dışı) perlit ortamına dikim yapılmıştır (Şekil 3.16).

Kapillar sistemde fideler her sulama tankına 6 saksı gelecek şekilde 3 tekerrürlü (her tekerrürde 6 bitki) 6 litre hacmindeki saksılara (18 saksı deneme içi) perlit ortamıyla birlikte dikilmiştir (Şekil 3.17).

Saksıda ortam kültüründe fideler 3 tekerrürlü (her tekerrürde 6 bitki) olacak şekilde, 4 litre hacmindeki saksılara 18 adedi deneme içi olmak üzere perlit ortamında dikilmiştir (Şekil 3.17).

Toprakta yetiştiricilikte ise 3 tekerrürlü 9 sıra halinde (her 3 sıra bir tekerrür) sıra arası 40cm sıra üzeri 40 cm olacak şekilde 72 adet fide toprağa dikilmiştir (Şekil 3.18).

Besleyici film tekniği (NFT)'de sistemin her bir kanalı 1 tekerrür kabul edilerek deneme 3 tekerrürlü (her tekerrürde 15 bitki) olarak kurulmuş ve fideler 0.5 litre hacimli saksılara (45 saksı deneme içi, 15 saksı deneme dışı) perlit ortamına dikilmiştir (Şekil 3.18).

Çizelge 3.2 Sistemlerdeki saksı hacimleri, bitki sayıları, dikim mesafeleri ve sistemlerin kapladıkları alan

Sistemler	Saksı hacmi (L)	Tekerrürdeki bitki sayısı (bitki/tekerrür)	Deneme içi bitki sayısı (adet)	Deneme dışı bitki sayısı (adet)	Sıra üzeri-sıra arası mesafe (cm)	Sistemin kapladığı alan (m ²)
Dönen Katlı Sistem	0.6	42	126	14	15-50	1.05
Aeroponik Sistem	0.5	10	30	2	7-7	0.67
Kapillar Sistem	6	6	18	-	30-30	1.05
Ortam Kültürü	4	6	18	-	30-30	1.05
Toprakta Yetiştiricilik	-	24	72	9	40-40	10.08
Besleyici Film Tekniği (NFT)	0.5	15	45	15	20-27	13.05



Şekil 3.16 Aeroponik ve kapillar sistemde dikim (03.03.2014).



Şekil 3.17 Döner katlı sistem ve ortam kültürüne dikim (03.03.2014).



Şekil 3.18 Toprağa ve Besleyici Film Tekniği (NFT)'ne dikim (03.03.2014).

3.2.2. Bitki bakım işleri ve yetiştiricilik

Bitkiler 03.03.2014-21.04.2014 tarihleri arasında 50 gün süreyle denemeye alınan sistemlerde yetiştirilmiştir. Bitki bakım işleri **Sevgican (2002)**'a göre yapılmıştır.

Yetiştirme dönemi içerisinde dönen katlı sistemde, aeroponikde, kapillar sistemde, ortam kültürü ve NFT'de haftada iki gün besleme tanklarından alınan örneklerde EC ve pH değerleri ölçülmüş ve aynı gün ana tanklar taze besin solüsyonu ile doldurulmuştur.

Yetiştirme dönemi boyunca sadece kurşuni küf hastalığı gözlenmiş ve 28.03.2014 tarihinde ilaçlama yapılmıştır. Baş salatalar tüm sistemlerde 21.04.2014 tarihinde hasat edilerek ölçüm ve analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Kullanılan besin solüsyonu

Bitkilerin beslenmesinde topraksız salata-marul yetiştiriciliğinde uygulanan besin solüsyonu reçetesi kullanılmıştır (**Gül, 2008**). Reçetede kullanılan elementler, dozları ve besin solüsyonu hazırlığında kullanılan kimyasal gübreler Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Salata-marul yetiştiriciliğinde kullanılan besin solüsyonu reçetesi

Element	Doz (ppm)	Kullanılan Gübreler
N	150	NH ₄ NO ₃
P	50	H ₃ PO ₄
K	150	KNO ₃
Ca	150	Ca(NO ₃) ₂
Mg	50	MgSO ₄ .7H ₂ O
Fe	5	Na ₂ Fe-EDTA
Mn	0.5	ZnSO ₄ .7H ₂ O
Zn	0.05	MnSO ₄ .H ₂ O
B	0.5	H ₃ BO ₃
Cu	0.03	CuSO ₄ .5H ₂ O
Mo	0.02	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O

Gübrelerin karışabilirliklerine göre makro elementler için 100 litrelik A ve B stoğu, mikro elementler için 20 litrelik mikro element stok solüsyonu (MESS) hazırlanmış ve diğer bir tankta stok solüsyonlar 1:200 oranında seyreltilerek EC (1.8-2.5 dS/m) ve pH (5.5-6.5) değerleri ayarlandıktan sonra sistemlere ait besleme tanklarına konulmuştur.

3.2.4. Yapılan ölçüm ve analizler

21.04.2014 tarihinde hasat edilen bitkilerin tamamı tartılarak verim değerleri saptanmış ve her sisteme ait 3 tekerrürden alınan örneklerde bitki gelişimi, bazı kalite parametreleri ve element içeriklerine bakılmıştır.

3.2.4.1. Verim parametreleri

Toplam verim (kg/m²): Her uygulamaya ait baş salataların toplam ağırlıkları ölçülmüş ve izdüşümlerine göre sistemlerin kapladığı alan hesaplandıktan sonra, sistem alanı elde edilen toplam verime bölünerek hesaplanmıştır.

Atılan yaprak ağırlığı (g/baş): Hasat edilen başları çevreleyen kuru ve sararmış yaprakların ağırlıkları tartılarak baştaki atılan yaprak ağırlığı olarak belirlenmiştir.

Ortalama baş ağırlığı (g/baş): Toplam verimin toplam baş sayısına bölünmesiyle hesaplanmıştır..

Pazarlanabilir ortalama baş ağırlığı (g/baş): Zarar görmüş yapraklar alındıktan sonraki baş ağırlığı pazarlanabilir ortalama baş ağırlığı olarak hesaplanmıştır.

3.2.4.2. Bitki gelişimi parametreleri

Baş çapı (cm): Hasat döneminde başların en geniş kısmından çapı ölçülerek cm olarak kayıt edilmiştir (Şekil 3.21).



Şekil 3.19 Baş salatada baş çapı ölçümü

Baş yüksekliği (cm): Hasat döneminde başların toprak seviyesinden tepe noktasına kadar uzunluğu ölçülüp cm olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Baş salatada baş yüksekliği ölçümü

Yaş (Y.A.) ve kuru ağırlık (K.A.) (g/baş): Üretim dönemi sonunda her uygulamaya ait seçilen 3 başda yaprak ve köklerin yaş ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Yaprak ve köklerin yaş ağırlıkları alındıktan sonra, 65°C'ye ayarlı etüvde sabit ağırlığa ulaşınca kadar tutulup kuruyan örnekler tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 3.21). Kuru madde içeriği yaş ve kuru ağırlık değerleri üzerinden yüzde olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.21 Baş salatada yaş-kuru ağırlık ölçümü

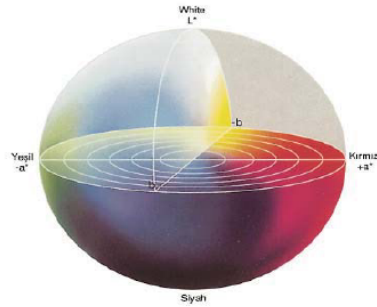
3.2.4.3. Kalite Parametreleri

Renk: Rastgele seçilen 3 başta yaprakların salatanın rengi Minolta CR-300 renkölçerle L^*a^*b olarak ölçülmüştür (Şekil 3.22). Bu sistemde renkler üç boyutlu küresel bir uzayda nokta olarak belirlenirler. Lightness (L^*) değeri ise 0 (siyah)'dan 100 (beyaz)'a olacak şekilde rengin açıklık veya koyuluğunu, a ve b ise L^* 'ye dik bir renk düzleminde rengi belirler. Eksenin tam ortasında renk ($a:0, b:0$) renksiz (gri-akromatik)'dir. Yatay ekseninde pozitif a kırmızıyı, negatif a yeşili; dikey eksenindeki pozitif b sarıyı, negatif b ise maviyi göstermektedir (Şekil 3.23). Rengin temel bileşenlerini belirleyen Hue (0° :kırmızı, 90° :sarı, 180° :yeşil ve 270° :mavi) ve rengin doygunluğunu belirleyen Kroma değerleri a ve b'den aşağıdaki formüllere göre hesaplanarak elde edilmiştir (McGuire, 1992).

$$\text{Hue } \theta = \tan^{-1} (b/a) \quad \text{Kroma } C^* = \sqrt{a^2 + b^2}$$



Şekil 3.22 Baş salatada renk ölçümü



Şekil 3.23 Renk topu

Yaprak klorofil içeriği (mg/L): Her sisteme ait tekerrürlerden, yaprakların en dış ve en iç kısımları olmayacak şekilde damarsız kısımlarından rastgele 0.25 g örnek alınarak, %80'lik aseton ile homojenize edilmiştir. Elde edilen çözelti 50 ml'lik balon jojeye alınmış, asetonla 50 ml'ye tamamlanıp, iyice çalkalanmıştır. Örnek filtre kağıdından süzölmüş ve süzükler 663 nm ve 645 nm dalga boyunda okunmuştur (Şekil 3.24). Elde edilen değerler aşağıdaki formüle göre hesaplanarak klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerleri mg/L olarak hesaplanmıştır (**Aron, 1949**).

$$\text{Klorofil a:} [(0.0127 \times \text{Absorbans}_{(663)}) - (0.00269 \times \text{Absorbans}_{(645)})] \times 1000$$

$$\text{Klorofil b:} [(0.0229 \times \text{Absorbans}_{(645)}) - (0.00468 \times \text{Absorbans}_{(663)})] \times 1000$$

$$\text{Toplam klorofil:} [(0.0202 \times \text{Absorbans}_{(645)}) - (0.00802 \times \text{Absorbans}_{(663)})] \times 1000$$

Toplam klorofil: *Klorofil a* ve *Klorofil b*'nin toplamı ile de aynı sonucu vermiştir.



