

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TOPRAKSIZ TARIMDA FARKLI KATI ORTAMLARIN İSPANAK
YETİŞTİRİCİLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Pınar KALKAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

TEMMUZ 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TOPRAKSIZ TARIMDA FARKLI KATI ORTAMLARIN İSPANAK
YETİŞTİRİCİLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Pınar KALKAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

TEMMUZ 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TOPRAKSIZ TARIMDA FARKLI KATI ORTAMLARIN İSPANAK
YETİŞTİRİCİLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Pınar KALKAN
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi
tarafından FYL-2018-2981 nolu proje ile desteklenmiştir.**

TEMMUZ 2019

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TOPRAKSIZ TARIMDA FARKLI KATI ORTAMLARIN İSPANAK
YETİŞTİRİCİLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Pınar KALKAN

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME

ANABİLİM DALI

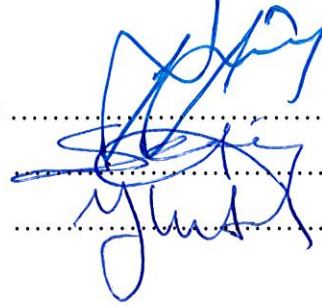
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 08 / 07 / 2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr. İlker SÖNMEZ (Danışman)

Prof.Dr. Sahriye SÖNMEZ

Prof.Dr. İbrahim ERDAL



ÖZET

TOPRAKSIZ TARIMDA FARKLI KATI ORTAMLARIN ISPANAK YETİŞTİRİCİLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Pınar KALKAN

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr İlker SÖNMEZ

Temmuz 2019; 52 sayfa

Entansif tarım yapılan alanlarda zamanla toprak strüktürünün bozulması, topraklarda toksik etkiye neden olabilecek maddelerin birikmesi, mikrobiyolojik ve biyokimyasal dengelerin bozulması, bitki besin maddesinin alınımlar mekanizmasının sekteye uğraması ve toprak kökenli hastalıkların yoğunlaşması gibi nedenler araştırmacıları toprak dışında alternatif bazı ortamlar üzerinde çalışmaya yöneltmiş ve sonuçta topraksız tarım olarak ifade edilen yeni bir teknik ortaya çıkmıştır. Topraksız yetiştiricilik, özellikle sera topraklarından beklenen randımanı alamayan yetiştiriciler tarafından bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de gittikçe artan bir hızla benimsenmektedir. Seralarda ortam kültürlerinde kullanılan materyaller torf, perlit, pomza, zeolit, sentetik köpükler, kaya yünü, talaş, ağaç kabuğu, vermikulit gibi inorganik ve organik kökenli olabilmektedir. Bu yetiştirme ortamları tek başlarına veya birbirleri ile belirli oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadır.

Ispanak (*Spinaciaoleracea* L.) ülkemizde yetiştirilen en önemli kışlık sebzelerdendir. Yapraklarını veya yeşil kısımlarını yediğimiz sebzelerden olan ıspanak C vitaminince zengindir. Yaprığı yenen sebze gruplarında kontrolsüz ve bilinçsiz gübrelemelerle yapraklarda aşırı nitrat birikimlerinin birtakım sağlık sorunlarına yol açması muhtemeldir. Bu olumsuz etkilerin giderilmesinde yeterli ve dengeli gübreleme yöntemleri birlikte uygulanması gerekmektedir.

Bu çalışma; topraksız tarımda katı ortam kültüründe farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak yetiştiriciliğinde verime ve kaliteye etkisini belirlemek amacı ile yürütülmüştür. Sera koşullarında tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü yürütülen çalışmada yetiştirme ortamı olarak perlit, pomza ve zeolitin %25, %33, %50, %75 ve %100 oranlarına göre hazırlanan 11 farklı karışım kullanılmıştır. Perlit, pomza ve zeolitin farklı oranlarda karışımlarının etkileri bakımından yapılan değerlendirmede en iyi sonuçların Zeolit+Pomza karışımlarından elde edildiği görülmektedir. Özellikle %75 Zeolit+%25 Pomza oranının olduğu altıncı uygulama ile %50 Zeolit+%50 Pomza oranının olduğu sekizinci uygulamada yetiştirilen ıspanak bitkilerinin verim ve kalite parametreleri diğer uygulamalardan daha fazla etkili olmuştur.

ANAHTAR KELİMELE: Katı ortam, ıspanak, perlit, pomza, topraksız tarım, zeolit

JÜRİ: Doç. Dr. İlker SÖNMEZ

Prof. Dr. Sahriye SÖNMEZ

Prof. Dr. İbrahim ERDAL

ABSTRACT
**THE EFFECT OF DIFFERENT SOLID MEDIUM ON THE CULTIVATION OF
SPINACH IN SOILLESS AGRICULTURE**

Pınar KALKAN

MSc Thesis in Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Assoc.Prof.Dr. İlker SÖNMEZ

July 2019; 52 pages

The deterioration of the soil structure over time in the areas of intensive farming, accumulation of substances that can cause toxic effects on soils, disruption of microbiological and biochemical equilibrium, disruption of the nutrient retrieval mechanism and reasons such as intensification of diseases of soil origin led researchers to work on some alternative environments other than soil and as a result a new technique emerged as soilless agriculture. Soilless cultivation is being increasingly adopted in our country as well as all over the world by growers who can't get the expected yield from greenhouse soils. The materials used in the media in greenhouses can be inorganic and organic origin such as peat, perlite, pumice, zeolite, synthetic foams, rock wool, sawdust, bark, vermiculite. These cultivation media are used alone or mixed with each other in certain proportions.

Spinach (*Spinaciaoleracea* L.) is one of the most important winter vegetables grown in our country. Spinach, which is one of the vegetables we eat leaves or green parts, is rich in vitamin C. Uncontrolled and unconscious fertilizers and leaves of excessive nitrate accumulation in leaf groups are likely to cause health problems. Sufficient and balanced fertilization methods should be applied together to eliminate these negative effects.

In this study; The aim of this study was to determine the effect of different cultivation environments on yield and quality of spinach cultivation in the culture of solid medium in soilless agriculture. In the greenhouse conditions, 4 replications were carried out according to the trial design of random plots and 11 different mixtures were prepared as 25%, 33%, 50%, 75% and 100% of perlite, pumice and zeolite as cultivation medium. In terms of the effects of different proportions of perlite, pumice and zeolite, it is seen that the best results are obtained from zeolite + pumice mixtures. The yield and quality parameters of the spinach plants grown in the eighth application where the ratio of 50% Zeolite+50% Pumice, especially with the ratio of 75% Zeolite+25% Pumice, was more effective than the other applications.

KEYWORDS: Perlite, pumice, soilless agriculture, solid medium, spinach, zeolite

COMMITTEE: Assoc.Prof.Dr. İlker SÖNMEZ

Prof.Dr. Sahriye SÖNMEZ

Prof.Dr. İbrahim ERDAL

ÖNSÖZ

Dünya üzerindeki tarım yapılan alanların hızla verimsizleşmesi, beraberinde artarak devam eden dünya nüfusu, küresel ısınma, çarpık kentleşme gibi nedenlerden dolayı hâlihazırdaki tarım yapılan alan varlığı azalmaktadır. Küresel çapta meydana gelen ekonomik krizlerin beraberinde getirdiği temel gıda fiyatlarındaki önu alınamayan artışlar toplumdaki bireyleri ve bilimle uğraşan insanları gelecek hakkında kaygı duymaya, hatta tarımla ilgili yeni arayışlara yönlendirmiştir. Tam da bu noktada dünyanın ve ülkelerin özellikle gıda sorununa çözüm olma anlamında “Topraksız Tarım” dikkatleri çekmektedir. Hollanda, İtalya, Belçika, Rusya ve Japonya gibi ülkelerde uzun zamanlardan beri çalışmaların yürütölüyor olması özellikle yetiştiricilik hususunda epeyce yol almalarını sağlamıştır. Ülkemizde ise son yıllarda yükselen bir grafik çizen topraksız tarım araştırmaların, çalışmaların ve girişimcilerin yoğunlaştığı bir alan haline gelmiştir.

Ülke olarak ılıman iklim kuşağında bulunuyor olmamız sayesinde seracılık yoğun şekilde yapılabilmektedir. Seracılığı bir basamak yukarı çıkarak üretilen ürünlerin uzun raf ömürlerinin olması, birim alandan daha fazla ürün alınabilmesi, yapılan üretimin iklim koşullarına ve talepler doğrultusunda ayarlanabilmesi pek çok artısı bulunan topraksız tarımla buluşturmak hem üretici tarafından, hem de ülke ekonomisi tarafından memnuniyetle karşılanmaktadır.

Dünyanın hızla ilerleme kaydettiği bir üretim şekli olan topraksız tarım yolunda ülke olarak bizimde vakit kaybetmeden yol almamız gerekmektedir. Özellikle daha çok tercih edilen katı ortam yetiştiriciliğinde kullanılan ya da tercih edilecek olan ortamların ülkemiz sınırları içerisinde sağlanabiliyor olanlarından seçmek ilk kurulum maliyetini ve devamında ortam giderlerini makul seviyelerde tutmaya katkı sağlayacaktır. Bu çalışma ile ülkemizin öz kaynakları olan pomza, perlit ve zeolit ortamlarının topraksız yetiştiricilikte kullanılabilme olanaklarının araştırılması adına, kışlık sebzeler arasında yüksek miktarlarda tükettiğimiz ıspanak bitkisi tercih edilmiş olup, en ideal karışımın tespit edilmesi için farklı oranlarda uygulamaya konuları (11 adet) belirlenerek topraksız tarım başarı düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yüksek Lisans eğitimimi çok güncel ve gelecek vadeden bir konu olan topraksız tarım üzerine çalışmama olanak sağlayan, olumlu söylemleri ile enerjimi hep en üst seviyede tutan, yeniliklere açık oluşuyla beni motive eden, değerli zamanını ve bilgilerini benden hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli danışman hocam Doç Dr. İlker SÖNMEZ’e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın daha kaliteli olması adına yapmış oldukları olumlu eleştirilerden ve değerli katkılarından dolayı jüri üyeleri Prof. Dr. Sahriye SÖNMEZ ve Prof. Dr. İbrahim ERDAL hocalarıma, ayrıca araştırmanın gerçekleşmesi aşamasında projemi maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi’ne teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca her daim yanımda olan ve benden yardımını hiçbir zaman esirgemeyen değerli arkadaşım Zir. Müh. Emine Rüya NAMAL'a teşekkürleri bir borç bilirim.

Hayatımın her anında olduğu gibi tez çalışmam boyunca da her daim yanımda olan, her türlü desteği gösteren büyük bir sabır ve anlayış ile yanımda olan biricik eşim Öğr. Gör. Hüseyin KALKAN'a en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında bana her zaman destek olan ablam Tuğba BODUR, kıymetli annem Zilha BODUR ve benim için her türlü fedakârlıkta bulunup beni destekleyen canım babam Hüseyin BODUR'a teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1. Perlit ile Yapılan Çalışmalar	5
2.2. Zeolit ile Yapılan Çalışmalar	8
2.3. Pomza ile Yapılan Çalışmalar	13
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1. Materyal	16
3.1.1. Araştırmada kullanılan yetiştirme ortamının özellikleri	17
3.1.2. Denemede kullanılan perlit materyali	17
3.1.3. Denemede kullanılan zeolit materyali	18
3.1.4. Denemede kullanılan pomza materyali	19
3.2. Metot	20
3.2.1. Denemenin kurulması ve yürütülmesi	20
3.2.2. Analiz yöntemleri	25
3.2.2.1. Yaprak analiz yöntemleri	25
3.2.2.2. Ortam analizleri	27
3.2.2.3. İstatistiksel yöntemler	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Verimi Üzerine Etkisi	28
4.2. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Boyu Üzerine Etkisi	30
4.3. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Yaprak Sayısı Üzerine Etkisi	31

4.4. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Renk Değerleri Üzerine Etkisi	31
4.5. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Vitamin C İçeriği Üzerine Etkisi	33
4.6. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Nitrat (NO ₃ ⁻) İçeriği Üzerine Etkisi	34
4.7. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Klorofil a ve Klorofil b İçeriği Üzerine Etkisi	35
4.8. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Azot (N) İçeriği Üzerine Etkisi	35
4.9. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Fosfor (P) İçeriği Üzerine Etkisi	37
4.10. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Potasyum (K) İçeriği Üzerine Etkisi	37
4.11. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Kalsiyum (Ca) İçeriği Üzerine Etkisi	38
4.12. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Magnezyum (Mg) İçeriği Üzerine Etkisi	38
4.13. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Demir (Fe) İçeriği Üzerine Etkisi	38
4.14. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Çinko (Zn) İçeriği Üzerine Etkisi	39
4.15. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Mangan (Mn) İçeriği Üzerine Etkisi	41
4.16. Topraksız Yetiştiricilikte Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Bakır (Cu) İçeriği Üzerine Etkisi	41
5. SONUÇLAR	42
6. KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Topraksız Tarımda Farklı Katı Ortamların Ispanak Yetiştiriciliği Üzerine Etkileri” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

08 / 07 / 2019

Pınar KALKAN



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

mg kg⁻¹ : Kilogramda miligram

% : Yüzde kısım

°C : Santigrat derece

da : Dekar

ha : Hektar

cm : Santimetre

mm : Milimetre

nm : Nanometre

g : Gram

kg : Kilogram

L : Litre

ml : Mililitre

N : Azot

P : Fosfor

K : Potasyum

Ca : Kalsiyum

Mg : Magnezyum

Fe : Demir

Zn : Çinko

Mn : Mangan

Cu : Bakır

Kısaltmalar

KDK	: Katyon değişim kapasitesi
ICP-OES	: Inductively coupled plasma-optical emission spectrophometer
pH	: Hidrojen iyonu aktivitesinin eksi logaritması
EC	: Elektriksel iletkenlik
SiO ₂	: Silisyum dioksit
Al ₂ O ₃	: Alüminyum oksit
Na ₂ O	: Sodyum dioksit
K ₂ O	: Potasyum oksit
CaO	: Kalsiyum oksit
MgO	: Magnezyum oksit
NO ₃ ⁻	: Nitrat
NH ₄	: Amonyum
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme alanının konumu	16
Şekil 3.2. Denemede kullanılan Matador ıspanak çeşidi	16
Şekil 3.3. Denemede kullanılan perlit materyalinin görünümü	17
Şekil 3.4. Denemede kullanılan zeolit materyalinin görünümü	18
Şekil 3.5. Denemede kullanılan pomza materyalinin görünümü	19
Şekil 3.6. Denem alanından bir görünüm	20
Şekil 3.7. Yaprak örneklerinin öğütülmesinden görünüm	23
Şekil 3.8. Yaş yakma analizinin genel görünümü	25
Şekil 3.9. Klorofil analizinin yapımından görünüm	26
Şekil 3.10. Vitamin C analizinin yapımından görünüm	26