Şekil 3.24 Baş salatada klorofil analizi

Yaprakların nitrat içeriği (mg/kg): Homojen olarak alınan 5 g yaprak örneği 95 ml saf suda homojenize edilerek beyaz bantlı filtre kağıdından süzölmüş; süzükten alınan örnek üzerine %5'lik salisilik asit + sülfürik asit karışımı ve 4N NaOH ilave edilip, karıştırılarak 410 nm'de spektrofotometrede okuma yapılmıştır. Aynı yöntemle hazırlanan standartlar da okunmuş ve kurve

faktörü üzerinden nitrat içerikleri ppm (mg/kg) olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.25) (Fresenius et al., 1998).



Şekil 3.25 Nitrat analizi ve spektrofotometre

Vitamin C (mg/100 g): Baş salatadaki C vitamini (L- askorbik asit) miktarı 2,6 dichloroindophenol titrimetrik metodu kullanılarak belirlenmiştir (AOAC, 1995). Yapraklardan homojen olarak alınan 25 g örnek 50 ml %0.04'lük oksalik asit ile parçalayıcıda parçalandıktan sonra kaba filtre kağıdı yardımıyla süzümüştür. Süzükten alınan örnekler oksalik asit ile 2.5 kat seyreltilerek 2,6 diklorofenol indofenolile renklendirilip spektrofotometrede 518 nm dalga boyunda okunmuştur (Şekil 3.26).



Şekil 3.26 Baş salatada vitamin-C analizi

3.2.4.4. Besin element içeriği

Kurutulmuş başlara ait yaprak ve kök örneklerinde toplam N, P, K, Ca ve Mg içerikleri belirlenmiştir. Azot, Kjeldahl yöntemi ile **Bremner (1965)**'e göre; K, P, Ca ve Mg elementleri 500±550°C'de kuru yakma yöntemi ile hazırlanan ekstraktlarda fosfor kolorimetrik (**Lott et al., 1956**) olarak, potasyum ve kalsiyum flame (alev) fotometresi ile Mg ise atomik absorpsiyon spektrofotometre ile ölçülerek belirlenmiş içerikleri % olarak verilmiştir (**Kacar ve İnal, 2008**).

3.2.4.5. Su kullanım randımanı (WUE)

Birim alandan elde edilen toplam verimin, o birim alandaki bitkilere uygulanan besin çözeltisi miktarından drene olan veya atılan besin çözeltisi miktarı çıkartılarak hesaplanan bitki su tüketimine aşağıda verilen eşitliğe göre oranlanması ile hesaplanmıştır (**Chaves et al., 2004**)

$$WUE_{BST} = \left(\frac{\text{Toplam verim}}{\text{Bitki su tüketimi}} \right) \quad (\text{kg/m}^3 = \text{g/l})$$

3.2.4.6 Elektriksel geçirgenlik (EC) ve pH

Haftanın 2 günü EC metre (Mettler Toledo MC-126) ve pH metre (Mettler Toledo SevenEasy) yardımıyla uygulanan besin solüsyonunun EC ve pH değerlerine bakılmıştır.

Denemeye alınan sistemlerde, üretim dönemi boyunca uygulanan besin solüsyonunda ölçülen maksimum, minimum ve ortalama EC ve pH değerleri sırasıyla Çizelge 3.4 ve 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Üretim döneminde sistemlere uygulanan besin solüsyonunun maksimum minimum ve ortalama EC değerleri (dS/m)

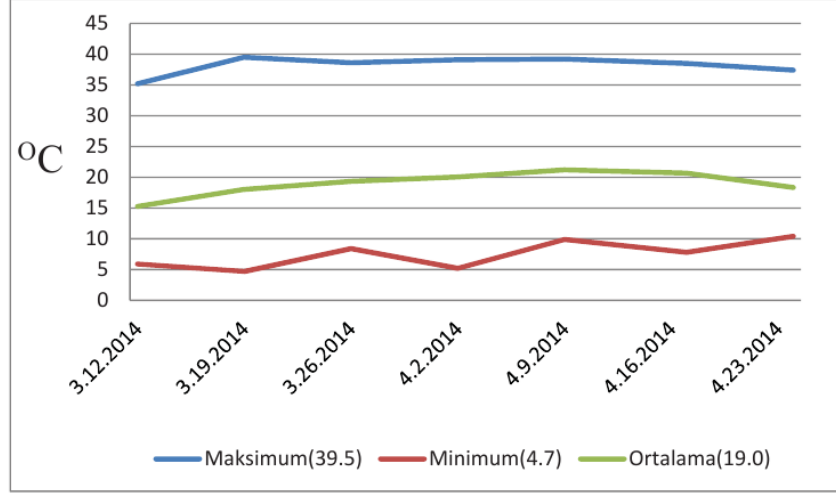
Sistemler	Minimum	Maksimum	Ortalama
Dönen Katlı Sistem	1.91	2.37	2.15
Aeroponik Sistem	2.01	2.52	2.31
Kapillar sistem	1.98	2.45	2.24
Ortam kültürü	2.06	2.56	2.34
Besleyici Film Tekniği (NFT)	2.06	2.56	2.34

Çizelge 3.5 Üretim döneminde besin solüsyonunun maksimum, minimum ve ortalama pH değerleri

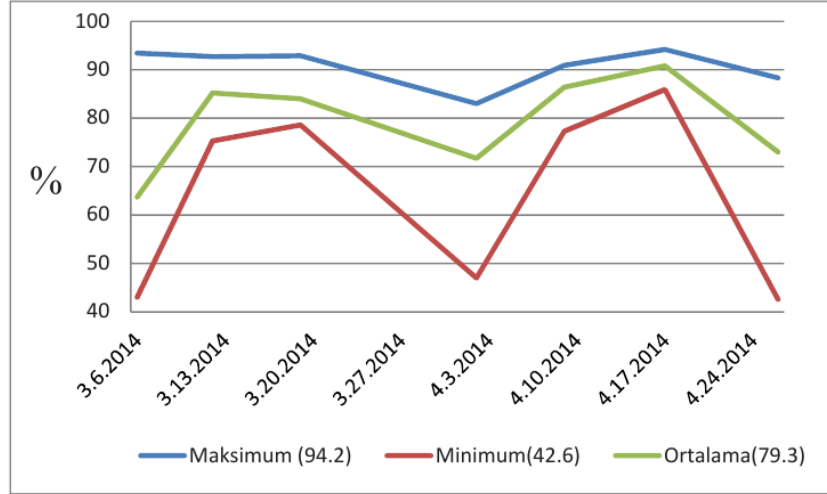
Sistemler	Minimum	Maksimum	Ortalama
Dönen Katlı Sistem	6.06	6.49	6.33
Aeroponik Sistem	6.32	6.41	6.37
Kapillar sistem	5.54	6.35	5.96
Ortam Kültürü	5.85	6.56	6.26
Besleyici Film Tekniği (NFT)	5.85	6.56	6.26

3.2.4.7. İklim verileri

İklim verilerini (sıcaklık ve oransal nem) kayıt etmek için sera içerisinde bitki yüksekliğine HOB0 cihazı konulmuş ve dikimden hasata kadar olan 50 günlük sürede veriler kaydedilmiştir. Yetiştirme dönemi içerisinde serada ölçülen maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri ile oransal nem değerlerinin değişimi Şekil 3.22 ve 3.23’de verilmiştir.



Şekil 3.22 Üretim döneminde sera içi sıcaklıklarının (°C) haftalık değişimi



Şekil 3.23 Üretim dönemi nde sera içi bağıl nemin (%) haftalık değişimi

3.3. İstatistiksel Değerlendirme

Denemeden elde edilen verilere SPSS 20.0 paket programı kullanılarak varyans analizi uygulanmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar ise %5 hata olasılığı ile yapılan Duncan testi ile belirlenmiştir. Tablolarda *P* (olasılık) değerleri verilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Verim Parametreleri

Üretim 03.03.2014 ile 21.04.2014 tarihleri arasında 50 gün süre ile devam etmiştir. Denemeye alınan sistemlerde başların gelişimi Şekil 4.1-4.6'da; hasat öncesi sistemlerin görünüşleri ise Şekil 4.7-4.11'de verilmiştir.