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Perlit materyalinin kimyasal özellikleri	17
Çizelge 3.2. Zeolit materyalinin kimyasal özellikleri	18
Çizelge 3.3. Pomza materyalinin kimyasal özellikleri	19
Çizelge 3.4. Denemede kullanılacak olan karışımlar	21
Çizelge 3.5. Topraksız tarımda ıspanak yetiştiriciliğinde üç farklı katı ortamın kullanılmasıyla hazırlanan on bir farklı karışımın tarla kapasitesi ve solma noktası analiz sonuçları	21
Çizelge 3.6. Ispanak bitkisinde Cooper (1988)'a göre hazırlanması gereken besin solüsyonu	22
Çizelge 3.7. Denemede kullanılan kimyasal gübreler ve bileşimleri	23
Çizelge 3.8. Topraksız tarımda farklı ortamlarda yetiştirilen ıspanak yapraklarındaki makro ve mikro element içeriklerinin sınır değerleri	24
Çizelge 4.1. Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkilerinin verim değerleri, bitki boyu ve yaprak sayısı üzerine olan etkileri	30
Çizelge 4.2. Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkilerinin renk değerleri üzerine olan etkileri	32
Çizelge 4.3. Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkilerinin Vitamin C, Nitrat içerikleri, Klorofil a ve klorofil b değerleri üzerine olan etkileri	33
Çizelge 4.4. Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkilerinin azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri üzerine olan etkileri	36
Çizelge 4.5. Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkilerinin demir, çinko, mangan ve bakır içerikleri üzerine olan etkileri	40

1. GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusu göz önünde bulundurulduğunda insanlık için açlık sorununun giderek kendini hissettirdiği görülmektedir. Özellikle açlık tehlikesine karşı hali hazırda tarımsal amaçlı kullanılan üretim alanlarından daha fazla verim elde edilmesi gerekmektedir. Bu süreçte kullanılan kimyasal gübreler, ilaçlar ve hatalı kültürel uygulamalar sonucunda tarım alanlarının gün geçtikçe verim kaybı yaşadığı gözlerden kaçmamaktadır.

Güncel teknolojik çalışmaların hayata geçirilmesiyle hedeflenen üretim rakamlarına ulaşılması amaçlanmaktadır. Yüksek verim ve kalite değerlerini yakalamak amacıyla günümüz şartlarında tercih edilen önemli bir tarım şekli olarak “Topraksız Tarım” öne çıkmaktadır. Çünkü yoğun tarım yapılan alanlarda zamanla toprak strüktürünün bozulması, topraklarda toksik etkiye neden olabilecek maddelerin birikmesi, mikrobiyolojik ve biyokimyasal dengelerin bozulması, bitki besin maddesinin alım mekanizmasının sekteye uğraması ve toprak kökenli hastalıkların yoğunlaşması gibi nedenler araştırmacıları toprak dışında alternatif bazı ortamlar üzerinde çalışmaya yöneltmiş ve sonuçta topraksız yetiştiricilik veya topraksız kültür olarak ifade edilen yeni teknikler ortaya çıkmıştır.

Topraksız tarım topraklı tarımla mukayese edildiğinde toprağın bitkisel üretime uygun olmadığı yerlerde üretimi mümkün kılmak, su kullanım etkinliğini artırmak, bitkilerin kontrollü bir şekilde beslenmesini sağlamak, verimi artırmak, kaliteyi artırmak, gerekli iş gücünü azaltmak, sulamayı kolaylaştırmak ve ortam sterilizasyonuna gerek kalmadan ya da kolay üretim imkânları sağlamak gibi avantajlara sahiptir (Jones 1983).

Genel itibarıyla topraksız tarımın amacı bitkilerin gelişmesini besin çözültisiyle sağlayarak, bitkilerin besin maddesi ve su gereksinimlerini stres ortamı yaratmadan karşılamak ve bu süreci en ekonomik bir şekilde gerçekleştirmektir.

Topraksız tarım, özellikle örtüaltı yetiştiriciliğinden beklenen randımanı alamayan üreticiler tarafından bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de gün geçtikçe artan bir hızla benimsenmektedir. Seracılık alanında ortam kültürlerinde kullanılan materyaller olarak torf, perlit, pomza, zeolit, sentetik köpükler, kaya yünü, talaş, ağaç kabuğu, vermikulit gibi inorganik ve organik kökenli olabilmektedir. Bu yetiştirme ortamları tek başlarına veya birbirleri ile belirli oranlarda karıştırılmak suretiyle kullanılmaktadır. Kullanılan yetiştirme ortamlarından organik kökenli olanlarının mikrobiyolojik dönüşümleri ve kirlenmeye daha açık olması nedeniyle çoğu durumlarda inorganik kökenli ortamlar tercih edilmektedir.

Dünya genelinde özellikle seracılığın geliştiği ülkelerde topraksız tarım hızlı bir artış göstermektedir. Bu ülkeler arasında Hollanda ilk sırada yer almaktadır. Son yıllarda sera alanlarının fazla olduğu Akdeniz Ülkeleri’nde de topraksız tarım yapılan alanlar hızlı bir şekilde artmaktadır. Örneğin, İspanya’da 2000 yılında 3000 hektar olan topraksız tarım alanı 2004 yılında 2000 hektar artış göstererek 5000 hektara ulaşmıştır. Avrupa’ya sebze ihraç eden Fas’ta da topraksız tarımın hızla geliştiği ve topraksız tarım yapılan sera alanlarının 2003 yılında 426 hektar iken 2006 yılına gelindiğinde 2000 hektara ulaştığı bildirilmektedir (Gül vd. 2010).

Ülkemizde topraksız tarımın ticari üretimde kullanımına 1995 yılında Antalya’da başlanmıştır. Başlangıçta iki işletmede toplam 10 hektar alanda gerçekleştirilen topraksız tarım faaliyetleri 2004 yılından itibaren hızlı bir artış göstermiştir. 2011 yılı itibariyle toplam topraksız tarım yapılan alan varlığımızın 500 hektar civarında olduğu tahmin edilmektedir. Toplam sera varlığımıza kıyasla halen oldukça sınırlı bir alanda (%1-%1.5) uygulanmasına karşın hızla artış göstermektedir (Örs 2004).

Topraksız tarım sistemlerine bakıldığında su kültürü, aeroponik ve katı ortam (substrat) kültürü olmak üzere üçe ayrıldığı görülmektedir. Özellikle ülkemizde topraksız tarım sistemlerinde, katı ortam kültürü daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun en önemli nedenleri arasında katı ortamın ilk yatırım maliyetinin daha ucuz olması ve kök bölgesinin etrafında tampon görevi yapan bir ortam oluşturması sayılabilir. Topraksız tarım yapılırken kullanılan katı ortamlar organik ve inorganik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Organik olarak kullanılan yetiştirme ortamlarına torf, hindistan cevizi lifi, talaş, ağaç kabuğu, çeltik kavuzu ve yer fıstığı kabuğu gibi örnekler verilebilir. İnorganik yetiştirme ortamları da kendi arasında doğal ve yapay ortamlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Perlit, zeolit, pomza, kum, çakıl, volkan tüfü ve vermikülit gibi doğal inorganik ortamlar ve kaya yünü, cam yünü, polistiren ve poliüretan köpüğü sentetik yetiştirme ortamlarına örnek olarak verilebilir. Genel itibariyle mevcut durumda yılda 150.000 m³’e yakın substrat kullanıldığı tahmin edilmektedir.

Dünya perlit rezervi düşünüldüğünde ülkemiz toplam rezervin %50’sinden fazlasına (7.7 milyar m³) sahiptir. Özellikleri bakımından hafif ve steril oluşu, havalanma kapasitesinin yüksekliği, su ve besin maddelerini bitkilerin kolayca alabileceği şekilde bulundurma, kimyasal açıdan inert olması ve nötr pH’ya sahip olması gibi olumlu özelliklerinin yanında ülkemiz sınırları içerisinde bol miktarda bulunuyor olması perlitin katı ortam kültürü olarak topraksız tarım yetiştiriciliğinde tercih sebebi olarak öne çıkmaktadır. Bunlara ek olarak ilk kullanımda steril olan perlitin uzun süreli kullanımında mutlaka sterilize edilmesi gerekmektedir. Öte yandan yetiştiricilik sonunda herhangi bir atık sorunu da bulunmamaktadır.

Topraksız tarımda doğal olarak bulunan bir diğer katı ortam ise, kation değişim kapasitesinin yüksek olması sayesinde kullanıldığı şartlar için iyi bir toprak düzenleyicisi olan zeolit (klinoptilolit) dikkat çekmektedir. Zeolitin topraksız tarımda katı ortam olarak kullanılmasına yönelik yapılan bilimsel çalışmalarda, verim artışı sağladığı, gübre tüketimini azalttığı, bitki dokularında nitrat ve nitrit birikimini azalttığı ortamdan yıkanan nitrat azotu ve potasyum miktarını azalttığı saptanmıştır. Ancak ağır bir ortam olmasından dolayı topraksız tarımda yetiştiricilik sırasında tek başına kullanımı tercih edilmemektedir (Gül 2012a; Gruda vd. 2013).

Ülkemizde topraksız tarımda kullanım potansiyeli yüksek olan bir diğer katı ortam ise pomza olmaktadır. Ülkemiz coğrafyasında değişik yörelerde zengin pomza yataklarının (3 milyar m³) yer alması ve bu yataklardan açık maden işletmeciliği şeklinde pomza çıkartılması topraksız tarım açısından elimizi güçlendirmektedir. Herhangi bir fabrikasyona gereksinim göstermeksiniz fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, özellikle fiziksel özelliklerinin uzun süre değişmeden kalabilmesi, gözenekli bir yapıya sahip olması, steril oluşu, ve sterilize edildikten sonra tekrar

kullanılabilmesi gibi olumlu yönleri sayesinde tercih sebebidir. Yetiştiricilik öncesi yalnızca öğütme ve eleme sonucu yetiştirme ortamı olarak kullanılmaya uygun hale gelebilmesi ve çıkarıldıkları bölgelerde oldukça uygun fiyatlara satılıyor olması pomza kullanımını arttırmaktadır.

Ispanak (*Spinaciaoleracea* L.) bileşiminde bulunan mineral maddeler ve özellikle C vitamini olmak üzere içerdiği vitaminler nedeniyle ülkemizde yetiştirilen kışlık sebzeler arasında üst sıralarda yer almaktadır. 2006 yılı verilerimize göre 22.500 ha alandan 220.000 ton ıspanak üretilmektedir. Bitki olarak ıspanak, aşırı yağış alan Doğu Karadeniz bölgesinde çok sınırlı olmak üzere diğer bölgelerimizde yaygın olarak ve büyük miktarlarda yetiştirilen bir sebzedir. Sıcak bölgelerimizde kış ve yaz sonlarına doğru üretilirken, soğuk bölgelerimizde ise kış ve ilkbahar döneminde üretilmektedir (Vural vd. 2000).

Yaprağı yenen sebze gruplarında kontrolsüz ve bilinçsiz gübrelemelerle yapraklarda aşırı nitrat birikimlerinin birtakım sağlık sorunlarına yol açması muhtemeldir. Ispanak, özellikle yapraklarda nitrat birikiminin en yüksek olduğu sebzelerden biridir. Bu olumsuz etkilerin giderilmesinde yeterli ve dengeli gübreleme yöntemlerinin birlikte uygulanması gerekmektedir. Topraksız tarımda besin elementlerini kontrollü bir şekilde uygulamalarından dolayı nitrat birikimi riski daha azdır (Günay 1972).

Planlanan bu çalışmada; farklı katı ortamların (Perlit, Pomza ve Zeolit) kullanım olanaklarının araştırılarak karışım oranlarının verim, kalite ve bitki besleme üzerine etkilerinin saptanması, optimum karışım oranının belirlenmesi, topraksız tarımda ıspanak yetiştiriciliği potansiyelinin ortaya konulması, ayrıca yetiştiricilik sırasında ortaya çıkabilecek sorunların belirlenmesi ve bu sorunlara yönelik çözümlerin bulunması amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK TARAMA

Sevgican (1999)'ın belirttiğine göre; topraksız tarım her türlü tarımsal üretimin durgun veya akan besin eriyiklerinde, besin eriyiği sisinde veya besin eriyikleri ile beslenmiş katı ortamlarda gerçekleştirilmesidir. Topraksız tarımın amacı; bitkilerin gelişmesini besin solüsyonu yardımıyla sağlamak, bitkilerin besin madde ve su gereksinimlerini stres meydana getirmeden karşılamak ve bunu abartılı olmayan harcamalarla gerçekleştirmektir.

Alpaslan vd. (1998) yapmış olduğu çalışmada; topraksız tarımın avantajları ve dezavantajlarını aşağıdaki gibi özetlenmiştir. Avantajları; toprak devre dışı kaldığı için, toprak işleme, yıkama, dezenfekte etme gibi işlemlere gerek olmamakta, tarımsal üretim bitki yetiştirmeye uygun olmayan tuzlu, tatlı, çöl gibi alanlarda yapılabilmekte, besin maddelerinin kök ortamında homojen olarak dağılımları söz konusu olmakta, bitkiler için su stresi problemi olmamakta, otomasyona uygun olmakta, toprak kaynaklı hastalık ve zararlılar ile yabancı otlar ile ilgili sorun yaşanmamakta, erkencilik topraklı tarıma göre daha belirgin ve verim daha yüksek olmaktadır. Topraksız tarımın dezavantajları ise bazı topraksız tarım yöntemlerinin büyük teknik donanım gerektirmesi, topraksız tarım üreticisinin mutlaka özel bilgi ve deneyime sahip olması gerekliliği, bitki besleme ile ilgili sorunların ortaya çıkması ve toprağın tamponluk görevini üstlenmesinden kaynaklanan bir takım özelliklerden bu sistemlerin yoksun olmasıdır.

Topraksız tarımda yetiştiricilik yapılacak ortamlar üzerine çok sayıda çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmaların temel amacı toprak alternatifi materyallerin etkin kullanımları üzerine gerçekleşmiştir. Ayrıca bu materyallerle besin solüsyonlarının bitki gelişimi üzerine olan etkilerinin değerlendirilmesi de ayrıca önem taşımaktadır. Son yıllarda tarımsal faaliyetler içerisinde yetiştirme ortamı olarak toprakla birlikte farklı materyallerden de yararlanılmaktadır. Bazı yetiştirme ortamlarından pomza, perlit ve zeolit gibi inorganik materyaller tek başına veya birbirlerinin karışımları şeklinde kullanılmaktadır.

İdeal bir yetiştirme ortamı; iyi havalanma ve drenaja, uygun kütle yoğunluğuna, nem karakteristiklerine, reaksiyona, elektriksel iletkenliğe, katyon değişim kapasitesine, dengeli ve optimum besin elementi ile bu elementleri sağlama düzeyine sahip olmalıdır. Yetiştirme ortamı, iyi drenaj koşullarını sağlaması yanında sulama sıklığını azaltacak özelliklere de sahip olmalıdır. Zaman içerisinde ortamın, stabilite ve kütlesi arasında sürekliliğini devam ettirebilmesi, elverişliliği ve maliyeti göz önünde bulundurulması gereken diğer parametrelerdir. Bu parametrelerin sağlanmasında bitki yetiştirme ortamı materyallerinden olan pomza, perlit ve zeolit gibi inorganik materyaller kullanılmaktadır.

Topraksız kültürde, toprakta yapılabilecek sulama maliyeti düşüktür. Öyle ki aynı miktarda gıda üretmek için topraksız yetiştiricilikte kullanılan su miktarı toprakta yetiştiriciliğin 1/20'sine kadar düşebilmektedir (Lakkireddy vd. 2012). Bu da özellikle su kaynaklarının her geçen gün azaldığı dünyamızda mevcut kaynakların kontrollü kullanılmasına imkân sağlamaktadır (Olympos 1999).

Özkan (2014), Akdeniz Bölgesinde gelişmekte olan topraksız tarım sektöründe domates ve çilek üretiminin bugünkü ve gelecekle ilgili durumlarını incelediği çalışmada; topraksız tarıma geçiş yapmak için günümüzde çok sebep olmasına

rağmen, verimli arazilerin bulunduğu yerlerde öncelik olarak bu arazilerin kullanılması gerektiğini savunmuş ve topraksız tarımda gösterilen çaba ve özenin toprağa gösterilerek toprağın veriminden faydalanılması gerektiğini belirtmiştir.

Topraksız tarımda tüm koşullar kontrol altında tutulduğundan ve yetiştiricilik için gerekli koşullar optimize edildiğinden verim daha yüksek olmaktadır. Yapılan çalışmalar serada toprakta yetiştiriciliğe göre topraksız yetiştiriciliğin verimi %20-25 oranında, açık tarla koşullarına göre ise 4-10 kat artırdığını ortaya koymuştur (Resh 2013).

Toprakta yetiştiricilikte kullanılan gübrenin etkinliği çok sayıda faktöre bağlıdır. Toprak tekstürü, pH, kireç içeriği, tuzluluğu, besin elementi düzeyleri vb. faktörler verilen gübrenin etkinliğini etkiler (Akgül 2010). Bu nedenle toprakta yetiştiricilikte genellikle bitki ihtiyacından %50-80 daha fazla gübre kullanmak gerekir (Resh 2013). Oysa topraksız tarımda bitkinin ihtiyacı olan tüm besinler optimum koşullarda besin çözeltisi şeklinde verildiğinden gübre etkinliği çok daha fazla buna karşılık gübre kullanımı çok daha azdır (Savvas vd. 2013).

Katı ortam kültürü topraksız tarımda geniş alanlarda ticari yetiştiricilikte en fazla tercih edilen yöntemdir. Sistem maliyeti diğerlerine göre daha düşüktür. Yetiştirme ortamı olarak organik, inorganik veya sentetik kökenli birçok materyal kullanılabilir (Gül vd. 2008).

2.1. Perlit ile Yapılan Çalışmalar

Perlit içeriğinde %2-5 arasında su içeren volkanik kökenli, camsı, asidik kökenli bir kayadır. Doğada, gri, beyaz, siyah renklerde bulunan perlit 2200-2400 kg/m³ yoğunlukta olup; %72-76 SiO₂ ile alüminyum ve alkali oksitlerden oluşmuş endüstriyel bir materyaldir (Altıntaş 1999).

Martyr (1981), tarımsal üretim yöntemlerinde perlit etkinliği üzerine partikül iriliğinin çok önemli bir faktör olduğunu ve %100 steril olmasının büyük avantaj sağladığını belirtmektedir. Tarımda kullanıma uygun perlitin tane büyüklüğünün 3-6 mm olduğunu da dikkat çekmektedir. 1.5–5 mm arasındakiler, kaplarda yetiştirilen bitkiler için turbalı karışım hazırlamada, 1-3 mm arasında partikül iriliğine sahip perlitin tohumlarda hızlı çimlenmeyi 0.5-1.5 mm arasındakilerin ise erkencilik sağlamak için ışığı kesici bir örtü olarak veya torf ve toprakta tekstürü düzenlemek amacıyla kullanılması önerilmektedir.

Perlit tane iriliğine göre 3 gruba ayrılmaktadır. Çok iri taneli perlitte, taneciklerin %80'i 1.5-5.0 mm büyüklüğünde, iri taneli perlitte taneciklerin %80'i 1.0-2.5 mm, ince taneli perlitte ise taneciklerin %80'i 0.001-1.0 mm çapındadır (Sevgican 1999). Kullanım alanına bağlı olarak perlitin çapı değişmektedir. Buna bağlı olarak tarımda kullanılan perlitin çapı ise 0-6 mm arasında yer almaktadır. pH'sı 7.0 ve hacim ağırlığı 80-90 kg/m³ 'tür (Gül 2012a).

Varış (1998) ve Sevgican (2003), perlitin öğütüldükten sonra 1000 °C'ye kadar ısıtılarak, beyaz, hafif ve tanecikli yapıya dönüştürülmüş, volkanik orijinli alüminyum silikat olduğunu, çok az su tuttuğunu, drenajının ve havalanmasının çok iyi olduğunu,

kuvvetli kapillar çekiminin olduğunu ve bitki yetiştirme ortamı olarak şu özelliklere sahip olduğunu belirtmişlerdir;

- ✓ Perlitin hacim ağırlığı çok düşük, drenaj ve havalanması çok iyidir.
- ✓ Perlitin kuvvetli bir kapillar çekimi olduğundan suyun giriş ve hareketi kolaydır, su ve besin elementleri bitki kökleri tarafından kolayca alınabilir.
- ✓ Perlit ortamının ısı iletkenliği çok düşük olduğundan, sıcaklığında ani değişimler olmaz. Toprak sıcaklığı 10 cm derinlikte 20 °C değiştiğinde, aynı derinlikteki perlit sıcaklığı 4-5 °C değişir.
- ✓ Bitkiler perlit doldurulmuş torbalarda yetiştirildiğinde, tekne kültüründe gereken işçilik ve tesis masrafı yoktur. Torbaların istenildiğinde sera dışına taşınılabilmeleri de ayrı bir avantajdır.
- ✓ Steril ve taşınması kolaydır, kalitesi değişmez ve uzun yıllar kullanılabilir.
- ✓ Nötr (pH 6.5-7.5) olduğundan bitki gelişimi için uygun bir ortamdır.
- ✓ Sıkışmadığından fideler perlitten kolayca çıkarılabilir, bu sayede kök kaybı olmaz.
- ✓ Temiz, kokusuz, standart ve hafif olması nedeniyle güvenle kullanılabilir.
- ✓ Sulama ve gübrelemede toprağa göre maliyeti daha düşüktür.
- ✓ İlk kullanım yılında sterilizasyon gerekmez. Sonraki yıllarda sterilizasyona ihtiyaç duyulsa bile, sınırlı hacimde kullanıldığından, sterilizasyonu çok kolay ve kesindir.
- ✓ Perlitin kation değişim kapasitesi çok düşük olduğundan, pratikte besince yoksun kabul edilir, yetiştirici besin element miktarlarını buna göre hazırlayabilir ve erkencilik ile verimi kontrol edebilir.
- ✓ Tuzluluk kontrol edildiğinden, toprakta zorunlu olan yıkama işlemine gerek kalmaz.
- ✓ Kullanım öncesinde herhangi bir ön işlem gerekmemesi nedeniyle, seradaki üretim bitiminin hemen ardından yeni yetiştirme dönemi başlatılabilir.

Perlit milimetrik boyutlara getirildikten sonra, 800-1000°C arasında ısı işleme tabi tutulduğunda mısır gibi patlayarak hacminin 20 katına kadar genişlemektedir. Genleşme sonucu elde edilen düşük yoğunluktaki gözenekli materyal inşaat, tarım, gıda ve kimya gibi farklı sektörlerde kullanılmaktadır (Balay 1992; Çeltek ve Eryüce 1992; Sevgican 2003; Gül 2012a).

Türkiye dünyadaki perlit rezervinin %50'sinden fazlasına sahiptir. Ülkemizdeki perlit rezervleri başta Batı Anadolu (İzmir, Manisa, Balıkesir) olmak üzere Orta ve Doğu Anadolu'da yer almaktadır (Munsuz vd. 1982; Balay 1992).

Sevgican (2002), perlitin ülkemizde fazla miktarlarda bulunmasının yanı sıra inorganik substrat olarak en önemli olumlu özellikleri; hafif ve steril oluşu, havalanma kapasitesinin yüksek olması, su ve besin maddelerini bitkilerin kolayca alabileceği şekilde tutması, inert olması ve pH'sının nötr olması gibi özetlenebilir. Ayrıca atık sorunu da bulunmamaktadır. İlk kullanımda steril olan perlit uzun süreli kullanımında gerekli görüldüğü takdirde sterilize edilebilmektedir (Gül 2012b). Drenajının iyi olması ve ısı iletkenliğinin çok düşük olması olumlu özellikleri arasında yer almaktadır.

Chen vd. (1980), parçacık büyüklüğü, gözenekliliği, su tutma kapasitesi, havalanma kapasitesi ve hidrolik iletkenliği gibi özelliklerinin uygun olması nedeniyle

pomza ve perlit ile bunların belirli hacimlerde karışımlarının sera yetiştirme ortamı olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Varış (1998), çözeltilerdeki pH'nın besin elementlerinin çözünürlüğünü ve alınma hızını etkilediğini, perlit torbasındaki pH'nın 6.5'in üzerinde olmasının, özellikle kalsiyum, fosfor, manganezin çökmesine yol açtığını belirtmiş, perlit torbasındaki pH'nın 4'ün altına düşmesi halinde hücre zarlarının geçirgen hale gelip, tahrip olduğundan bitkilerin çoğunun yaşamayacağını belirtmiştir. Bu nedenle perlit torbasındaki pH'nın optimum 5.0-6.5 arasında tutulması gerektiğini belirtmiştir.

Cinkılıç (1997), farklı besin kaynakları ve çözeltilerinin, perlit torba kültürüyle yetiştirilen domatestede, gelişme ve verim üzerine etkisini araştırmıştır. İki farklı yetiştirme döneminde ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. İlk yetiştirme dönemindeki sonuçlara göre erkenci normal meyve sayısı ve verimi, perlit kültüründe, topraktakinden daha yüksek olduğunu, ayrıca $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u yüzdesi arttıkça, çiçek burnu çürük meyve sayısı ve verimin de arttığını bildirmiştir.

Tüzel ve Meriç (2001), tarafından dört farklı ortamın [(1) Perlit, (2) Volkanik Tüf, (3) 4:1 Perlit+Torf, (4) 4:1 Volkanik Tüf+Torf] karıştırıldığı domates yetiştiriciliğinde ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde açık sistemde yetiştirilen bitkilerin evapotranspirasyon değerinin Perlit ve Perlit+Torf karışımında, Volkanik Tüf ve Volkanik Tüf+Torf karışımına göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Başar (2000), farklı topraksız yetiştiricilik ortamlarını (kaya yünü, besleyici film tekniği (NFT) ve perlit) kıyasladığı çalışmada; perlit ve kaya yünü ortamlarından diğer ortamlara göre daha olumlu sonuçlar tespit edildiğini ve dünya perlit üretiminin yarısından fazlasının ülkemizde gerçekleşmesinden dolayı perlit kullanımına daha fazla önem verilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Gül vd. (2008) yaptıkları çalışmada, topraksız yetiştirme ortamı olarak zeolit ve perlitin bitki gelişimi, bitkiler tarafından kaldırılan element miktarları ve yetiştirme ortamından yıkanan element miktarlarına etkisini incelemişlerdir. Çalışmada bitkisel materyal olarak baş salata kullanılmıştır ve yetiştirme ortamları ise %100 Perlit, %75 Perlit+%25 Zeolit, %50 Perlit+%50 Zeolit, %25 Perlit+%75 Zeolit ve %100 Zeolittir. Çalışma sonucunda, yetiştirme ortamına zeolit eklenmesinin bitkiler tarafından kaldırılan potasyum miktarını önemli derecede arttırdığını, ortamdan yıkanan potasyum miktarını ise azalttığını bildirmişlerdir.

Eltez ve Tüzel (2007), tarafından yürütülmüş bir çalışmada, merdiven şeklinde oluşturulan sistemlerde yapılan çilek yetiştiriciliğinde besleyici film tekniği (NFT) ve ortam kültüründe kullanılan Perlit ve Perlit+Torf (1:1) (v/v)'un verim ve kalite üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak uygulamalar arasında besleyici film tekniğinin en fazla meyve sayısı ($34.789 \text{ adet bitki}^{-1}$), en yüksek erkenci (4.8 g bitki^{-1}) ve toplam verime ($387.52 \text{ g bitki}^{-1}$) yol açtığı saptanır iken en yüksek ortalama meyve ağırlığı (13.128 g) Perlit+Torf (1:1) (v/v) ortamında saptanmıştır.

2.2. Zeolit ile Yapılan Çalışmalar

Zeolitler temel olarak alkali ve toprak alkali elementlerin kristal yapıya sahip, sulu alüminyum silikatları şeklinde tanımlanmaktadır (Gül 2012a). Yüksek oranda silis içeren ve negatif yük taşıyan oldukça ağır bir substrattır. Zeolitin tarımda kullanımının yanı sıra kirlilik kontrolü, enerji depolama, hayvancılık, sağlık, madencilik gibi endüstriyel alanlarda da kullanımı yaygındır (Mumpton 1999; Sevgican 2003). Ayrıca petrokimya sanayi ve nükleer atık arıtma alanlarında da uygulanmaktadır. Tıbbi açıdan saflaştırılmış oksijen oluşturma ve mikroorganizma immobilizatörü olarak kullanılmaktadır (Mishra ve Jain 2011).