Sistemlerin hasat edilen başların verim değerleri (toplam verim, ortalama ve pazarlanabilir baş ağırlığı) üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. ($P=0.000$) Atılan yaprak ağırlığı üzerine sistemlerin bir etkisi olmamıştır ($P=0.294$) (Çizelge 4.1). NFT farklı serada olduğu için hasat değerleri gözlem amacıyla verilmiştir. Sistemlerden elde edilen toplam verim değerleri 4.66 ile 12.99 kg/m^2 arasında değişmiştir. Verimdeki bu farklılık sistemlerdeki bitki sayılarının farklı olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.1 Baş salatalarda verim parametrelerinin sistemlere göre değişimi

SİSTEMLER	Toplam verim (kg/m^2)	Bitki Sayıları (adet/m^2)	Ortalama baş ağırlığı (g/baş)	Atılan yaprak ağırlığı (g/baş)	Pazarlanabilir ortalama baş ağırlığı (g/baş)
Dönen Katlı Sistem	8.56 b	29	299 c	21.0	278 c
Aeroponik Sistem	12.99 a	45	290 c	24.0	266 c
Kapillar Sistem	8.60 b	17	501 b	22.0	479 b
Ortam Kültürü	4.66 c	17	272 c	19.0	253 c
Toprakta Yetiştiricilik	5.04 c	7	705 a	31.7	673 a
<i>P</i>	<i>0.000</i>		<i>0.000</i>	<i>0.294</i>	<i>0.000</i>
Besleyici Film Tekniği (NFT)	4.54	8	679	31.3	641

Denemeye alınan sistemler arasında en yüksek toplam verim 12.99 kg/m^2 ile aeroponik sistemde ortaya çıkmıştır. Kapillar ve dönen katlı sistemlerden sırasıyla 8.60 ve 8.56 kg/m^2 toplam verim değerleri elde edilirken, aynı istatistiki grupta yer alan ortam kültürü ve topraktan sırasıyla 4.66 ve 5.04 kg/m^2 verim alınmıştır.

Ortalama ve pazarlanabilir ortalama baş ağırlığı değerleri bakımından sırasıyla 705 ve 673 g/baş ile toprakta yetiştiricilik en yüksek değerleri vermiş,

bunu 501 ve 479 g/baş ile kapillar sistem izlemiştir. Diğer sistemlerde ortalama ve pazarlanabilir baş ağırlıkları daha düşük olmuştur.



Şekil 4.1 Dönen katlı sistemdeki baş salataların haftalık gelişimi



Şekil 4.2 Aeroponik sistemdeki baş salataların haftalık gelişimi



Şekil 4.3 Kapillar sistemdeki baş salataların haftalık gelişimi



Şekil 4.4 Ortam kültüründeki baş salataların haftalık gelişimi



Şekil 4.5 Topraktadaki baş salataların haftalık gelişimi



Şekil 4.6 Besleyici Film Tekniği (NFT)'deki baş salataların haftalık gelişimi



Şekil 4.7 Hasat öncesi dönen katlı sistemin görünümü



Şekil 4.8 Hasat öncesi aeroponik sistemin görünümü



Şekil 4.9 Hasat öncesi kapillar sistemin görünümü



Şekil 4.10 Hasat öncesi ortam kültüründe başların görünümü



Şekil 4.11 Toprakta yetiştirilen başların hasat öncesi görünümü



Şekil 4.12 Besleyici Film Tekniği (NFT) ile yetiştirilen başların hasat öncesi görünümü

4.2. Bitki Gelişim Parametreleri

Baş gelişim özellikleri ile ilgili olarak ölçülen baş çapı, baş yüksekliği, baş ve kök yaş ve kuru ağırlıkları ile kuru madde içeriğine yapılan istatistiki değerlendirmeler %99 güvenle sistemlerin etkisinin önemli çıktığını göstermiştir (Çizelge 4.2).

Denemeye alınan sistemlerde hasat edilen başlarda çap 13.2 ile 18.3 cm ve yükseklik 11.9 ve 17.3 cm arasında değişmiştir. En yüksek değerler toprakta yetiştiricilikten alınırken, bunu 15.8 cm baş çapı ve 15.1 cm baş yüksekliği ile kapillar sistem takip etmiştir. Baş çapı değerleri bakımından diğer sistemler en düşük değerlerle 3. grubu oluşturmuştur. Baş yüksekliği bakımından aeroponik ve kapillar sistemler aynı grupta yer alırken en düşük değerleri vermiştir. NFT'den hasat edilen başların çapı kapillar sisteme yakın bulunurken, baş yüksekliği topraktaki yetiştiricilik ile aynı olmuştur.

Baş yaş ve kuru ağırlığı en yüksek toprakta yetiştiricilikte ortaya çıkarken bunu kapillar sistem izlemiştir. NFT'den elde edilen değerlerin topraktan alınan sonuçlara yakın olduğu gözlenmiştir. Diğer sistemler baş çapı ve yüksekliğinde olduğu gibi daha düşük değerler vermiştir. Baş kuru madde içeriği ortalama %4.13 ile aeroponik sistemde en yüksek bulunurken, kapillar sistemde %3.22, toprakta yetiştiricilikte %3.07, dönen katlı sistemde %2.91 ve ortam kültüründe %2.85 olmuştur.

Kök yaş ve kuru ağırlıkları en yüksek aeroponik sistemden elde edilmiştir. Kök kuru madde içeriği ise %9.02 ile ortam kültüründe en yüksek bulunurken, toprakta yetiştiricilikte %7.01, kapillar sistemde %6.56, aeroponik sistemde %5.83 ve dönen katlı sistemde %5.08 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2 Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salataların baş özellikleri

SİSTEMLER	BAŞ					KÖK		
	Baş çapı (cm)	Baş yüksekliği (cm)	Yaş ağırlık (g/baş)	Kuru ağırlık (g/baş)	Kuru madde (%)	Yaş ağırlık (g/kök)	Kuru ağırlık (g/kök)	Kuru madde (%)
Dönen Katlı Sistem	13.5 c	13.4 c	299.00 c	8.65 cd	2.91 b	5.78 d	0.29 c	5.08 c
Aeroponik Sistem	13.3 c	15.0 b	289.67 c	11.99 c	4.13 a	23.18 a	1.38 a	5.83 bc
Kapillar Sistem	15.8 b	15.1 b	501.33 b	16.22 b	3.22 b	7.58 cd	0.49 bc	6.56 b
Ortam Kültürü	13.2 c	11.88 c	271.67 c	7.79 d	2.85 b	15.19 b	1.16 a	9.2 a
Toprakta Yetiştiricilik	18.3 a	17.3 a	704.67 a	21.25 a	3.07 b	10.47c	0.72 b	7.01 b
	<i>P</i> 0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.000	0.000	0.000
Besleyici Film Tekniği (NFT)	15.1	16.6	679.33	18.89	2.78	15.60	0.69	4.10

4.3. Kalite Parametreleri

4.3.1. Renk değerleri

Sistemler rengin parlaklığı (L) üzerine herhangi bir farklılık yaratmazken ($P=0.209$), a, b, Hue ve Kroma değerleri üzerinde önemli farklılık yaratmıştır ($P_a=0.000$, $P_b=0.036$ $P_{Hue}=0.029$ ve $P_{Kroma}=0.002$) (Çizelge 4.3). Ortam kültüründe yetişen bitkiler diğer sistemlere göre en açık yeşil baş rengine ve en düşük parlaklıgasahip olmuştur.

Çizelge 4.3 Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salataların renk değerleri

SİSTEMLER	L	a	b	Hue	Kroma
Dönen Katlı Sistem	45.78 ab	-14.21 a	23.64 ab	121.01 a	27.59 ab
Aeroponik Sistem	45.92 ab	-13.75 a	23.11 b	120.77 ab	26.89 ab
Kapillar Sistem	45.79 ab	-13.89 a	23.39 b	120.77 ab	27.21 ab
Ortam Kültürü	44.46 b	-11.54 b	20.15 c	119.80 bc	23.22 c
Toprakta Yetiştiricilik	48.22 a	-14.49 a	25.80 a	119.33 c	29.59 a
	<i>P</i> 0.209	0.000	0.003	0.029	0.002
Besleyici Film Tekniği (NFT)	46.88	-14.48	24.02	121.14	28.05

4.3.2. Klorofil değerleri

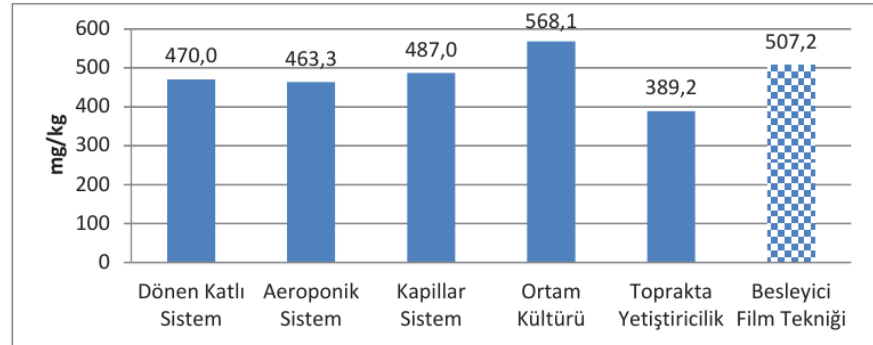
Denemeye alınan sistemlerin yetişen baş salataların klorofil değerlerine etkisi %95 güvenle önemli bulunmuş ($P<0.05$) klorofil a, b ve toplam klorofil değerleri sistemlere göre farklılık göstermiştir. Klorofil a (4.90 mg/L), b (1.88 mg/L) ve toplam klorofil (6.37 mg/L) en yüksek aeroponik sistemde bulunurken, en düşük klorofil a (2.10 mg/L), b (1.04 mg/L) ve toplam klorofil (3.14 mg/L) ortam kültüründen hasat edilen başlara ait yapraklardan elde edilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salataların klorofil değerleri