Köksaldı (1999), klinoptilolit dünyadaki zeolit tüfleri arasında en yaygın olan ve yüksek oranda silis içeren bir mineraldir. Yüksek absorpsiyon, iyon değişimi, kataliz ve dehidrasyon özelliklerine sahiptir. Bitki besin maddesi katkısının yanı sıra bitki yetiştirme ortamına elverişli fiziksel özellikler kazandırmaktadır. Belirtilen özelliklerinden dolayı, klinoptilolit saf veya karışım olarak bitki yetiştirme ortamında kullanımı uygun bir materyal olarak kabul edilmektedir.

Zeolitler, özellikle klinoptilolit, nükleer atık veya ağır metalleri adsorblamak üzere toprak iyileştirmede kullanılmaktadır. Tarımda toprak düzenleyici olarak (1) verimsiz topraklarda ve substratlarda P, K ve NH_4 kaynağı, (2) azot kayıplarını ve nitrat bulaşmasını azaltma, (3) suyun yarayışlılığını artırma gibi farklı kullanım alanları bulunmaktadır (Papadopoulos vd. 2008). Ayrıca yarayışlı gübre özelliği bulunmaktadır (Pisarovic vd. 2003). Diğer olası kullanımları insektisit, fungusit ve herbisitler için taşıyıcı ve topraktaki ağır metaller için bir tuzak gibi işlev görmektedir (Ramesh vd. 2011).

Ayan (2001), son yıllarda tarım sektöründe birim alandan daha fazla verim ve kaliteli ürün alma, gübrede tasarruf sağlama ve çevre için zararlı olabilecek toksik maddelerin tutulması ve arıtılması arayışları, zeolite yaygın kullanım potansiyeli sunmaktadır.

Büyükakyol (1988), Türkiye zeolit rezervlerinin 48.5 milyar ton gibi büyük hacimlerde olduğunu bildirmiştir. Kocakuşak vd. (2001), ülkemizde mevcut zeolit yatakları Ankara (Polatlı, Nallıhan, Beypazarı), Kütahya-Saphane, Manisa-Gördes, İzmir-Urla, Balıkesir-Bigadiç ve Kapadokya bölgesinde bulunmaktadır.

Çetinel (1993), Dünya zeolit rezervlerini rakamlarla tespit etmek mümkün olmamakla birlikte, zeolit oluşumları 1950'lerden sonra saptanmaya başlanmış ve hemen hemen bütün kıtalarda yaygın olarak görülmüştür. Küba, ABD, Rusya, Japonya, İtalya, Güney Afrika, Macaristan ve Bulgaristan dünya zeolit rezervleri açısından önemli ülkeler arasındadır.

Peoples ve Freney (1995), klinoptilolitin kation değişim kapasitesi yüksek bir zeolit minerali olduğunu ve yüzey alanının sahip olduğu iyon değişim özelliklerinden dolayı NH_4^+ 'u rahatlıkla adsorbe ettiği ve bunda azotça zengin hayvansal gübrelerdeki kayıpları azalttığını bildirmişlerdir.

Türkiye'de üretilen zeolitlerin potasyum ve kalsiyumca zengin olduğu, tarımsal açıdan potasyumca zengin olan klinoptilolitin ise yavaş potasyum veren gübre gibi

davrandığı belirlenmiştir (Köksaldı 1999). Ayrıca ortamdaki fazla suyu bünyesinde tutar. Yüksek katyon değişim kapasitesi sayesinde besin maddelerini bünyesinde tutar, yıkanıp ortamdan uzaklaşmasını engeller, bünyesinde tuttuğu besin maddelerinin kontrollü salınımı ile etkin bir biçimde gübre kullanımına olanak sağlar (Allen ve Ming 1995).

Amerika’da Cornell Üniversitesinde yapılan denemelerde; seralarda toprağa klinoptilolit ilave edilerek yetiştirilen domates, biber, salatalık, mısır, brokoli ve turp bitkilerinde %20 - 40 arasında ürün artışları olduğu bildirilmiştir (Öz ve Kırvelı 2002).

Burriesci vd. (1984), yaptığı bir çalışmada; zeolitin ıspanak bitkisi üretiminde su ve gübre yarayışlılığını artırıp kolaylaştırdığını, Rivero-Gonzales ve Rodriguez-Fuentes (1988) hidroponik (su kültürü) ortamda doğal zeolitle yetiştirilen domates bitkisinde verimin yanı sıra su ve gübre ekonomisi yönünden de olumlu sonuçlar alındığını saptamışlardır.

Harland vd. (1999), topraksız tarımda biber yetiştiriciliğinde (Mazura ve Reflex) bir zeolit türü olan klinoptilolitın tekrar kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Üretim dönemi boyunca bitkiler komple besin çözeltisi ile beslenmişler, bitkilerden drene olan besin çözeltisi biriktirilerek tekrar bitkilere verilmiştir. Zeolit her üretim döneminden sonra buharla sterilize edilmiştir. İki yetiştirme dönemi sonunda besleme rejimi değiştirilerek, her sulamada bitkilere taze çözelti verilmiştir. Bitki gelişimi, verim, kalite incelendiğinde klinoptilolitın tekrar kullanımının olumsuz bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Denemenin ilk 3 yılından sonra yapraklarda ve drenaj çözeltisindeki nitrat azotu düzeyinin azaldığı, sodyum miktarının ise arttığı belirlenmiştir.

Alçıçek (1998), açık alan ve sera bitki yetiştiriciliğinde zeolitin kullanılmasıyla; besin maddeleri olan potasyum ve amonyumun kontrollü olarak ve yavaş yavaş toprağa salınması, yanlış gübre kullanımından kaynaklanan NH_4 zehirlenmesi ve bitki yanmalarının önlenmesi, gübre olarak toprağa verilen NH_4 ’un yıkanarak yetiştirme ortamından kaybolması başka yerlere taşınabilmesi ayrıca, çevre kirlenmesinin azaltılabilmesi, yağış veya sulama rejimindeki yanlışlıklardan kaynaklanabilecek kök çürümelerine karşı nem içeriğinin kontrolünde kullanılabilmesi, Zeolit kullanımıyla, tarım bitkilerinde kalite ve verim özelliklerinin artırılabilmesi, fidan üretimi ve hızlı gelişen tür plantasyonları için olası yoğun kültür uygulamalarında; maliyette önemli girdi olan gübre kullanımında tasarruf sağlayabilmesi belirli ölçülerde olanaklı olduğu görülmüştür.

Öztan (2002), açık sistem topraksız tarım tekniği ile hıyar yetiştiriciliğinde organik gübre kullanım olanaklarını belirlemek üzere yürütülen çalışmada 4 farklı substrat (Perlit+Zeolit 3:1, Perlit+Zeolit 1:1, Tüf+Zeolit 3:1, Tüf+Zeolit 1:1) test edilmiş, sonbahar döneminde Armada ve Gordion hıyar çeşitleri, ilkbahar döneminde ise sadece Armada çeşidi kullanılmıştır. Denemede bitki gelişimi, verim, kalite, yaprakların element içeriği, bitki su tüketimi ve drenaj çözeltisi ile atılan element içeriği incelenmiştir. Sonbahar döneminde organik gübre kullanılması ile ilgili elde edilen bulgular; bitki gelişimi, verim, yaprakların element içeriği, bitki su tüketiminin inorganik besin çözeltisi uygulamasına kıyasla azaldığı ve toplam verimin %22.4 oranında azaldığı, drenaj çözeltisi ile atılan element içeriğinin ise organik gübre kullanımıyla önemli derecede azaldığı belirlenmiştir. Organik gübre uygulamasında Armada’nın Gordion çeşidine, perlitli karışımların ise tüflü karışımlara kıyasla verimi

arttırdığı belirlenmiştir. İlkbahar döneminde elde edilen bulgular inorganik besin çözeltisinin diğer gübre uygulamalarına kıyasla verimi arttırdığı, aynı şekilde perlitli karışımların tüflü karışımlara kıyasla verim ve bitki su tüketimini arttırdığı belirlenmiştir.

Savvas vd. (2004), domates yetiştirme ortamı olarak Perlit (kontrol grubu), Zeolit, Perlit+Zeolit (78:22 v/v), Zeolit+Diatomit (60:40 v/v), Perlit+Diatomit (75:25 v/v) ve Perlit+Diatomit+Zeolit (80:11:9 v/v) test edilmiştir. Tüm ortamlar için aynı kompozisyonda besin çözeltisi kullanılmıştır. Erkenci verimin perlit ortamında en yüksek olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, 3 ayın sonunda en yüksek verim zeolitte yetiştirilen bitkilerden elde edilmiş ve bu ortamı zeolit ile diatomit ortamı takip etmiştir. Bu artışın ortalama meyve ağırlığının artmasından kaynaklandığı bildirilmektedir. En düşük verim ise Perlit+Zeolit ve Perlit+Diatomit karışımlarında saptanmıştır. Zeolit veya Zeolit+Diatomit karışımlarında verimin yüksek olmasının nedeni katyon değişim kapasitesinin yüksek olması ile açıklanabilir ki yüksek katyon değişim kapasitesi kök bölgesinde fazla amonyum ve magnezyumun daha etkili bir şekilde tamponlanmasını sağlamıştır. Diğer taraftan perlitte tamponlama kapasitesinin olmaması kök bölgesinde yüksek amonyum seviyelerine ve düşük pH'ya yol açmıştır. Bunun yanı sıra zeolit aşırı magnezyumu adsorbe ederek kök bölgesinde daha dengeli makro besin katyon oranının olmasını sağlamıştır. Diğer taraftan, substratın ilk sulandığı dönemde, K zeolit yüzeyinde adsorbe edilerek drenaj çözeltisinde K miktarının düşük olmasına yol açmıştır.

Gül vd. (2005), zeolit ve perlit kullanılarak yürüttükleri bir çalışmada, ortamdaki zeolit artışıyla birlikte bitkilerin potasyum içeriğinin de arttığını saptamışlardır. Araştırmada bitki kök bölgesinden drene olan çözeltideki potasyum konsantrasyonu incelendiğinde, zeolitın yıkanan potasyum miktarını önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir.

Gül vd. (2005), tarafından polietilen örtülü tünel serada yapılan çalışmada farklı perlit ve zeolit (klinoptilolit) karışımlarında (1+0.1+3.1+1.3+1.0+1 v:v) yetiştirilen baş salatada büyüme, bitki besin maddesi içeriği ve drenaj çözeltisi ile atılan element miktarları ölçülmüştür. Araştırma sonucunda zeolit kullanımının bitki gelişimi ve dokulardaki N ve K içeriğini arttırdığı, drenaj çözeltisindeki atılan K miktarını azalttığı saptanmıştır. Aynı araştırmacı ekibi, zeolitın perlite kıyasla baş salata bitkilerinin gelişimini arttırdığını ve bitki dokularındaki nitrit ve nitrat birikimini azalttığı, yetiştirme ortamına zeolit karıştırılması ile birlikte bitkilerin K, Fe, Cu ve Mn içeriğinin arttığını, Mg içeriğinin ise azaldığını bildirmektedirler.

Polat vd. (2005), Klinoptilolitin marul yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine etkilerini incelemek amacıyla yürütülen bir çalışmada klinoptilolitin değişik dozları (0, 40, 60, 80 kg da⁻¹) ile kontrol grubunu (klinoptilolit ve gübre uygulanmamış) karşılaştırmışlardır. Marul yetiştiriciliğinde klinoptilolit kullanımının gübreleme ile birlikte verimi ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği; sulamanın kontrollü olduğu koşullarda 80 kg da⁻¹ klinoptilolit uygulamasının 0 kg da⁻¹ uygulamasına kıyasla toplam verimi yaklaşık %15 artırdığı sonucuna varılmıştır.

Al-Ajmi vd. (2009), tarafından topraksız tarımda toplam üretim maliyetini düşürmek amacıyla gerçekleştirilmiş bir çalışmada, ithal materyallere kıyasla ucuz ve yerel materyallerin kullanım olanaklarını ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu doğrultuda

farklı ortamların (yerel: kum ve zeolit, ithal perlit) domates yetiştiricisinde verim ve kalite üzerine etkilerini belirlemek üzere serada deneme yürütülmüştür. Çalışmada 6 farklı ortam [Perlit (P), Zeolit (Z) ve karışımları hacim esasına dayanan P:Kum (K) (2:1) v/v, Z:P (1:1) v/v, Z:K (1:1) v/v, Z:P:K (1:1:1) v/v] kullanılmıştır. Meyve kalitesi ve verim açısından ortamlar arasında farklılık olduğu ve en yüksek değerlerin zeolit ortamından alındığı belirlenmiştir. Meyve analizi sonucunda K, Cu, Zn ve Fe konsantrasyonları ile lif içeriğinin en yüksek zeolit ortamında saptandığı ve bu ortamı Z:K karışımının izlediği belirlenmiştir.

Fecondini vd. (2011), topraksız kültürde 3 domates (Idoll, Grandela, Secolo) çeşidini kaya yünü+hindistan cevizi lifi, perlit+hindistan cevizi lifi+zeolit (70/30 v/v) ve perlit+zeolit karışımı (70/30 v/v) kullanılarak serada yetiştirmişler ve hasat sonucunda meyveleri sayarak tartmışlardır. Zeolit ve hindistan cevizi lifi karışımının 'Secolo' ve 'Idoll' çeşitleri üzerinde hiçbir etkisi olmazken, 'Grandela' çeşidinde verimliliği, perlite göre perlit+zeolit karışımında daha iyi performans sağlandığını tespit etmişlerdir.

Azam vd. (2012), *Solanum melongena* L. (Solanaceae)'da çiçeklenme ve bitki gelişmesine topraktan zeolit uygulamasının etkilerini araştırmışlardır. Sonuçta zeolit uygulamalarının bitki büyümesi ile azot ve potasyum gübre verimliliğini artırdığını, suyun tutulması ve infiltrasyonu düzenlediğini, bitkiler tarafından uzun süreli kullanım için besinleri koruduğunu, toprak kalitesini ve ürün verimini artırdığını, topraktan besin kaybını azalttığını, topraktaki toksik metallerin absorpsiyonuna yardımcı olduğunu, daha az sulama ve kimyasal gübre kullanımı gerektirdiğini, sulamada kullanılacak yeraltı sularından arseniğin uzaklaştırılmasını sağladığını ve böylece bitkilerin topraktan arsenik alımını azalttığını, bitkilerin boy uzunluğu üzerine önemli bir etkisi olmadığını, çiçek sayısını artırdığını tespit etmişlerdir.

Soya fasulyesinde zeolit uygulamasının bitki morfolojisi, verim ve verim bileşenlerine etkilerini incelemek amacıyla 3 farklı oranda zeolit uygulaması (0 g, 20 g, 40 g) 3 farklı toprak tipinde karşılaştırılmıştır. Çalışmada iki farklı soya fasulyesi çeşidi (cv. Enrei, bodur tip; cv. Harosoy, sırk tip) kullanılmıştır. Zeolit miktarlarının verim üzerine etkisi önemli bulunmuş ve maksimum yaprak alanı ile bitki ağırlığı 40 g zeolit uygulamasında saptanmış, her iki çeşit için en yüksek verim 20 g zeolit uygulamasından alınmıştır (Khan vd. 2011).

Doğal İran zeolitinin turp bitkisinde vejetatif gelişim ve besin elementi içeriği üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen çalışmada bitkisel materyal olarak Cerry Belle çeşidi kullanılmıştır. Toprağa 6 farklı oranda (0, 20, 40, 60, 80 ve 100 g kg⁻¹) zeolit ilave edilmiştir. Zeolit yaprak sayısı ve alanını, taze sürgün ağırlığını, yenilebilir kök ağırlığını ve çapını, hasat indeksini arttırdığı; ayrıca gövdenin N ve K içeriğini ile ortamın katyon değişim kapasitesini arttırdığı saptanmıştır. Sonuç olarak zeolit turp bitkisinin gelişimine pozitif etki yaptığı ve besin elementlerinin yıkanmasını azaltmak üzere toprağa ilave edilebileceği rapor edilmektedir (Baninasab 2009).

Gerbera'nın topraksız kültürü, Perlit+Zeolit (P/Z 1:1 oranı) üzerinde, yeterli havalandırma ve iyileştirilmiş su tutma kapasitesi nedeniyle diğer karışımlardan daha yüksek verim vermiştir (Issa vd. 2001). Turhan ve Atilla (2004), vejetatif fazda "camarosa" çilek bitkilerinde iyonik bileşim üzerindeki perlitin ve P/Z (1:1 oranının)

karışımının etkisini çalışmışlardır. Çilek yetiştirmek için substrat olarak P/Z karışımlarının kullanılmasının yararlı olabileceğini belirlemişlerdir.

Gevrek vd. (2009), tarafından gerçekleştirilmiş çalışmada, çeltik yetiştiriciliğinde (1) klinoptilolit uygulaması (6 t ha^{-1}) ve (2) klinoptilolitsiz ortam test edilmiştir. Sonuç olarak klinoptilolit uygulamasının ortalama verimi %11, protein içeriğini %9.7 ve çeltik danelerinin makro ve mikro element içeriğini arttırdığı belirlenmiştir.

Ortam karışımlarındaki zeolit, anyon ve katyon değişim kapasitesini artırabilir (Issa vd. 2001).

Kazaz vd. (2010) yaptıkları karanfil çalışmasında zeolitin tek başına kullanılmasından ziyade başka ortamlarla belirli oranlarda karışımının bitki verimini, gövde uzunluğunu ve çapını önemli ölçüde arttırdıklarını belirtmişlerdir.

Yılmaz vd. (2017) topraksız tarımda domates yetiştiriciliği başlıklı çalışmasında farklı topraksız kültür ortamı kullanarak yaptıkları çalışmada zeolitin %100 oranında kullanımının domates yetiştiriciliğinde olumsuz etki oluşturduğunu zeolitin diğer ortamlarla karışım halinde kullanılmasının daha olumlu sonuçlar oluşturacağını belirtmişlerdir.

Doğal zeolit, bitki yetiştirme ve fide üretimi için yeni substratlar geliştirme çabalarında sıklıkla kullanılır. Güçlü emilim özelliklerine, yüksek katyon değişim kapasitesine (CEC) ve makro ve mikro besin içeriğine sahip olduğundan, substratların endüstriyel üretiminde kullanılan diğer doğal ürünlere makul bir alternatiftir (Manolov vd. 2005). Zeolitin bu faydalı özellikleri tohum çimlenmesi ve kök gelişimi bakımından önemlidir. (Harland vd. 1999).

Ünlü vd. (2004) tarafından yürütülen araştırmada, hazır fide üretiminde kullanılan harca zeolit ilavesinin domates fidesi gelişimi ve kalitesi üzerine etkilerini araştırılmış, klasik fide ortamına %5, %10, %15 ve %20 oranlarında zeolit ilave edilmiştir. Fide ortamına %20 oranında zeolit ilavesinin domates fidesinde bitki boyu, gövde çapı, bitki kuru ağırlığı, klorofil a,b ve toplam klorofil miktarını arttırdığı, yaprak uzunluğu ve yaprak kuru ağırlığı üzerine ise bir etki yaratmadığı sonucuna varılmıştır.

Yılmaz vd. (2017) tarafından farklı ortamlar (vermikompost, torf ve zeolit) ve bunların değişik oranlarda karışımlarının serada topraksız domates yetiştiriciliğinde fide verimi ve kalite parametrelerine etkilerini inceledikleri çalışmada; domates yetiştiriciliği için en uygun ortam olarak %65 Torf+%15 Zeolit+%20 vermikompost değerlerinin belirlendiği ve %100 zeolit ortamının topraksız domates yetiştiriciliği için uygun olmadığı rapor edilmiştir.

Harland vd. (1999), tarafından yürütülmüş bir çalışmada, biber yetiştiriciliğinde bir zeolit türü olan klinoptilolitinin tekrar kullanım olanakları incelenmiş, bitkiler komple besin çözeltisi ile beslenmiş ve drene olan besin çözeltisi toplanarak tekrar bitkilere uygulanmıştır. Klinoptilolitinin her üretim döneminden sonra buharla sterilize edildiği çalışmada bitki gelişimi, verim ve kalite parametreleri incelendiğinde klinoptilolitinin tekrar kullanımının olumsuz bir etki yaratmadığı saptanmıştır.

Dünya zeolit rezervleri tam olarak tespit edilememiştir. Ancak, 1950’den günümüze kadar yapılan çalışmalar sonucunda Küba, eski SSCB, ABD, Japonya, İtalya, Güney Afrika, Macaristan ve Bulgaristan’ın önemli rezervlere sahip olduğu bilinmektedir (Işıldar 1999). Türkiye’nin doğal zeolit kaynakları açısından zengin olduğu ve mevcut zeolit rezervlerinin 48.5 milyar ton olduğu belirtilmektedir (Kurama vd. 1999). Mevcut zeolit yatakları, Ankara (Polatlı, Nallıhan, Beypazarı), Kütahya-Saphane, Manisa–Gördes, İzmir-Urla, Balıkesir-Bigadiç ve Kapadokya bölgesinde bulunmaktadır (Junrungreang 2002). Dünyada bilinen 45’ten fazla doğal, 150’den fazla sentetik zeolit vardır (Kavosi 2007). Araştırma grupları tarafından rapor edilmiş 40 doğal zeolit grubu içerisinde en çok bilinen klinoptilolit, eriyonit, şabazit, heulantit, mordenit, stilbit ve filipsit gibi türleri yer almaktadır (Ramesh vd. 2011). Ancak doğal zeolit bir bölümünün insan sağlığını tehdit edici kristal yapıda olması, bir diğer bölümünün sodyumlaşmaya neden olması, bor içeriği yüksek zeolit tarımda kullanılamaması zeolit kullanımını sınırlandırmaktadır (Bouzo 1994).

2.3. Pomza ile Yapılan Çalışmalar

Pomza çok açık renkli, köpüklü bir kayadır. Lavların fişkırması sonucu gazlarla dışarı atılır, havada soğur ve gaz çıkışından dolayı oluşan boşluklar kayayı oluşturur. Silisyum dioksit, alüminyum oksit ve potasyum oksitlerden oluşmuş çok hafif genellikle su üzerinde yüzebilir, volkanik cam bir materyaldir. (Bilgin vd. 1990).

İnorganik ortamlardan olan pomza, rengi açık griden kirli beyaza değişen, sertliği 5.5-6.0, kütle yoğunluğu 0.32-0.97 g/cm³, özgül ağırlığı 2.15-2.65 g/cm³, porozitesi %45-%90, ısı iletkenlik katsayısı 0.08–0.20 W Mk⁻¹, ıslanma ısısı 0.24-0.28 cal g⁻¹°C, su absorpsiyon oranı %30-%70 ve pH’sı 7.0-7.3 aralığında olan volkanik bir kayadır (Anonim 1995).

Pomzanın uygun tane büyüklüğü, gözenekli yapısı, su tutma ve havalanma kapasitesi, hidrolik iletkenlik gibi özelliklerinden dolayı yetiştirme ortamı olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır (Chen vd. 1980).

Pomzanın tarımsal amaçlı olarak kullanım olanakları şu şekilde sıralanabilir;

- ✓ Saksılı bitkiler için hazırlanan karışımlarda porozite ve drenajı sağlamak amacıyla,
 - ✓ Çiçek, sebze ve meyve çeliklerinin köklendirilmesinde,
 - ✓ Fiziksel özellikleri iyi olmayan sera topraklarının ıslahında,
 - ✓ Toprakların su tutma kapasitesinin artırılmasında,
 - ✓ Toprakların drenaj özelliklerinin iyileştirilmesinde,
- Topraksız kültürde ortam materyali olarak kullanılmaktadır (Leque 1981).

Verdonck (1984), parçacık iriliklerine göre pomzayı çok ince, orta ve çok iri olarak gruplandırılmış, çok ince olanın tarımda kullanılamayacağını ince pomzanın çam ibreleri gibi su tutma kapasitesi düşük ortamların su tutma kapasitelerini arttırmak için kullanılabileceğini, orta irilikteki pomzanın yetiştirme ortamı olarak en uygun olduğunu, çok iri pomzanın ise substratlarda havalandırmayı arttırmada kullanılabileceğini bildirmiştir.

Asidik pomzanın yoğunluğu 0.5-1.0 g/cm³, bazik pomzanın ise 1.0-2.0 g/cm³, tür. Pomzanın pH’sı 7.0 civarında EC değeri 1:2 oranında hazırlanmış süzüklerde

0.1–0.2 dSm⁻¹'dir. Bunun anlamı, materyal suda eriyebilir tuzlar ve besin elementleri içermektedir. İz element içeriği çok düşük inert bir materyal olan pomza aynı zamanda çok düşük bir katyon değişim kapasitesine sahiptir (Alan 1990).

Erpul ve Bayramin (2004), pomzanın su tutma karakteristiklerini araştırmışlardır. Dört farklı tane büyüklüğü (>4 mm, 4-2 mm, 2-1 mm ve <1 mm) için farklı tansiyonlardaki (0, 10, 50, 100, 333 ve 15 000 cm su sütunu) su içerikleri incelenmiştir. Pomzanın havalanma kapasitesi, kolaylıkla kullanılabilir su ve tamponlama kapasitesi değerleri belirlenmiştir. Bu değerlere göre, araştırmada kullanılan pomzanın 2-1 mm ve <1 mm tane boyutlarının yer aldığı grupların bitki yetiştirme ortamı olarak optimum değerlerde olduğu kaydedilmiştir.

Ülkemiz, birçok endüstriyel hammadde ve yeraltı kaynakları yönünden önemli bir potansiyele sahiptir. Bununla birlikte 18 milyar m³ dolayında olan dünya pomza rezervlerinin yaklaşık %40'ı (7.4 milyar m³'den fazla) ülkemizde bulunmaktadır (Çevikbaş ve İlgin 1997).

Kuşlu vd. (2005), Türkiye'nin 8 farklı yöresine ait pomzalar üzerinde yürüttüğü araştırmasında, farklı tane büyüklüklerinde pomzanın havalanma porozitesi ve su tutma kapasitesini belirlemişlerdir. Araştırmacılar tane büyüklüğünün artışına bağlı olarak, su tutma kapasitesinin azaldığını, havalanma porozitesinin ise önemli düzeyde arttığını kaydetmişlerdir.

Köse (2006), araştırmasında, Van-Erciş, Erzurum-Pasinler, Kars-Sarıkamış, Kars-Digor, Ağrı-Patnos ve Ağrı-Doğubeyazıt pomzalarının sulama açısından bazı özelliklerini 3 farklı tane büyüklüğü kullanılarak oluşturulmuş 10 farklı materyal grubu üzerinde incelemiştir. Sonuçta, belirlenen özelliklerin tane büyüklüklerine göre değişim gösterdiği ve aynı zamanda yöreler arasında da farklılıklar olduğu ortaya konulmuştur. Belirlenen bu sulama özellikleri açısından tüm yörelere ait pomzaların genelde yetiştirme ortamı olarak uygun olduğu, özellikle havalanma ve düşük tansiyonlarda fazla su tutma açısından Van-Erciş ve Erzurum-Pasinler yörelerine ait pomzaların 2-4 mm ile 4-8 mm tane boyutları ile bu tane boyutlarının oluşturduğu materyal gruplarının daha da uygun olduğu kaydedilmiştir.

Dinç vd. (1984), domates üretiminde, Nevşehir'den sağlanan pomza ve organik toprağı denemişlerdir. Araştırmacılar, pomzanın toprağı göre 15 gün erkencilik sağladığını ve daha yüksek ürün verdiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle de pomzanın domates yetiştiriciliğinde kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Abak ve Çelikel (1995), patlıcanda verim, erkencilik ve kalite üzerine torf, kum, pomza, ve mantar kompost atığı ortamlarının etkilerini kaya yünü ve topraklı (kontrol) yetiştiricilikte karşılaştırmalı olarak araştırmışlardır. Çalışmada ülkemizde bulunan potansiyel substratlardan torf, pomza ve mantar kompost atığının iyi bir besleme programı ile başarılı şekilde kullanılabileceğini ve topraktan daha fazla ürün verebileceğini bildirmişlerdir.

Akgül (2015), topraksız elma fidanı yetiştiriciliği yapmak için farklı ortamları (kum+torf, pomza+torf, perlit ve pomza) denediği çalışmasında; pomza+torf ortamı ile diğerleri arasında daha olumlu sonuçlar verdiğini ve fidan üretimde topraklı üretime göre 4 kat daha fazla üretim gerçekleştirdiğini rapor etmiştir.