SİSTEMLER	Klorofil a (mg/L)	Klorofil b (mg/L)	Toplam Klorofil (mg/L)
Dönen Katlı Sistem	2.75 bc	1.42 ab	4.17 bc
Aeroponik Sistem	4.90 a	1.88 a	6.37 a
Kapillar Sistem	4.17 ab	1.81 a	5.98 ab
Ortam Kültürü	2.10 c	1.04 b	3.14 c
Toprakta Yetiştiricilik	3.70 bc	1.52 ab	5.23 ab
	<i>P</i> 0.046	0.038	0.035
Besleyici Film Tekniği (NFT)	3.85	1.97	5.81

4.3.3. Nitrat değerleri

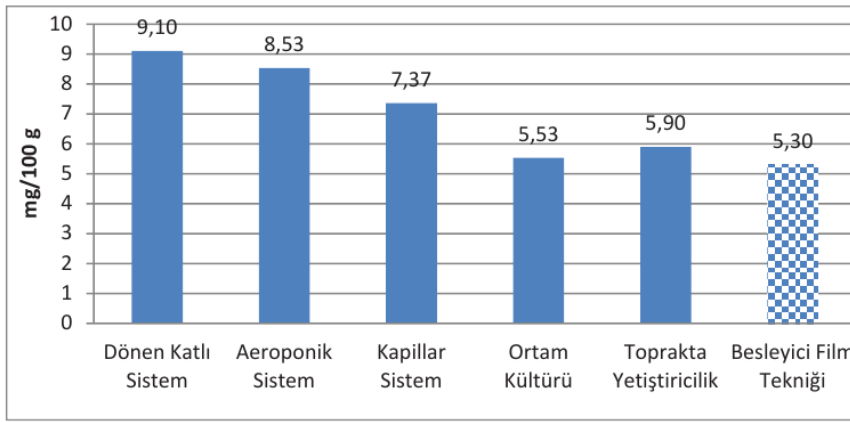
Uygulamalardan alınan başlara ait yaprakların nitrat değerleri 389.2 (toprakta yetiştiricilik) ile 568.1 mg/kg (ortam kültürü) arasında değişmiş ve yaprakların nitrat içeriği üzerine sistemlerin etkisi ($P=0.351$) önemli bulunmamıştır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salataların nitrat değerleri

4.3.4. Vitamin C değerleri

Kullanılan sistemlerin baş salata yapraklarının vitamin C iğeriği üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($P=0.015$). En yüksek vitamin C iğeriği sırası ile dönen katlı sistem (9.10 mg/100 g) ve aeroponik sistemdeki (8.53 mg/100 g) başlardan elde edilirken, toprakta yetiştiricilikte (5.9 mg/100g) ve ortam kùltüründe (5.30 mg/100 g) vitamin C değeri denemeye alınan diğer sistemlerden daha düşük bulunmuştur (şekil 4.14).



şekil 4.14 Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salataların vitamin C değerleri

4.4. Bitki Besin Element İğeriği

4.4.1. Yaprak besin element iğeriği

Denemeye alınan sistemlerin yaprak N, P, K, Mg ($P=0.000$) ve Ca ($P=0.044$) iğeriği üzerine etkisi önemli çıkmıştır (Çizelge 4.5). Hasat olgunluğundaki başların sistemlere göre yaprak azot iğeriği %3.43-4.08, fosfor iğeriği %0.25-0.45, potasyum iğeriği %3.98-7.08, kalsiyum iğeriği %1.67-2.29 ve magnezyum iğeriği %0.31-0.56 aralıklarında değişmiştir. En fazla N ortam kùltüründe, P ortam kùltürü ve kapillar sistemde, K toprakta, Ca ve Mg aeroponik sistemde yetiştirilen başların yapraklarından elde edilirken; en düşük N, P ve Mg toprakta yetiştiricilikte K kapillar sistemde Ca ortam kùltüründe yetiştirilen başlardan elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salata yapraklarının bitki besin element içeriği

SİSTEMLER	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	
Dönen Katlı Sistem	3.84 ab	0.36 b	6.11 b	1.80 bc	0.47 b	
Aeroponik Sistem	3.54 bc	0.25 c	5.47 b	2.29 a	0.56 a	
Kapillar Sistem	3.64 bc	0.45 a	3.98 c	2.12 ab	0.46 b	
Ortam Kültürü	4.08 a	0.45 a	5.79 b	1.67 c	0.41 b	
Toprakta Yetiştiricilik	3.43 c	0.27 c	7.08 a	2.12 ab	0.31 c	
	<i>P</i>	<i>0.008</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>	<i>0.044</i>	<i>0.000</i>
Besleyici Film Tekniği (NFT)	4.02	0.56	6.53	2.06	0.38	
Sınır Değerleri	3.5-5.5	0.5-0.8	5-10	1-1.8	>0.25	

4.4.2. Kök besin element içeriği

Baş salata köklerinin besin element içeriği üzerine sistemlerin etkisi fosfor hariç ($P=0.750$) diğer elementlerde önemli çıkmıştır ($P_N=0.000$, $P_K=0.000$, $P_{Ca}=0.002$ ve $P_{Mg}=0.008$).

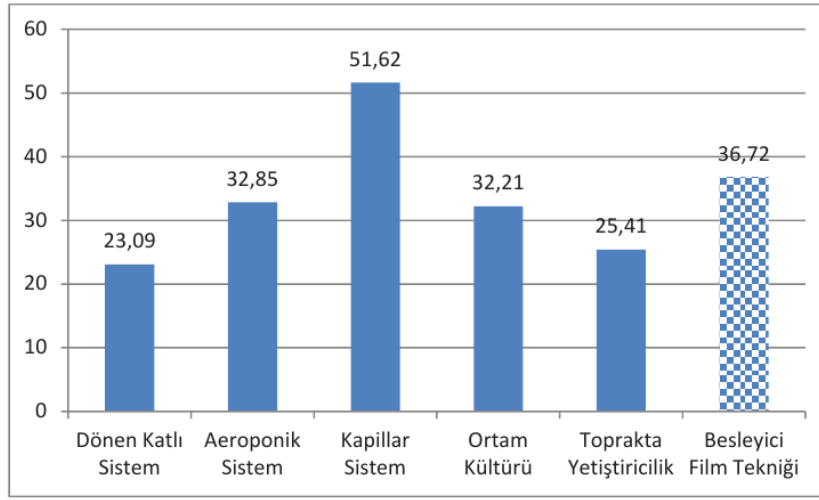
Köklerin yüzde içerikleri N 1.67-3.43, P 0.16-0.40, K 1.10-5.56, Ca 1.11-1.93, Mg 0.31-0.56 arasında değişmiştir. En yüksek N dönen katlı sistem ve aeroponikde yetişen başların köklerinden alınırken, en yüksek K toprakta yetiştiricilikten alınmıştır. Kalsiyum içeriği bakımından dönen katlı sistem, aeroponik ve kapillar sistemler en yüksek değerleri verirken, en yüksek Mg ise aeroponik sistemdeki başların köklerinden elde edilmiştir. NFT'de N, P, K ve Ca değerlerinin diğer sistemlerden yüksek olduğu gözlenmiştir. En düşük N ortam kültüründe, P, Ca ve Mg toprakta yetiştiricilikte, K ise kapillar sistemde yetişen başların köklerinden alınmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salata köklerinin bitki besin element içeriği

UYGULAMA	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	
Dönen Katlı Sistem	3.12 a	0.34	3.53 b	1.83 a	0.47 b	
Aeroponik Sistem	3.09 a	0.23	1.20 d	1.93 a	0.56 a	
Kapillar Sistem	2.34 b	0.37	2.39 c	1.73 a	0.46 b	
Ortam Kültürü	1.67 c	0.40	1.10 d	1.18 b	0.41 b	
Toprakta Yetiştiricilik	1.84 c	0.16	4.04 a	1.11 b	0.31 c	
	<i>P</i>	<i>0.000</i>	<i>0.750</i>	<i>0.000</i>	<i>0.002</i>	<i>0.008</i>
Besleyici Film Tekniği (NFT)	3.43	0.74	5.56	2.91	0.25	

4.5. Su kullanım randımanı (WUE)

Farklı yetiştirme sistemlerindeki bitki su kullanım randımanı Şekil 4.15’de verilmiştir. Aynı sera koşullarında ve farklı sistemlerde yetişen baş salatalarda su kullanım randımanı 23.09 ile 51.62 kg/m³ arasında değişmiştir. En yüksek değer kapillar sistemde bulunurken, aeroponik sistemde 32.85, ortam kültüründe 32.21, toprakta 25.41 olmuş, en düşük değer dönen katlı sistemden (23.09 kg/m³) elde edilmiştir.