Hartman ve Zengerle (1979), domatesleri torba içerisindeki pomzalı karışımlarda yetiştirmenin toprakta yetiştirmeye göre daha ekonomik olduğunu, hastalık ve zararlıların azaldığını ortaya koymuşlardır.

Baştaş ve Tangolar (2018) yaptıkları çalışmada, farklı uygulamalardan elde edilen üzümlerde en yüksek verim Perlit:Torf ortamında ve 4682 g omca^{-1} olarak kaydedilmiştir. En yüksek salkım ağırlığı 271.4 g ile Perlit:Torf; en düşük salkım ağırlığı ise 211.7 g ile Pomza ortamından elde edilmiştir.

Özgümüs (1997), farklı pomza örneklerini kullanarak yürüttüğü araştırmasında, pomzanın bitki yetiştirme ortamı olarak değerlendirilmesi sonucunda, pomzanın genel olarak yüksek bir hava kapasitesine sahip olduğunu, ancak kolay alınabilir su yüzdesinin ve su tamponlama kapasitesinin düşük olduğunu vurgulamıştır.

Economakis ve Daskalaki (2000) ısıtmasız cam serada farklı hacimde (bitki başına 6 ve 8 l) ve farklı kullanım sürelerinde (ilk veya 3. kez kullanım) olan farklı substratları (ince perlit, iri perlit, pomza ile bu ortamlara %10 oranında (v/v) zeolit ilaveli ortamlar) domates (cv. Baya) yetiştiriciliğinde karşılaştırmıştır. Toplam verim üzerine kullanım süresi ve torba hacminin etkisi önemli olmamıştır. Zeolit ilavesinin sadece pomza kullanımına göre verimi arttırdığı belirlenmiştir. Ortalama meyve ağırlığının pomza+zeolit ortamında arttığı, bu ortamı ince perlitin izlediği saptanmıştır. Ayrıca ortalama meyve ağırlığının yeni ortamlarda kullanılmış ortamlara nazaran yüksek olduğu belirlenmiştir. Meyve kabuk direncinin ilk kullanım yılında olan pomza + zeolit ve ince perlit+zeolit ortamlarında artış gösterdiği belirlenmiştir. SÇKM'nin ise pomzaya zeolit ilavesi ile artış gösterdiği saptanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, araştırmada kullanılan materyaller ile denemenin kurulumu ve laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. Materyal

Araştırma materyalini, Antalya İlinin Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama alanı içerisindeki serada (Şekil 3.1.) yetiştirilen ıspanak bitkisinin ortam ve yaprak örnekleri oluşturmaktadır. Yetiştiricilik dönemi 16 Kasım 2017-21 Ocak 2018 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme alanının konumu

Araştırmada topraksız tarımda ıspanak yetiştiriciliğine uygun Matador F1 çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.2.). Matador çeşidi orta erkenci (45-60 gün), Antalya koşullarına ve topraksız tarımda yetiştiriciliğe uygun, yaprakları iri koyu yeşil, oval, kabarcıklı ve yaprak sapları kısa bir çeşittir (Vural vd. 2000).



Şekil 3.2. Denemede kullanılan Matador ıspanak çeşidi

3.1.1. Araştırmada kullanılan yetiştirme ortamlarının özellikleri

Araştırmada topraksız yetiştiricilikte katı ortam kültüründe yetiştiricilik planlanmış ve bu kapsamda 3 farklı katı ortam kültürü (perlit, zeolit, pomza) kullanılmıştır. Bu ortamları Türkiye’de rezerv ve uygun fiyatlı olmaları nedeniyle tercih edilmiş olup topraksız tarımda birlikte kullanımlarının etkileri gözlemlenmeye çalışılmıştır.

3.1.2. Denemede kullanılan perlit materyali

Denemede kullanılan perlit materyali ticari bir ürün olup ürüne özgü kimyasal özellikleri Çizelge 3.1.’de, ürün görseli de Şekil 3.3.’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Perlit materyalinin kimyasal özellikleri

KİMYASAL BİLEŞİM	ORAN (%)
SiO ₂	71.0-75.0
Al ₂ O ₃	12.5-18.0
Na ₂ O	2.9-4.0
K ₂ O	4.0-5.0
CaO	0.5-0.2
Fe ₂ O ₃	0.1-1.5
MgO	0.03-0.5



Şekil 3.3. Denemede kullanılan perlit materyalinin görünümü

3.1.3. Denemede kullanılan zeolit materyali

Denemede kullanılan zeolit materyali ticari bir ürün olup kimyasal bileşenleri Çizelge 3.2.'de, ürün görseli de Şekil 3.4.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Zeolit materyalinin kimyasal özellikleri

PARAMETRE	DEĞER (%)
SiO ₂	66.16
Al ₂ O ₃	12.07
Fe ₂ O ₃	1.68
Na ₂ O	0.46
K ₂ O	3.78
CaO	2.16
MgO	0.89
KDK (cmol/kg)	150-210



Şekil 3.4. Denemede kullanılan zeolit materyalinin görünümü

3.1.4. Denemede kullanılan pomza materyali

Denemede kullanılan pomza materyali Isparta’da bulunan taş ocağından temin edilmiştir. Topraksız tarımda kullanıma uygun ölçekteki pomzanın kimyasal özellikleri Çizelge 3.3.’de, ürün görseli de Şekil 3.5.’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Pomza materyalinin kimyasal özellikleri

PARAMETRE	DEĞER
SiO ₂	%45-%75
Al ₂ O ₃	%13-%21
Fe ₂ O ₃	%1-%7
Na ₂ O–K ₂ O	%3-%9
CaO	%1-%11
MgO	0.5-3.0
pH	7-7.3
Porozite	%45-% 90



Şekil 3.5. Denemede kullanılan pomza materyalinin görünümü

3.2. Metot

3.2.1. Denemenin kurulması ve yürütülmesi

Çalışmada topraksız tarımda ıspanak yetiştiriciliğinde 3 farklı katı ortamın (Perlit, Pomza ve Zeolit) 11 farklı karışım şeklinde ve 4 tekerrürlü olacak şekilde tesadüf blokları deneme desenine göre plastik saksılarda yetiştirilmiştir (Şekil 3.6.). Toplamda 44 adet saksı [11 ortam (uygulama) x 4 tekerrür = 44] sera koşullarında sonbahar-kış döneminde yetiştiricilik yapılmış ve vejetasyon süresi 60 gün sürmüştür.



Şekil 3.6. Deneme alanından bir görünüm

Yetiştirme ortamları hazırlanırken hacim esasına göre (w/w) belirlenen miktarlarda dikdörtgen saksılara konulmuş ve bu ortamlarda sadece zeolitin %100 oranı (hacim ağırlığının yüksek olması ve bitki köklerini havasız bırakabilmesi nedeniyle) dikkate alınmamıştır. Kullanılacak olan materyaller ticari ürünlerden tercih edilmiş olup tarımda kullanılmasına izin verilen ürünler kullanılmıştır. Çizelge 3.4.'de hazırlanan ortamlar ve karışımlara ait oranlar görülmektedir.

Çizelge 3.4. Denemede kullanılacak olan karışımlar

KONULAR	PERLİT	ZEOLİT	POMZA
1	1	0	0
2	0	0	1
3	3	1	0
4	0	1	3
5	1	3	0
6	0	3	1
7	1	1	0
8	0	1	1
9	2	1	1
10	1	1	2
11	1	1	1

Denemede kullanılan karışımların su tutma karakteristikleri Çizelge 3.5.'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Topraksız tarımda ıspanak yetiştiriciliğinde üç farklı katı ortamın kullanılmasıyla hazırlanan farklı karışımların tarla kapasitesi ve solma noktası analiz sonuçları

Uygulama	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)
1	46.68	14.28
2	45.58	21.81
3	58.43	23.76
4	54.01	31.02
5	56.28	27.54
6	48.76	18.90
7	46.27	26.80
8	41.40	20.08
9	63.72	33.33
10	34.17	19.11
11	36.18	19.16

Araştırmada topraksız koşullarda yetiştirilecek olan ıspanak bitkilerinin beslenmesi için besin solüsyonu Cooper (1988)'e göre hazırlanmış ve Çizelge 3.6.'da belirtilen miktarlar ortamlara uygulanmıştır.

Çizelge 3.6. Ispanak bitkisinde Cooper (1988)'a göre hazırlanması gereken besin solüsyonu

ELEMENT	MİKTAR (mg l ⁻¹)
N	200-236
P	60
K	300
Ca	170-185
Mg	50
S	68
Fe	12
Cu	0.1
Zn	0.1
Mn	2.0
B	0.3
Mo	0.2

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama serasında yetiştirilen Ekim 2018 tarihinde hazırlanan yetiştirme ortamlarına ıspanak fideleri dikilmiştir. Denemede yetiştirilen ıspanakların vejetasyon süresince ihtiyaç duyulan bitki besin maddelerini sağlamak amacıyla kullanılan kimyasal gübreler Çizelge 3.7.'de verilmiştir. Gübreleme aşamasında 100 litrelik gübreleme tankı kullanılmış olup özellikle Kalsiyum ve fosfor içerikli kimyasal gübrelerin aynı gübre tankına konulmaması amacıyla iki farklı gübre tankı kullanılmıştır. Kullanılan gübreler tank içerisinde tamamen çözündükten sonra otomasyon sistemiyle uygulama gerçekleştirilmiştir. 60 günlük vejetasyon süresi boyunca güneşli günler haricinde bitkilere gübre uygulaması yapılmamıştır. Yetiştiricilik süresince ıspanak yetiştiriciliği için ön görülen ideal EC'nin 2.0 dS m⁻¹,

pH'nın da 5.5 aralığında tutulması amacıyla düzenli olarak ölçümler yapılarak takibi sağlanmıştır.

Çizelge 3.7. Denemede kullanılan kimyasal gübreler ve bileşimleri

Kimyasal Gübre Adı	Element İçeriği
MAP (Mono Amonyum Fosfat)	%12 N %61 P ₂ O ₅
KNO ₃ (Potasyum Nitrat)	%13 N %46 K ₂ O
CaNO ₃ (Kalsiyum Nitrat)	%15,5 %26,3 CaO
MgNO ₃ (Magnezyum Nitrat)	%10 N %15 MgO
Ferrosyn (Mikro Element Demir)	%6 Fe
Combi Mix (Mikro Element)	%7 Fe, %1 Cu, %5 Zn, %3 Mn, %0.02 Mo, %2 B

60 günlük vejetasyon süresi sonunda ıspanak bitkileri 21 Ocak 2018 tarihinde kök boğazından kesilerek hasat edilmiş, bitki boyu (cm), yaprak sayısı, yaş ağırlığı, bitki renk değerleri belirlenmiştir. Yaş bitki örneklerinde klorofil, nitrat ve C vitamini (mg 100 g⁻¹) analizleri yapılmıştır. Hasat edilen bitki örnekleri Geraldson vd. (1973) tarafından tarif edildiği şekilde delikli plastik torbalara konulmuş ve en kısa zamanda laboratuvara getirilmiştir. Bitki örnekleri laboratuvar ortamında yıkandıktan sonra kese kâğıtlarına konularak ağzı açık olacak şekilde yapraklar 65 °C' ye ayarlı kurutma dolabında son tartım sabit kalıncaya kadar kurutulmuş ve bitki öğütme değirmeninde (Şekil 3.7.) öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar 1972).



Şekil 3.7. Yaprak örneklerinin öğütülmesinden görünüm

Ispanak bitkisinin yapraklarındaki makro ve mikroelement içeriklerinin Jones (1991)'e göre sınır değerleri Çizelge 3.8.'de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Topraksız tarımda farklı ortamlarda yetiştirilen ıspanak yapraklarındaki makro ve mikroelement içeriklerinin sınır değerleri (Jones vd. 1991)

Element	Birim	Sınır Değeri	Değerlendirme
N	(%)	3,50 - 3,99	Noksan
		4,00 - 6,00	Yeterli
		> 6,00	Fazla
P		0.25 - 0.29	Noksan
		0.30 - 0.60	Yeterli
		> 0.70	Fazla
K		4.00 - 4.99	Noksan
		5.00 - 8.00	Yeterli
		> 8.00	Fazla
Ca		0.50 - 0.69	Noksan
		0.70 - 1.20	Yeterli
		> 1.20	Fazla
Mg		0.40 - 0.59	Noksan
		0.60 -1.00	Yeterli
		> 1.00	Fazla
Fe	(mg kg ⁻¹)	50-59	Noksan
		60-200	Yeterli
		> 200	Fazla
Zn		20 – 24	Noksan
		25 – 100	Yeterli
		> 100	Fazla
Mn		20 – 29	Noksan
		30 – 250	Yeterli
		> 250	Fazla
Cu		3 – 4	Noksan
		5 – 25	Yeterli
		> 25	Fazla

3.2.2. Analiz yöntemleri

3.2.2.1. Yaprak analiz yöntemleri

Azot (N) analizi (%)

Kurutulup öğütülen bitki örneklerinde azot tayini Modifiye Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır (Kacar ve İnal 2008).

Fosfor, Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum, Sodyum, Demir, Çinko, Mangan, Bakır

Yaş yakma metodu (Şekil 3.8) ile elde edilen süzükte fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, demir, çinko, mangan ve bakır miktarları ICP-OES (Inductively Coupled Plasma) kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar P, K, Ca ve Mg için kuru maddede %; Fe, Zn, Mn ve Cu için ise kuru maddede mg kg⁻¹ olarak verilmiştir (Kacar ve İnal 2008).



Şekil 3.8. Yaş yakma analizinin genel görünümü

Klorofil analizi

Yaprakların klorofil içeriklerini belirlemek için 100 ml'lik beherlere yaş bitki örneklerinden 0.25 gram alınmış, üzerine spatula ucuya CaCO₃ ilave edildikten sonra 25 ml aseton konularak homojenizatörde 3-4 dk parçalanmıştır (Şekil 3.4.) ve 50 ml'lik balon jojeye beyaz bantlı filtre kağıdıyla süzölmüştür. Süzükler 50 ml'ye aseton ile tamamlanmış ve spektrofotometrede klorofil a için 663 nm ve klorofil b için 645 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır (Williams 1984).