Şekil 4.15 Farklı sistemlerde yetiştirilen baş salataların su kullanım randımanları

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Farklı topraksız tarım sistemlerini -topraklı yetiştiricilikle birlikte-, ülkemizde ilk kez üretimi yapılan dönen katlı sistem ile karşılaştırmak ve bu sistemin uygulamadaki kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla, 2014 yılında serada baş salata üretimi yapılarak yürütülen bu araştırmada, yetiştirme sistemlerinin verim ve baş özellikleri ile ilgili parametrelere, baş ve köklerin element içeriklerine ve su kullanım randımanlarına etkileri saptanmıştır.

Denemeye alınan sistemler arasında en yüksek verim (12.99 kg/m^2), birim alandaki bitki sayısının en yüksek (45 adet/m^2) olduğu aeroponik sistemden alınmıştır. Bunu kapillar ve dönen katlı sistem izlemiş, ortam kültürü ve toprakta yetiştiricilikten alınan verim en düşük olmuştur. Oysa en yüksek ortalama ve pazarlanabilir baş ağırlıkları topraklı yetiştiricilikten elde edilmiş; aeroponik sistemde ve dönen katlı sistemde baş ağırlığı değerleri düşük olmuştur. Bitki aralıklarının daha fazla, dolayısı ile birim alandaki bitki sayısının daha az olduğu NFT ve kapillar sistemlerde baş ağırlığı daha yüksek olmuştur. Birim alandaki bitki sayısının daha düşük olduğu topraktaki yetiştiricilikte ise en yüksek ortalama ve pazarlanabilir baş ağırlığı değerlerine ulaşılmıştır.

Baş salatada yapılan farklı çalışmalarda aeroponik sistemde 128 adet bitki olduğunda 464.82 ile 487.18 g arasında değişen baş ağırlığı elde edilirken (**Demsar et al., 2004**), kapillar sistemde kullanılan ortamın nitrat ve verim üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise ortalama baş ağırlığı 236 g bulunmuştur (**Stepowska and Kowalczyk, 2001**). Paris Island çeşidi kullanılarak katlı sistemlerde ortalama baş ağırlığı 96 bitkiyle yapılan bir çalışmada 216 g ve 120 bitkiyle ortam kültüründe yapılan çalışmada 600 g bulunmuştur (**Neocleous et al., 2010**).

Salata-marul grubu sebzelerde baş ağırlığı yetiştirme dönemi ve uzunluğuna, çeşidine ve özellikle birim alandaki bitki sıklığına bağlı olarak değişebilmektedir. Verim ve kaliteyi doğrudan etkileyebilen bitkiler arası mesafeler ile ilgili yapılan çalışmalarda, birim alanda bulunan bitki sayısı azaldığında ortalama bitki ağırlığının artmasına karşın, verimin düşük olduğu;

birim alandaki bitki sayısı arttığında, bitkiler yeterli besin maddesini topraktan alamadığı için ortalama bitki ağırlığının azaldığı, buna karşın bitki sayısına paralel olarak birim alandan elde edilen verimin arttığı bildirilmektedir (**Eşiyok ve ark., 1996; Öztürk, 2011**). Yürütülen bu çalışmada da verimi tanımlayan baş ağırlıklarındaki farklılık sistemlere göre bitki sıklıklarının değişmesinden kaynaklanmıştır.

Elde edilen baş özelliklerine bakıldığında baş çapı (18.3 cm) ve yüksekliği (17.3 cm) topraktan hasat edilen başlarda diğer sistemlere göre en yüksek olmuştur. Dönen katlı sistem ve ortam kültüründe ise en düşük değerler alınmıştır.

Baş özellikleri arasında ortalama ve pazarlanabilir baş ağırlıkları ile baş çapı ilişkili bulunmuştur ($R^2=0.99$). Baş çapının artmasıyla baş ağırlığında da artış görülmüştür.

Birim alanda kapillar sistem ile aynı bitki sayısının bulunduğu ortam kültüründe verimin düşük olması, bu sistemde besin solüsyonu uygulamasının elle ve günde bir kez yapılmasından kaynaklanmıştır. Çünkü ticari topraksız tarım uygulamalarında kullanılan sisteme göre alttan (kapilar) yada yukarıdan (damla sulama, boom sistemi, vb) besin solüsyonu uygulaması yapılmakta uygulanacak miktar iklim koşullarına ve bitkinin gelişme dönemine bağlı olarak değişmektedir. Açık sistemlerde drenaj oranının (uygulanan/drene olan solüsyon) %25-35 arasında değişmesi tavsiye edilir (**Schröder and Lieth, 2002**). Oysa üstten ve elle besin solüsyonunun uygulandığı ortam kültüründe drenaj oranı bu sınırlarda tutulamamıştır.

Denemeye alınan baş salataların 80 günde hasada gelmesi beklenirken, özellikle dönen katlı sistemde yaşanan sorunlar erken hasada neden olmuştur. Dönen katlı sistemde tablaların birbirini gölgelemesi ve sistemin sulama sistemine bağlı olarak yüksek nem ve hastalık oluşturması bitkilerin gelişimine olumsuz etki etmiştir. Sistemde yapılan modifikasyon sonucu nem düşürülürken ışık miktarının da azaldığı belirlenmiştir. Birçok çevresel faktörler arasında ışık bitki gelişimini etkileyen en önemli değişkenlerden biridir (**Li and Kubota, 2009**). Nitekim **Fu et al. (2012)**'in yürüttüğü bir çalışmada zayıf ışık koşullarında yetişen marul

bitkilerinin daha yüksek ışık koşullarında yetişen bitkilere göre verim değerlerinin daha düşük olduğu bulunmuş ve verimi sınırlayan en büyük faktörün ışık olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda dönen katlı sistemde pazarlanabilir baş ağırlığının düşük olmasının da ışık miktarındaki azalmadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Baş ve köklerin yaş ve kuru ağırlıkları ile kuru madde içerikleri, elde edilen önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında; ortalama yaprak kuru madde içerikleri aeroponik sistemde yetişen baş salatalarda önceki çalışmaların (%3.52-3.90 yaprak ve %4.36-5.10 kök kuru ağırlığı) üstünde (**Demsar, 2004**); kapillar (%5.17-5.39 yaprak ve %5.46-5.93 kök kuru ağırlığı) ve katlı sistemde (%3.90-6.24 yaprak ve %11.6 kök kuru ağırlığı) yetişenlerde altında bulunmuştur (**Zarza-Silva, 2005; Neocleous, 2010**). Ortalama kök kuru ağırlık değerleri ise katlı sistem hariç, aeroponik ve kapillar yetişen baş salatalarda önceki çalışmaların altında bulunmuştur (**Demsar, 2004; Zarza-Silva, 2005; Neocleous, 2010**). Çalışmamızda sistemler arasındaki farklılıkların bitkilerin su ve besin maddesi tüketimlerindeki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmüştür.

Kalite parametrelerine bakıldığında; renk değerleri açısından toprakta yetiştiricilik diğer sistemlere göre en koyu ve en doymuş yeşil başlara sahip olurken ortam kültüründe yetişen bitkiler diğer sistemlere göre en açık baş rengine sahip olmuştur.

Sistemlerin klorofil içeriğine etkisi önemli olmuştur. Klorofil a ve b farklı dalga boylarında ışığı soğurarak fotosentez yapılmasına olanak sağlar (**Taiz and Zeiger, 2008**). Yaprakların N içeriği ve klorofil miktarlarının arasındaki ilişkiye bakıldığında, klorofil oluşumunun protein oluşumunu çok yakından takip ettiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Proteinlerin oluşumunda N'un hayati önemi vardır. Bitkiler N noksanlığında yapraklarında soluk sarımsı yeşil renk göstermektedir. N dozlarına göre değişmekle birlikte klorofil a ve klorofil b oranının N formlarına az da olsa bağımlı olduğu bulunmuştur. Özellikle azot kısıtı halinde klorofil a ve b oranı çok daha düşük bulunmuştur (**Lehr et al., 1962**). Fotosentezin, N'un (**Zheng et al., 1997**)'un yanı sıra su kısıtından da (**Herppich and Peckmann, 1997**) etkilendiği bilinmektedir (**Krause and Weis, 1988**). Su kısıtı ve N noksanlığının, fotosentetik gaz değişimi ve klorofil üzerine etkisinin anlaşılması

amacıyla yürütülen bir araştırmada N noksanlığı ve su kısıtının fotosentetik aktiviteyi azalttığı bulunmuştur (**Shangguan et al., 2000**). Araştırmada yapraklardaki azot değerleri yeterlilik sınırları içinde bulunmakla beraber yaprak N içeriği ile klorofil a, b ve toplam klorofil değerleri arasında doğrusal bir ilişki (sırasıyla R^2 0.691, 0.613 ve 0.722) bulunduğundan, sistemlerin bitki tarafından kaldırılan N'a ve formlarına etki etmesi nedeniyle bu farklılığın ortaya çıktığı söylenebilir.

Azotun form ve miktarı, ışık yoğunluğu, CO₂ konsantrasyonu, sıcaklık ve bitkinin genetik özellikleri nitrat ve nitrit birikimine etki etmektedir (**Marschner, 1995**). **Venter (1978)**'e göre marul yapraklarındaki nitrat değerleri 282-3520 mg NO₃/kg taze ağırlık olarak değişmektedir (**Ceylan et al., 2002**). Araştırmada elde edilen yaprak nitrat içeriği sistemlere göre önemli bir farklılık göstermemiş olup 389.2 ile 568.1 mg/kg arasında değişmiştir. Elde edilen bu değerlerin salata-marul yapraklarında olması gereken sınır değerler aralığında bulunduğu görülmektedir.

Vitamin C değerleri en yüksek dönen katlı sistemde (9.10 mg/100 g) en düşük değer ise ortam kültüründe (5.53 mg/100 g) bulunmuştur. Gıda Standartları Ajansı'na göre baş salata bitkisinin içermesi gereken vitamin C miktarlarının 5 mg/100 g olması gerekmektedir. Buna göre sistemlerdeki vitamin C miktarları olması gereken değer içindedir (**Fletcher, 2005**).

Winsor and Adams (1987), salata-marulda yeterlilik sınırlarını řu şekilde belirtmektedir. %3.5-5.5 N, %0.5-0.8 P, %5-10 K, %1-1.8 Ca. **Hakerlerler ve ark. (1992)**, farklı araştırmacılar tarafından marullarda optimum beslenme kriter değerlerini toplam N>%4.0, P>%0.4, K>%4.2, Ca>%0.88, Mg>%0.25 olarak vermektedir. Bitki besin elementi analiz sonuçlarından elde edilen değerler karşılaştırıldığında, farklı sistemlerde yetişen baş salataların %N içerikleri sınır değerleri arasında, %P içerikleri sınır değerlerinin altında bulunmuştur. %K içerikleri kapillar sistemde sınır değerinin altında kalırken diğer sistemlerde sınır değerleri aralığında ve %Ca içerikleri aeroponik ve kapillar sistemde sınır değerlerinin üstünde bulunurken, diğer sistemlerde sınır değerleri aralığında bulunmuştur.

Su kullanım randımanı 51.62 kg/m^3 ile kapillar sistemde en yüksek bulunurken, toprakta yetiştiriciliğe göre bu değer %27.21 daha yüksek olmuştur. En az su randımanı %23.09 ile dönen katlı sistemden elde edilmiştir. Domateste yürütülmüş bir çalışmada kapillar sistemde su kullanım randımanı sonbaharda açık sisteme göre %57, kapalı sisteme göre %31 daha yüksek; ilkbaharda ise açık sistemle aynı, kapalı sisteme göre %10 daha düşük bulunmuştur (**Meriç, 2006**). **Venezia et al. (2003)**, açık ve kapalı sistemde damla sulama ve kapillar sulama kullanılarak oluşturulan 7 farklı sistemde su kullanım randımanlarının daha yüksek olduğunu bildirmektedir. **Meriç (2006)** ise diğer topraksız tarım sistemlerinde elde edilen düşük su kullanım randımanında verim değerlerinin az olmasının rol oynadığını belirtmiştir.

Araştırmadan elde edilen tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, dönen katlı sistem yıl boyu üretim olanağı sağlaması, kolay yönetilebilir olması, atık suyun minimum olması yönünden avantajlı olmakla birlikte; çalışma süresince birtakım dezavantajların ortaya çıktığı saptanmıştır.

Sulama sisteminin damlama sorunu ve dış yaprakların tablaya yapışıp çürümesi yanında su seviyesinin sensörle ayarlanması olası elektrik kesintisinde taşma riskini arttırmaktadır. Aynı zamanda sistemin alt tankının açıkta olması tank içinde alg oluşumuna neden olmaktadır. Tablaların tasarımının sabit sıra üzeri mesafesine sahip olması, kullanılacak bitki türünü ve gelişimini de sınırlamaktadır. Malzeme seçiminin çelik olması tablaların ağır olmasından dolayı zincir dişlinin kopmasına neden olmuştur (Şekil 4.16). Malzemenin galvanize olmaması ise paslanma sorununu ortaya çıkarmıştır. Dişli zincir sisteminin açıkta olması ve büyüyen bitkilerin zincire temas etmesi sonucu deforme olması ve de iş güvenliği açısından tehlike arz etmesisistemin diğer dezavantajlarıdır



Şekil 4.16 Soldan sağa sırasıyla su seviye sensörü, paslanma sorunu, kopmadan önce zincir baklasının görünümü ve alt tankda alg oluşumu

Araştırma sonuçları, kentsel tarım sistemleri arayışı içinde alternatif bir uygulama olabilecek birim alanda daha fazla ürün sığdıran dikey tarım sistemlerinden biri olan dönen katlı sistemin, sistemin verim, bitki gelişim parametreleri, su kullanım randımanı üzerine etkileri ve karşılaşılan sorunlar dikkate alındığında bazı düzeltmeler yapıldıktan sonra kullanılabilceğini ortaya koymuştur. Sistemde sulamanın üstten yapılıp alttan toplanması, tablaların tasarımında her tablanın tek saksı olacak şekilde düzenlenmesi, dişli zincir sisteminin makine konstrüksiyonu içine alınması, makinanın yapımında kullanılan malzeme seçiminde ana konstrüksiyonun galvanize çelik, tablaların ise alüminyum seçilmesi gibi düzeltmelerin yapılarak çalışmalara devam edilmesi yararlı olacaktır

KAYNAKLAR DİZİNİ

Abak, K., Sevgican, A., Çolakoğlu, H., Eryüce, N., Gül, A., Baytorun, N., Çelikel, G., Paksoy, M., 1994. Sera Tarımında Topraksız Yetiştirme Üzerine Araştırmalar, TÜBİTAK-TOAG 884 No'lu Araştırma Projesi Sonuç Raporu, 84 s.

Albornoz, F., Lieth, J. H., González-Fuentes, J. A., 2014. Effect of different day and night nutrient solution concentrations on growth, photosynthesis, and leaf NO₃⁻ content of aeroponically grown lettuce. Chilean Journal of Agricultural Research, 74(2): 240-245.

Altman, A., Rothem, T., 1988. A new fog aeroponics systems for propagation and growing horticultural plants. Horticultural Abstracts, 60(8): 1980-5849.

Anonim, 2014 b. <http://www.rijkwaaan.com.tr/> (Erişim Tarihi:05.06.2014)

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Arlington, Virginia 1230p.

Arnon, D. I., 1949. Coper enzymes in isolated chloroplasts, Polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*, Plant Physiology, 24(1):1-15.

Balay, N., 1992. Perlitin genel tanımı ve oluşumu, Türkiye 1. Tarım Perlit Sempozyumu, İzmir, 15-18s.

Bayley, J.E., Yu, M., Frediani, K., 2011. Sustainable food production using high density vertical growing (VertiCrop™). Acta Horticulturae, 921:95-104.