Klorofil miktarları, Mac Kinney tarafından hesaplanan değerler ile Bruinsma'nın (1963) çevirimini yaptığı eşitlikten hesaplanır.

$$\text{Klorofil a (mg/L)} = 12,7 \times A_{663} - 2,7 \times A_{645}$$

$$\text{Klorofil b (mg/L)} = 22,9 \times A_{645} - 4,7 \times A_{663}$$

(A = Nanometrede farklı dalga boyu uzunluğundaki değerdir)



Şekil 3.9. Klorofil analizinin yapımından görünüm

Vitamin C analizi

Ispanak örnekleri %6 metafosforik asit ile ekstre edilmiştir. Falkon tüpü içerisine 5 ml asetat tamponu, 5 ml örnek, 1 ml 2.6. diklorofenilindofenol boya çözeltisi ve 10 ml ksilen koyulup ağzını kapatılarak çalkalanmıştır. Daha sonra bu karışımın üst kısmından pipet yardımıyla çekilmiş, Cemeroğlu (2009) tarafından tanımlanan bu yöntemde spektrofotometrede 500 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır (Şekil 3.10.).



Şekil 3.10. C vitamini analizinin yapımından görünüm

Nitrat analizi

Bitkide nitrat birikimi salisilik asitin nitritleşmesi yoluyla kolometrik olarak Cataldo vd. (1975)'e göre spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır. Taze bitki örneğinden 1 g alınıp üzerine 10 ml saf su eklenerek homojenize edilmiştir. Bir tüp içerisine alınan homojenize edilmiş örnekler inkübatörde 45 °C sıcaklıkta 1 saat bekletilmiş, daha sonra 5000 devirde 15 dakika santrifüj edilerek bitki parçacıkları içermeyen süzük elde edilmiştir. Süzükten 0.2 ml alınarak 50 ml'lik erlenmayere

konulup, üzerine 0.8 ml salisilik sülfürik asit ilave edilerek iyice karışması için hafifçe çalkalanmış ve oda sıcaklığında 20 dakika bekletilmiştir. Daha sonra 19 ml 2 N NaOH çözeltisi hafif çalkalanarak konulmuş ve örnekler oda sıcaklığına gelinceye kadar beklenildikten sonra 410 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede okunmuştur. Standart nitrat stok çözeltisinden bir seri 50 ml'lik ölçü balonuna konularak 0, 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 mg L⁻¹ NO₃-N içeren standartlar hazırlanmış ve örneklerle aynı işlemlere tabi tutulmuştur (Anonim 1988).

Bitki boyu (cm)

Deneme süresi sonunda her bir bitkinin kök boğazı ile büyüme noktasına kadar olan kısım esas alınarak cetvel yardımıyla ölçülüp kaydedilmiştir.

Renk

Yaprakların renk ölçümleri uygulamaların her tekerrüründen seçilen 20 bitkinin en dış pazarlanabilir yapraklarından tesadüfi olarak beş adet alınan yaprakta MINOLTA CR-200 (MINOLTA CameraCo, LTD Ramsey, NJ) marka renk ölçme cihazı ile belirlenmiştir. Elde edilen L*, a*, b* değerleri belirlenmiş ve ortalamaları alınmıştır. Belirlenen “a” ve “b” değerleri yardımıyla “C (Chroma)” ve Hue (°) [$\tan^{-1} (b/a)$] değerleri hesaplanmıştır.

$$C: \sqrt{(a^2+b^2)}$$

$$H (^\circ): \tan^{-1} (b/a)$$

Renk ölçüm işlemine başlamadan önce Minolta cihazı beyaz kalibrasyon plakası yardımıyla kalibre edilmiş, Minolta cihazıyla belirlenen renk değerlerinden yararlanılarak hesaplanan L* değeri parlaklığı, a* değeri kırmızıdan yeşile, b* değeri ise sarıdan maviye renk değişimlerini göstermektedir. (Anonim 2011, McGuire 1992).

3.2.2.2. Ortam analizleri

Tarla kapasitesi

Ortamların tarla kapasitesi değerleri silindirle alınan bozulmamış ortam örneklerinde basınçlı membran aleti kullanılarak 1/3 atmosfer basınç altında ortamda tutulabilen su yüzdesi olarak kuru ağırlık esasına göre belirlenmiştir (Demiralay 1993).

Solma noktası

Ortamların solma noktası bozulmuş ortam örneklerinde basınçlı membran aleti kullanılarak 15 atmosfer basınç altında ortamda tutulabilen su yüzdesi olarak kuru ağırlık esasına göre belirlenmiştir (Demiralay 1993).

3.2.2.3. İstatistiksel yöntemler

Araştırma sonuçları SAS ile paket programları kullanılarak varyans ve tekrarlı ölçüm analizi ile birlikte %5 önem seviyesinde Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Verimi Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin verimi üzerine olan etkisi Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan, yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin verimi üzerine etkileri istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.1.'den de görüldüğü üzere; perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarının ıspanak bitkisinin verim üzerine etkileri birbirinden farklı olmuştur. Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak en yüksek bitki verimi 8. uygulama olan %50Zeolit+%50Pomzakarışımından (128.04gsaksı^{-1}) elde edilmiştir. En düşük bitki verimi ise 1. uygulama olan %100 perlit ortamından (30.65 gsaksı^{-1}) elde edilmiştir.

Klinoptilolit bakımından zengin bir tüf olan zeolitin kullanımının verim değerlerinde buğdayda %13-15, patlıcanda %19-55, elmada %13-38, havuçta %63 oranında artışlara neden olduğu; yine arpa, patates ve üçgülde de verim artışları sağladığı bildirilmektedir (Mumpton 1999).

Zeolit kullanımının gübreleme ile birlikte verimi ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği, sulamanın kontrollü olduğu durumlarda dekara 80 kg zeolit uygulamasının kontrole (zeolit 0 kgda^{-1}) göre toplam verimde yaklaşık %15 artış sağladığı sonucuna varılmıştır (Polat vd. 2005).

Perlit ve zeolitin ayrı ve birlikte çilekteki etkilerinin test edildiği bir araştırmada zeolit ve perlitin tek başlarına kullanımının yerine 3:1 (%75:%25) veya 1:1 (%50:%50) oranlarındaki karışımlarının daha iyi sonuçlar verdiği rapor edilmektedir. Bu oranlarda kullanılan zeolitve perlit çileklerde; çiçek sayısı, meyve sayısı, meyve ağırlığı verim ve pazarlanabilir verimde arttırıcı etkide bulunmaktadır (Ghazvini vd. 2007).

Turhan (1996), topraksız tarım marul yetiştiriciliğinde farklı yetiştirme ortamlarının (pomza, perlit, ince talaş ve kızılçam kabuğu) topraksız tarım marul yetiştiriciliğinde verime etkisini incelemek amacıyla yürüttüğü çalışmada; denemede en iyi sonucu pomza ortamının verdiğini, pomzayı takiben %50 Kızılçam kabuğu+%50 Pomza ve %50 Kızılçam kabuğu+%50 Perlit ortamı olduğunu bildirmiş, ayrıca %100 ince talaş, %100 kızılçam kabuğu ve %100 perlit ortamlarının ise en düşük sonuçları verdiğini rapor etmiştir.

Kılıç (2014), serada topraksız domates yetiştiriciliğine kullanılan farklı ortamların (perlit, kaya yünü ve hindistan cevizi lifi) etkilerini incelediği çalışmada; toplam verime en etkili ortamın perlit ortamı olduğunu ve meyve kalitesi üzerine en etkili ortamın ise hindistan cevizi lifi ortamı olduğunu tespit etmiştir.

Zeolitin diğer ortamlarla karışımlarının gerbera (Şeker vd. 2010), hıyar (Kütük vd. 1996), domates (Markovic vd. 1997) gibi birçok türde bitki verimini arttırdığı bildirilmiştir.

Savvas vd. (2003), farklı topraksız tarım ortamlarında (perlit, zeolit ve diatomit) yetiştirilen domateslerin verim ve bitki besleme durumlarını incelemek üzere yaptıkları çalışma sonucunda, erkenci verim bakımından incelendiğinde perlit ortamı ve toplam verim bakımından ise zeolit ortamı diğer ortamlardan daha yüksek sonuçlar ortaya koymuştur.

Beşiroğlu (2007), volkanik tüf, perlit ve torf ortamlarını kullanarak yürütmüş olduğu çalışmada, domates yetiştiriciliğinde en düşük meyve ağırlığının %100 Perlit ortamında gerçekleştiğini belirtmiştir.

Perlit ve zeolit ortamlarından meydana gelen karışımlar içerisinde %67 Perlit+%33 Zeolit oranında (3:1) oluşturulan karışımda en iyi verim artışı, domateste suda çözünür kuru madde (SÇKM) ile kalite elde edilmiştir. Burada karışımda kullanılan zeolit su ve besin tutma kapasitesinin yüksek oluşu sayesinde verimin ve meyve kalitesinin artmasına katkı sağladığı rapor edilmiştir (Djedidi vd. 1997).

Yılmaz vd. (2017) tarafından farklı ortamlar (Vermikompost, Torf ve Zeolit) ve bu ortamların değişik oranlarda karışımlarının sera koşullarında topraksız tarım domates yetiştiriciliğinde fide verimi ve kalite parametrelerine etkilerini inceledikleri çalışmada, domates yetiştiriciliği için en uygun ortam olarak %65 Torf+%15 Zeolit+%20 Vermikompost değerlerinin belirlendiği ve %100 zeolit ortamının topraksız domates yetiştiriciliği için uygun olmadığı rapor edilmiştir. Yürütmüş olduğumuz çalışmamızda da zeolit farklı ortamlarla karıştırıldığında verim artışlarına katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

Weber vd. (1983) tarafından yürütülen karanfil çalışmasında, zeolit tek başına kullanılmasından ziyade başka ortamlarla belirli oranlarda karışımının bitki verimini, önemli ölçüde arttırdıklarını belirtmişlerdir.

Trinchera vd. (2010), sekonder köklerin ve mısırdaki kök kollarının çoğalmasının, zeolit parçacıklarının kök yüzeyine yapışan hem mikronize hem de granüler klinoptilolit ortamlarla arttığını ve bu sonucun, organik maddenin ve besin kullanılabilirliğinin artırılmış çözünmesi ile ilgili olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızdan da verim artışının olduğu uygulamalarda zeolit oranının varlığı görülmektedir.

Klinoptilolit bir ortam olarak kullanılma olasılığı üzerine yapılmış çalışmalar bulunmaktadır ve klinoptilolit verimde artışa yol açtığı bildirilmektedir (Baikov ve Semekhina 1996; Loboda 1999).

Bender (1999) yürütmüş olduğu çalışmada en yüksek verimin Volkanik Tüf+Torf ve Perlit+Torf ortamında belirlemiştir. Perlitin karışım halinde kullanımı meyvedeki verimin artışına sebep olduğunu bildirmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmaya ait verim sonuçlarında da aynı yönde bulgulara ulaşılmış olup, özellikle perlitin tek başına kullanılmasından ziyade karışım içerisinde yer verilmesinin verime olumlu yönde katkı sağladığı görülmüştür.

Uygun miktarda makro gözeneklerin özellikle yeterli düzeyde hava değişimi, drenaj ve su tutma kapasitesi için önemli olduğu bilinmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda parçacık büyüklüğünün ve pomzanın hidrolik özelliklerinin topraksız tarımda sera bitkilerinin (gypsophila, gül, hıyar, marul) büyümesini ve verimini olumlu

yönde etkilediğini göstermiştir (Gizas ve Savvas 2007). Çalışmamız sonuçlarında da karışımlarda yer alan pomzanın verim artışına katkı sağladığı görülmüştür.

Çizelge 4.1. Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkilerinin verim değerleri, bitki boyu ve yaprak sayısı üzerine olan etkileri¹

Uygulama	Verim(g saksı ⁻¹)	Bitki Boyu (cm bitki ⁻¹)	Yaprak Sayısı (adet)
1	30.65e ²	11.25e ²	18.75e ²
2	67.09d	18.00bcd	21.25de
3	74.67cd	17.25cd	33.25ab
4	108.36abc	17.25cd	35.50ab
5	80.71bcd	18.75bc	29.00bc
6	93.29abcd	25.00a	30.25bc
7	59.30de	15.00d	20.75de
8	128.04a	24.75a	38.00a
9	95.70abcd	21.25b	33.00ab
10	88.48bcd	20.75b	30.75bc
11	112.28ab	20.00bc	25.75cd
En fazla	128.04	24.75	38.00
En az	30.65	11.25	18.75
Ortalama	85.32	19.02	28.75
Önemlilik	***	***	***
F Değeri	5.741	14.471	9.576

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar $p < 0.05$ düzeyinde önemlidir.

***: %0.1 düzeyinde önemli

4.2. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Bitki Boyu Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin bitki boyu üzerine olan etkisi Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve

pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan, yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin bitki boyu üzerine etkileri istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak en yüksek bitki boyu 6. uygulama olan %75 Zeolit+%25 Pomza karışımından ($25.00 \text{ cm bitki}^{-1}$) ve 8. uygulama olan %50 Zeolit+%50 Pomza karışımından ($24.75 \text{ cm bitki}^{-1}$) elde edilmiştir. En düşük bitki boyu ise 1. uygulama olan %100 perlit ortamından ($11.25 \text{ cm bitki}^{-1}$) elde edilmiştir. (Çizelge 4.1.).

Kazaz vd. (2010) tarafından yürütülen karanfil çalışmasında, zeolitın tek başına kullanılmasından ziyade başka ortamlarla belirli oranlarda karışımının gövde uzunluğu ve çapını önemli ölçüde arttırdıklarını belirtmişlerdir.

4.3. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Yaprak Sayısı Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin yaprak sayısı üzerine olan etkisi Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan, yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin yaprak sayıları üzerine etkileri istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak en fazla yaprak sayısı 8. uygulama olan %50 Zeolit+%50 Pomza karışımından ($38.00 \text{ adet bitki}^{-1}$) elde edilmiştir. En düşük yaprak sayısı ise 1. uygulama olan %100 perlit ortamından ($18.75 \text{ adet bitki}^{-1}$) elde edilmiştir (Çizelge 4.1.).

Gül vd. (2007), topraksız tarım koşullarında kıvırcık yapraklı baş salata yetiştiriciliğinde bitki başına düşen yaprak sayısının yetiştirme ortamlarına ve yetiştirme zamanlarına bağlı olarak 25.00 ile 31.70 adet arasında değiştiğini belirtmektedirler.

Yürütülen bir çalışma sonucunda, yaprak sayısının perlit gibi inorganik ortam yerine torf içeren ortamlarda yetiştirilen çilek bitkilerinde daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tehraniifar vd. 2007).