Benoit, F., Ceustermans, N.,1997. Butterhead Lettuces in NFT, Possibilities of Coconut Fibre Substrate. Proeftuinnewws, 22:17-18.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Blat, S.F., Sanchez, S.V., de Araújo, J.A.C., Bolonhezi, D.,** 2011. Performance of lettuce cultivars grown in two environments, in the NFT hydroponic system. *Horticultura Brasileira*, 29(1):135-138.
- Bremner, J.M.,** 1965. Total Nitrogen,(Ed. C. A. Black) *Methods of Soil Analysis Part 2*, American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1149-1178 p.
- Buxton, J.W., Jia, W.,** 1999. A controlled water table irrigation system for hydroponic lettuce production. *Acta Horticulturae*, 481:281-287.
- Cepeda-Guzmán, A., Valdez-Aguilar, L.A., Castillo-González, A.M., Ruiz-Torres, N. A., Robledo-Torres, V., Mendoza-Villarreal, R.,** 2014. Lettuce response to electrical conductivity with surface irrigation and sub-irrigation systems. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(7):1233-1245.
- Ceylan, Ş., Mordoğan, N., Yoldaş, F., Yağmur B.,** 2001. Azotlu gübrelemenin domates bitkisinde verim, azot birikimi ve besin element içeriği üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38:103-110.
- Chanseetis, C., Shinohara, Y., Takagaki, M., Maruo, T., Hohjo, M., Ito, T.,** 2001. Application of capillary hydroponic system to the lettuce growing under tropical climate conditions. *Acta Horticulturae*, 548:401-408.
- Chaves, M.M., Osorio, J., Pereira, J.S.,** 2004. Water use efficiency and photosynthesis, *Water Use Efficiency in Plant Biology*, (Ed. M.A. Bacon), Blacwell Publishing Ltd., Oxford, 327 p.
- Chefurka, P.,** 2007. *World Energy and Population*. <http://stuff.samassaveneessa.info/docs/2007EnergyPopulation.pdf>. (Erişim tarihi:17.09.2014)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Choong, T.W., He, J., Qin, L., Dodd, I.C.,** 2013. Identifying heat-resistant recombinant inbred lines (RILs) of lettuce in the tropics: Productivity and root phenotyping. *Acta Horticulturae*, 1004:173-180.
- Christoulaki, M., Gouma, S., Manios, T., Tzortzakis, N.,** 2014. Deployment of sawdust as substrate medium in hydroponically grown lettuce. *Journal of Plant Nutrition*, 37(8):1304-1315.
- Clarke, R.,** 1991. *Water: The International Crisis*. Earthscan Publications, New York. 182 p.
- Cometti, N. N., Matias, G. C. S., Zonta, E., Mary, W., Fernandes, M. S.,** 2008. Effects of the concentration of nutrient solution on lettuce growth in hydroponics-NFT system. *Horticultura Brasileira*, 262-267 p.
- Conversa, G., Santamaria, P., Gonnella, M.,** 2004. Growth, yield, and mineral content of butterhead lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata) grown in NFT. *Acta Horticulturae*, 659:621-628.
- Cox, D.,** 2003. Subirrigating seed geraniums with bonzi. *Greenhouse Product News*, 13(8):30-35.
- Cudgen, J.A.,** 2007. Hydroponic Apparatus. United States Patent, Patent No:US 7,168,206 B2.
- Demšar, J., Osvald, J., Vodnik, D.,** 2004. The effect of light-dependent application of nitrate on the growth of aeroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(4):570-575.
- El-Shinawy, M.Z., Medany, M.A., Abou-Hadid, A.F., Soliman, E.M., El-Beltagy, A.S.,** 1996. Comparative water use efficiencies of lettuce plants grown in different production systems. *Acta Horticulturae*, 434:53-57.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Eroğul, D.**, 2002. Baş Salata Zeolit ve Perlitin Karşılaştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Bornova, İzmir 87 s.
- Eşiyok, D., Özen, Ş., Özzambak, E.**, 1996. Salata-Marul Çeşitlerinde Dikim Mesafesinin Verim ve Kaliteye Etkisi Üzerinde Bir Araştırma. GAP I. Tarımı Sempozyumu, Şanlıurfa, 79-83 s.
- Fah, J.**, 2000. Hydroponics made easy 2nd edition, e-book, (<http://www.autopot.com.au/>).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)**, 2014a. How to Feed the World in 2050. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf, (Erişim tarihi: 17.09.2014).
- FAO**, 2014b. Farmers battle to cope with climate change could spark rural renewal. <http://www.fao.org/news/story/en/item/233789/icode/>, (Erişim tarihi:17.09.2014).
- FAO**, 2014c. Scarcity and degradation of land and water: growing threat to food security. <http://www.fao.org/news/story/en/item/95153/icode/>, (Erişim tarihi:17.09.2014).
- Fletcher, J.K.**, 1992. The Composition of Foods. (Ed. R.A. McCance and E.M. Widdowson). Food Standards Agency, Institute of Food Research 489p.
- Fresenius, W., Quentin K.E., Schneider W.**, 1998. Water Analysis, A Practical Guide to Physicochemical, Chemical and Microbiological Water Examination and Quality Assurance. Springer-Verlag, Berlin.
- Fua, W., Li, P., Wua, Y.**, 2012, Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce, Scientia Horticulturae, 135: 45–51.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gianquinto, G, Orsini, F., Michelon, N, Ferreira, D., Silva, D.A., Damasio D.E. Faria, F.,** 2006. Improving yield of vegetables by using soilless micro-garden technologies in peri-urban area of north-east Brazil. *Acta Horticulturae.*, 747: 57-65.
- Green, J.L., Blackburn, B., Kelly, S., Albahou, M.,** 2000. Efficient fertilization of nursery crops- plant controlled uptake, *Acta Horticulturae*, 511:59-64.
- Gualberto, R., de Oliveira, P.S.R., Guimarães, A.M.,** 2009. Adaptability and phenotypic stability of crisp lettuce cultivars in hydroponic. *Horticultura Brasileira*, 27(1):7-11.
- Gül, A.,** 2008. *Topraksız Tarım*. Hasat Yayıncılık Ltd Şti., İzmir, 144 s.
- Gül, A., Sevgican, A.,** 1992. Topraksız Ortamların Sera Marul Yetiştiriciliğine Etkileri. Türkiye I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, İzmir 311-313s.
- Hakerlerler, H., Anaç, D., Gül, A., Saatçi, N.,** 1992, Topraksız yetiştirme ortamlarının sera koşullarında yetiştirilen marulun azot fraksiyonlarına ve besin maddeleri miktarına etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.29(2):87-98.
- Hamdy, A., Alghazal, R.K., Pacucci, G., Troccoli, C.,** 2009. Green salad production in soilless culture under saline irrigation practice. *Acta Horticulturae*, 843:103-110.
- Herppich, W.B., Peckmann, K.,** 1997. Responses of gas exchange, photosynthesis, nocturnal acid accumulation and water relations of *Aptenia cordifolia* to short-term drought and rewatering. *Journal of Plant Physiology*, 150, 467-474.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jackson, R.B., Carpenter, S.R., Dahm, C.N., McKnight, D.M., Naiman, R.J., Postel, S.L., Running, S.W.**, 2001. Water in a changing world. *Ecological Applications*, 11:1027–1045.
- Jewell, W.J., Madras, J.J., Clarkson, W.W., DeLancey-Pompe, H., Kabrick R.M.**, 1983. *Wastewater Treatment with Plants in Nutrient Films*. United States Environmental Protection Agency, EPA-600/S83-067.
- Jie, H.E., Kong, L.S.**, 2011. Growth and photosynthetic responses of three aeroponically grown lettuce cultivars (*Lactuca sativa* L.) to different rootzone temperatures and growth irradiances under tropical aerial conditions. *Acta Horticulturae*, 893:887-894.
- Jones, J.J.**, 1983. *A Guide for the Hydroponics and Soilless Culture Grower*. Timber Press, Portland, Oregon, 124 p.
- Kacar, B., İnal, A.**, 2008. *Bitki Analizleri*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 879 s.
- Kahraman, Ö.**, 1997. Bazı Topraksız Kültür Sistemlerinin Sera Marul Yetiştiriciliğinde Kullanım Olanakları. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 47s.
- Knight, P.R., Eakes, D.J., Gilliam, C.H., Ponder, H.G.**, 1994. Recycled irrigation solutions and method of fertilization influence geranium growth in subirrigation system, SNA Water Conference, 39:392-394.
- Kopsell, D.A., Kopsell, D.E.**, 2008. Genetic and environmental factors affecting plant lutein/zeaxanthin. *Agro Food Ind. Hi-Tech*, 19: 44–46.
- Kratky, B.A.**, 2009. Three non-circulating hydroponic methods for growing lettuce . *Acta Horticulturae*, 843:65-72.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Krause, G.H., Weis, E.,** 1998. The photosynthetic apparatus and chlorophyll fluorescence. an introduction. (Ed. H.K. Lichtenthaler): Applications of chlorophyll fluorescence in photosynthesis research stress physiology, hydrobiology and remote sensing. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands 3-11 p.
- Krishna, M.N.S.,** 2002. Optimal Fertilizer Concentration, Water-Use Efficiency and Whole-Plant Gas Exchange of Subirrigated Plants Under Varying Light Intensity. M.Sc. Thesis, University of Georgia.
- Lehr, J.J., Wybenga, J.M., Hoekendijk, J.A.,** 1962. On the influence of nitrogen on the formation of chlorophyll with special regard to a difference in effect between sodium nitrate and calcium nitrate, plant nutrition research laboratory. Chilean Nitrate Agricultural Service, Wageningen, Holland, Plant and Soil XVII, 1:68-86.
- Li, Q, Kubota, C.,** 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. Environmental and Experimental Botany, 67:59–64 .
- Lieth, J.H.,** 1996. Irrigation systems,1-29, Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops (Ed. D.W. Reed) D.W. (Ed.). Ball Publishing Inc., Illinois, USA, 305 p.
- Lott, W. L., Nery, J.P., Gall, J. R., Medcoff, J.C.,** 1956. Leaf Analysis Technique in Coffe Research, I.B.E.C. Research Inst. Publish, 21-23-24.
- Luo, H. Y., Lee, S. K., He, J.,** 2009. Integrated effects of root-zone temperatures and phosphorus levels on aeroponically-grown lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the tropics. Open Horticulture Journal, 2:6-12.
- Marschner, H.** 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edition Academic Press, New York, 632 p.

- Maršić, N.K., Osvald, J.**, 2002. Effects of different nitrogen levels on lettuce growth and nitrate accumulation in iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata L.) grown hydroponically under greenhouse conditions. *Gartenbauwissenschaft*, 67(4):128-134.
- Maruo, T., Shinohara, Y., Iwata, M., Ito, T.**, 2002. Effects of nutrient concentration on the absorption of N, P and K by lettuce cultured in NFT system. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 71(5):675-682.
- McGuire, G.R.**, 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12):1254-1255.
- McIntyre, A., McRae, T.**, 2005. Introduction of new technology into hydroponic tomato growing at the farm level- A case study in collaborative research. *Acta Horticulturae*, 672:241-247.
- McIntyre, A., McRae, T., Paudel, D.** 2005. New Technologies in a developing country-A case study in Maldives. *Acta Horticulturae*, 672:249-255.
- Meriç, M.K.**, 2006. Sera Topraksız Domates Yetiştiriciliğinde Su Kullanım Etkinliği Yönünden Sulama Programlarının ve Bitki Yetiştirme Sistemlerinin Karşılaştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bornova, İzmir, 318 s.
- Meriç, M.K., Öztekin, G.B.** 2008. Topraksız tarımda kapillar sistemler. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Bornova, İzmir, 45(2):145-152.
- Neocleous, D., Kaittanis, C., Seraphides, N., Polycarpou, P.**, 2010. Horizontal and vertical soilless growing systems under Cyprus conditions. *Journal of Applied Horticulture*, 12(2):140-144.
- Nir, I.**,1982. Growing plants in aeroponics growth system. *Acta Horticulture*, 126:448-453.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ohse, S., Ramos, D.M.R., de Carvalho, S.M., Fett, R., Oliveira, J.L.B.,** 2014, Centesimal composition and nitrate content in five cultivars of lettuce produced in hydroponic system, ITEA Informacion Tecnica Economica Agraria, 110(2):142-159.
- Olympios, C.M.,** 1993. Soilless media under protected cultivation rockwool, peat, perlite and other substrates. Acta Horticulturae, 323:215-235.
- Orsini, F., Kahane, R., Nono-Womdim, R., Gianquinto, G.,** 2013. Urban agriculture in the developing world: a review, Agronomy for Sustainable Development, INRA and Springer-Verlag France, 33:695–720.
- Öztürk, B.,** 2011. Farklı Dikim Zamanlarında Kıvırcık Yapraklı Salata (*Lactuca sativa var. crispa*)'nın Organik ve Konvansiyonel Yetiştiriciliğinin Verim, Kalite ve Toprak Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 56 s.
- Peterson, L.A., Krueger, A.R.,** 1987. An intermittent aeroponic system. Crop science, 28(4):712-713.
- Reed, D.W.,** 1996. Closed production systems containerized crops: Resirculating subirrigation and zero-leach systems, 221-245, Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops. Ball Publishing Inc., Illinois, USA, 305 p.
- Resh, H.M.,** 1981. Hydroponic Food Production. Woodbridge Press, California, 335 p.
- Rouphael, Y., Colla, G.,** 2005. Radiation and water use efficiencies of greenhouse zucchini squash in relation to different climate parameters. European Journal of Agronomy, 23:183-1994.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Santamaria, P., Campanile, G., Parente, A., Elia, A.,** 2003. Subirrigation vs. drip-irrigation: Effects on yield and quality of soilless grown cherry tomato. *Journal of Horticulture Science and Biotechnology*, 78(3):290-296.
- Santos, A.N., de França e Silva, Ê.F., Soares, T.M., Dantas, R.M.L., da Silva, M.M.,** 2011. Lettuce production under NFT and floating using brackish groundwater and the reject from its desalination, *Revista Ciencia Agronomica*, 27(1):319-326.
- Sarıoğlu, E.,** 2013. Perlite Zeolit İlavésinin Kıvrıcık Salata ve Domates Yetiştiriciliğine Etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Bornova, İzmir, 107 s.
- Savvas, D.,** 2002. Nutrient Solution Recycling. (Ed. D. Savvas and H.C. Passam) *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publications, Athens, Grece, 299-343 p.
- Schröder, F.G., Lieth, J.H.,** 2002. Irrigation Control in Hydroponics(Ed. D. Savvas and H.C. Passam). Embryo Publications, Chapter7:Irrigation Control in Hydroponics, 263-293 p.
- Sevgican, A.,** 1997. Seracılıkta Yeni Yetiştirme Teknikleri (Topraksız Tarım). Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir, 526s.
- Sevgican, A., Tüzel, Y., Gül, A., Eltez, R.Z.,** 2002. Avrupa Birliği Ülkelerinde Örtüaltında Sebze Yetiştiriciliği ve Yakın Gelecekte Beklenen Gelişmeler. *Avrupa Birliğine Uyum Aşamasında Bahçe Bitkileri Tarımı*: 85-101s.
- Shangguan, Z., Shao, M., Dyckmans., J.,** 2000. Effects of nitrogen nutrition and water deficit on net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in winter wheat. *Journal of Plant Physiology*, 106:46-51.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Shiklomanov, I.**, 1998. World Water Resources A New Appraisal and Assessment for the 21st Century. UNESCO, Paris, 37p.
- Silva, H. A. Z., Maruo, T., Takagaki, M., Hohjo, M., Shinohara, Y.**, 2004. Lettuce production in a closed type of capillary hydroponic system using available substrates in tropical countries. Japanese Journal of Tropical Agriculture, 48(4):246-252.
- SkyGreens**, 2013. Benefits-Economics. <http://skygreens.appsfly.com/Benefits-Economic> (Erişim tarihi: 03.07.2013).
- Spitzlay,E.**, 1990, Closed hydroponic systems, Gartnerborse und Gartenwelt 90(20): 968-971.
- Stepowska, A., Kowalczyk, W.**, 2000. The influence of cultivation method on yield and nitrate content in butterhead lettuce. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio EEE, Horticultura, 8:189-195.
- Stepowska, A.J., Kowalczyk, W.**, 2001. The effect of growing media on yield and nitrate concentration in lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.). Acta Horticulturae, 548:503-510.
- Taiz, L., Zeiger, E**, 2003. Plant Physiology 3th edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers, 690 p.
- Turhan, E., Sevgican, A.**, 1999. Effects of different growing media on greenhouse lettuce grown in soilless culture. Acta Horticulturae, 559:555-562.
- Tüzel, Y., Gül, A., Daşgan, H.Y., Öztekin, G.B., Engindeniz, S., Boyacı, H.F., Ersoy, A., Tepe, A., Uğur, A.**, 2010. Örtüaltı Yetiştiriciliğinin Gelişimi.

VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı,
Cilt1:559-578, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

UN (United Nations), 2013, "Population Prospects The 2012 Revision",
esa.un.org/unpd/wpp/Documentation/pdf/WPP2012_highlights.pdf,
(Erişim tarihi:16.09.2014).

UNEP (United Nations Environment Programme), 2014. World's surface
water: evaporation and runoff.
<http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article28.html>, (Erişim tarihi:
17.09.2014).

Uva, W.L., 2001. Comparing investments and return risks for subirrigation
systems. Greenhouse Product News, 11(7):32-38.

Uva, W.L., Weiler, T.C., Milligan, R. A., 1998. A survey on the planning and
adoption of zero runoff subirrigation systems in greenhouse operations.
Horticultural Science, 33:193-196.

Varış, S., Altay H., 1992. Topraksız Tarımda Ülkemiz İçin Yeni ve En Uygun
Yöntem. Perlit Torba Kültürün Genel Tanımı ve Oluşumu, Türkiye I.
Traim Perlit Sempozyumu, İzmir, 63 s.

Venezia, A., Tonini, A., Piro, F., Cesare, C., Schiavi, M., 2003. Water and
nutrient use efficiency of tomato soilless culture as effected by irrigation
method and water Quality. Acta Horticulturae, 609:417-421.

Venter. F., 1978. Untersuchungen über den nitrat gehalt in gemüse. Der Stickstoff.

Verdonck, O., 1991. Horticultural Substrates, 21st Int. Course on Vegetable
Production, Wageningen, 95 p.

Villagra, E. L., Minervini, M. G., Brandán, E. Z., Fernández, R. R., 2012,
Effects of mineral nutrition and biofertilization on lettuce production under
conventional and soilless culture. *Acta Horticulturae*, 947(2):395-400.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Winsor, G., Adams, P., 1987. Diagnosis of mineral disorders in
plants. *Glasshouse Crops*. 3:119-125.

Zarza-Silva, H. A., Maruo, T., Takagaki, M., Hohjo, M., Shinohara, Y., 2005.
Lettuce production using a commercial scale recirculated capillary
hydroponic system. *Japanese Journal of Tropical Agriculture* 49(1):45-52

Zheng, Q.D., Lu C.M., Zheng Q., Bai, K.Z., Kuang, T.Y., 1997, Effects of
doubled CO₂ on the fluorescence induction kinetics parameters of
soybean leaves grown at different nitrogen nutrition levels. *Plant Nutrition
and Fertilizer Science*, 3:24-30.

ÖZGEÇMİŞ

Gamze ÇILGIN, 3 Kasım 1989'da Malatya'da doğdu. İlköğretimini İstanbul Cemal Diker İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Lise öğrenimini İzmir Atakent Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2008-2009 Eğitim-Öğretim döneminde Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ziraat Mühendisliği Bölümü'nde yükseköğrenime başladı. Erasmus-Öğrenim Hareketliliği Programı ile 2010-2011 Eğitim Öğretim yılının ilk yarısını Bari Üniversitesi (Bari-İtalya)'nde okudu. 2010-2011 Eğitim Öğretim yılının ikinci yarısında Toprak Alt Programı'na girdi. 2011 yılının yaz stajını Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı'nda tamamladı. 2012 Eylül ayında aynı bölümden Ziraat Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. Aynı yıl Ege Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda lisansüstü öğrenimine başladı. 2013 yaz aylarında 3 ay süre ile Cartegana Politeknik Üniversitesi (Cartegana-İspanya)'nde Erasmus-Staj Hareketliliği Programı ile stajını tamamladı. Halen Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümü'nde okumaktadır.