4.4. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Renk Değerleri Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin renk değerleri üzerine olan etkisi Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan, yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin renk üzerine etkileri L ve Hue değerlerinde istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, Croma değeri %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak L ve Hue değerine göre yapılan uygulamanın ıspanak bitkisinin rengi üzerine hiçbir etkisi olmamıştır. Perlit, Zeolit ve Pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak Chroma değerine bağlı olarak en koyu yaprak rengi 10. Uygulama olan %25 Perlit+%25 Zeolit+%50 Pomza karışımından (17.50) elde edilmiştir (Çizelge 4.2.).

L değeri parlaklığı, a ve b değerleri ise renk bileşenlerini temsil eder ve a değeri yeşil rengi, b değeri sarı rengi belirtmektedir. Kroma değeri, rengin doygunluğunu göstermektedir. Donuk renklerde kroma değeri düşerken canlı renklerde artmaktadır. Hue açısı bir renk dairesi olup kırmızı-mor renkler 0°-360° arasında açı değerini almakta iken, sarı değeri 90° açı değeri, mavimsi yeşil renkler ise 180°-270° arasında açı değerini almaktadır (McGuire 1992).

Çizelge 4.2.Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkilerinin renk değerleri üzerine olan etkileri

Uygulama	L	Hue	Croma
1	33.02 ²	132.69 ²	12.61c ²
2	32.97	132.31	12.95c
3	33.25	130.83	13.92bc
4	32.94	132.19	13.66bc
5	33.66	131.51	13.03c
6	34.10	130.07	15.46abc
7	33.15	133.43	13.17c
8	34.39	130.58	16.93ab
9	33.56	132.96	13.95bc
10	35.65	128.76	17.50a
11	34.50	131.01	14.29abc
En fazla	35.65	133.43	17.50
En az	32.94	128.76	12.61
Ortalama	33.74	131.48	14.31
Önemlilik	öd	öd	*
F Değeri	1.677	1.381	2.230

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar $p < 0.05$ düzeyinde önemlidir.

*: %5 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

4.5. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Vitamin C İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin vitamin C içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan, yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin vitamin C içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkilerinin vitamin c, nitrat içerikleri, klorofil a ve klorofil b değerleri üzerine olan etkileri

Uygulama	Vitamin C (mg 100 ml ⁻¹)	Nitrat (mg kg ⁻¹)	Klorofil a (mg ml ⁻¹)	Klorofil b (mg ml ⁻¹)
1	21.12e ²	1.74bc ²	0.81ab ²	0.27 ²
2	21.01e	2.36ab	0.86ab	0.32
3	21.95de	1.68bc	0.72abc	0.27
4	22.33cde	1.57c	0.66abc	0.24
5	22.50bcde	2.28abc	0.76ab	0.29
6	23.10abcd	2.40ab	0.67abc	0.27
7	24.37a	2.60a	0.88a	0.34
8	24.15ab	2.88a	0.77ab	0.30
9	24.04abc	2.21abc	0.73abc	0.30
10	24.70a	2.67a	0.63bc	0.26
11	24.37a	2.24abc	0.51c	0.21
En fazla	24.70	2.88	0.88	0.34
En az	21.01	1.57	0.51	0.21
Ortalama	23.05	2.23	0.72	0.27
Önemlilik	***	**	*	öd
F değeri	6.009	3.477	2.308	1.769

1. Değerler 4 tekrerrüt ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar $p < 0.05$ düzeyinde önemlidir.

***: %0.1 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli, *: %5 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak en yüksek bitki vitamin C içeriği 7. uygulama olan %50 Perlit +%50 Zeolit karışımında (24.37 mg 100 ml⁻¹), 10. uygulama olan %25 Perlit+%25 Zeolit+%50 Pomza karışımında (24.70 mg 100 ml⁻¹), 11. uygulama olan Perlit, Zeolit ve Pomzanın eşit uygulandığı karışımda (1:1:1) (24.37 mg 100 ml⁻¹) elde edilmiştir. Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak en düşük bitki vitamin C içeriği 1. uygulama olan %100 Perlit ortamından (21.12 mg 100 ml⁻¹) ve 2. uygulama olan %100 Pomza ortamından (21.01 mg 100 ml⁻¹) elde edilmiştir (Çizelge 4.3.).

Vitamin C miktarının da hasat tarihine bağlı olarak değişim gösterdiği bildirilmiştir (Karaçalı 2012). Vitamin C içeriğinin ışıkla ilişkili olduğu rapor edilmektedir. Bununla birlikte yüksek sıcaklık ve solar radyasyon seviyelerinde vitamin C içeriğinin artış gösterdiğini bildiren çalışmaların (Davey vd. 2000; Dumas vd. 2003; Rosales vd. 2006; Rosales vd. 2009) yanı sıra belirtilen koşullarda vitamin C içeriğinin azaldığını bildiren çalışmalar (Torres vd. 2006)'da bulunmaktadır. Domates meyvelerinin vitamin C içeriği Karaçalı (2012) tarafından 15-30 mg 100 ml⁻¹, Cemeroğlu vd. (2009) tarafından 20-35 mg 100 ml⁻¹, Kaur ve Kapoor (2002) tarafından 84-590 mg kg⁻¹ olarak rapor etmektedir. Cantwell (2000)'e göre 100 g domates meyvesinin C vitamini içeriği kırmızı olum döneminde 22.50 mg'dır.

Saltveit (2005), domates türleri ve çeşitleri arasında C vitamini içeriği yönünden büyük bir çeşitlilik bulunduğunu, bu değer 100 g domates meyvesinde 8 mg ile 120 mg arasında değişmekte olduğunu bildirmektedir. Anza vd. (2006) topraksız tarım tekniğine göre yetiştirilen sera domateslerinin vitamin C içeriğinin 45-110 mg kg⁻¹ yaş ağırlık değerleri arasında değiştiğini rapor etmektedir. Bulgularımız Karaçalı (2012), Cemeroğlu vd. (2009) ve Saltveit (2005)'ı destekler niteliktedir.

Beşiroğlu (2007) yaptığı çalışmada volkanik tüf, torf ve perlitin farklı oranlarda karışımlar hazırlanmasıyla domates yetiştirmiş ve yetiştirilen domates meyvelerinin en düşük vitamin C değerinin %22.93 ile perlit oranının %100 olduğundagerçekleştiğini belirtmiştir. Çalışmamız sonucunda da en düşük vitamin C değerinin perlit ortamının tek başına olduğu uygulamada gerçekleştiği görülmüştür.

4.6. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Nitrat (NO₃) İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin nitrat içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin nitrat içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak en yüksek nitrat içeriği 7.uygulama olan %50 Perlit+%50 Zeolit karışımından (2.60 mg kg⁻¹), 8. uygulama olan %50 Zeolit+%50 Pomza karışımından (2.67 mg kg⁻¹) ve 10. uygulama olan %25 Perlit +%25 Zeolit+%50 Pomza karışımından (2.67 mg kg⁻¹) elde edilmiştir. Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak en düşük nitrat içeriği 4. Uygulama %25 Zeolit+%75 Pomza karışımından (1.57 mg kg⁻¹) elde edilmiştir.

4.7. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Klorofil-a ve Klorofil-b İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin klorofil a ve klorofil b içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan, yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin klorofil-a içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunurken; klorofil b içeriği üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur.

Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak en yüksek klorofil-a içeriği 7. uygulama %50 Perlit +%50 Zeolit karışımından (0.88 mg ml^{-1}) elde edilmiştir. En düşük klorofil-a içeriği ise Perlit, zeolit ve pomzanın eşit oranda uygulandığı (1:1:1) 11. Uygulamadan (0.51 mg ml^{-1}) elde edilmiştir (Çizelge 4.3.).

Yaprığın klorofil içeriğinin; bitkinin çeşidine, kullanılan gübrenin cins ve miktarına, bitkideki ölçümün yapıldığı yer ve saate göre değişiklik gösterebileceği birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Marquard ve Tipton 1987; Shaaban ve ElBendary 1999). Bu nedenle klorofil ölçümlerinin bitkinin ve yaprağın aynı yerinden alınması ve ölçümün aynı saatlerde yapılması oluşacak hatayı en az düzeye indirecektir.

4.8. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Toplam Azot (N) İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin toplam azot içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.4.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin azot içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak %5 oranında önemli bulunmuştur.

Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak en yüksek toplam azot içeriği 8. uygulama olan %50 Perlit+%50 Zeolit karışımından (%6.78) elde edilmiştir. En düşük azot uygulaması ise; 4. uygulama olan %25 Zeolit+%75 Pomza karışımından (%5.68) elde edilmiştir (Çizelge 4.4.).

Ispanak bitkisinin toplam azot içeriklerinin %5.68 ile %6.78 arasında değişim göstermektedir. Ispanak yapraklarının toplam azot içerikleri Jones (1991) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre değerlendirilmiş ve ıspanak yapraklarının toplam N içeriklerinin yeterli ve fazla sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Zeolit, bitki dokularındaki azotun arttırılmasında çok etkili olmaktadır. Özellikle klinoptilolit amonyum (NH_4^+) gibi katyonlar için belirgin bir seçiciliğe sahiptir (Ames 1967). Zeolitin yüksek bir amonyak adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir (Emma vd. 1999). Çalışmamızda da zeolitin varlığını gösterdiği karışımlarda azot miktarının arttığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.4. Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkilerinin azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri üzerine olan etkileri¹

Uygulama	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
1	5.88bc ²	0.48a	4.82d	0.96 ²	0.68 ²
2	5.93bc	0.43abc	5.16cd	0.90	0.75
3	6.10abc	0.35de	6.00bcd	0.91	0.85
4	5.68c	0.36cde	6.02bcd	0.92	0.75
5	6.15ab	0.39bcd	5.68bcd	0.81	0.77
6	6.65a	0.50a	6.93ab	0.90	0.81
7	6.15abc	0.45ab	7.44ab	0.83	0.80
8	6.78a	0.50a	6.19bcd	0.98	0.84
9	5.85bc	0.38bcd	8.14a	0.98	0.89
10	5.85bc	0.30e	6.84abc	1.05	0.89
11	5.93bc	0.44ab	7.01ab	1.05	0.89
En fazla	5.68	0.57	8.14	1.05	0.89
En az	6.78	0.30	4.82	0.81	0.68
Ortalama	6.08	0.42	6.38	0.93	0.81
Önemlilik	*	***	**	öd	öd
F Değeri	2.920	7.277	3.465	14.32	3.477

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar $p < 0.05$ düzeyinde önemlidir.

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli, ***: %0.1 düzeyinde önemli

4.9. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Fosfor (P) İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin fosfor içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.4.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin fosfor içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak %0.1 oranında önemli bulunmuştur.

Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak en yüksek fosfor içeriği 1. uygulama olan %100 Perlitten (%0.48), 6. uygulama olan %75 Zeolit+%25 Pomza karışımından (%0.50) ve 8. uygulama olan %50 Zeolit+%50 Pomza karışımından (%0.50) elde edilmiştir. En düşük uygulama ise; 10. uygulama olan %25 Perlit+%25 Zeolit+%50 Pomza karışımından (%0.30) elde edilmiştir (Çizelge 4.4.).

Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen ıspanak bitkilerinin fosfor içerikleri %0.30 ile %0.50 arasında değişim göstermiştir. Ispanak yapraklarının fosfor içerikleri Jones (1991) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre değerlendirildiğinde yeterli sınıfına girdiği belirlenmiştir.

4.10. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Potasyum (K) İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin potasyum içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.4.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin K içerikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.4.'den de görüldüğü üzere; perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarının ıspanak bitkisinin K içerikleri üzerine etkileri birbirinden farklı olmuştur. Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak en yüksek potasyum değeri 9. uygulama olan %25 Pomza+%25 Zeolit+%50 Perlit karışımından (%8.14) elde edilmiştir. En düşük potasyum değeri ise 1. uygulama olan %100 Perlit karışımından (%4.82) elde edilmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda klinoptilolitin K^+ içeriği zengin bir zeolit türü olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Gholizadeh 2006). Çalışmamız sonucunda da zeolit olan uygulamaların daha yüksek potasyum değerlerine ulaştığı görülmüştür.

Yaprak örneklerinin potasyum analiz sonuçları Jones (1991) tarafından bildirilen sınır değerleri ile karşılaştırıldığında örneklerin %9.1'inin noksan, %81.2'sinin yeterli, %9.1'inin fazla düzeyde potasyum kapsadığı belirlenmiştir.

4.11. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Kalsiyum (Ca) İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin kalsiyum içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.4.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan, yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin kalsiyum içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Ispanak bitkisinin kalsiyum içeriklerinin %0.81 ile %1.05 arasında değişim gösterdiği, ıspanak yapraklarının kalsiyum içerikleri Jones (1991) tarafından yapılan sınır değerlerine göre değerlendirildiğinde yeterli sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Topraksız tarımda domates yetiştiriciliği konusunda yapılan çalışmalarda, domates meyvesindeki Ca içeriği bakımından yetiştirme ortamları arasında önemli farklılıklar görülmediği belirlenmiştir (Nurzynski 2005).

4.12. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Magnezyum (Mg) İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin magnezyum içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.4.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin magnezyum içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Yaprak örneklerinin magnezyum analiz sonuçları Jones (1991) tarafından bildirilen sınır değerleri ile karşılaştırıldığında örneklerin yeterli sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Topraksız tarımda domates yetiştiriciliği konusunda yapılan çalışmalarda, domates meyvesindeki Mg içeriği bakımından yetiştirme ortamları arasında önemli farklılıklar görülmediği belirlenmiştir (Nurzynski 2005).

Yapılan çalışmalar sonucunda klinoptilolit Mg⁺² içeriği zengin bir zeolit türü olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Ayan 2001). Çalışmamız sonucunda da zeolit olan uygulamaların daha yüksek magnezyum konsantrasyonlarına ulaştığı belirlenmiştir.

4.13. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Demir (Fe) İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin demir içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.5.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin demir içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Ispanak bitkisinin demir içeriklerini 69.50 mg kg⁻¹ ile 85.95 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ispanak yapraklarının Fe içerikleri Jones (1991)

tarafından belirlenen sınır değerlerine göre karşılaştırıldığında ıspanak yapraklarının yeterli sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Genellikle bitkilerin yeşil aksamında kuru maddedeki Fe miktarı, Schachtschabel vd. (1995) tarafından 20-300 mg kg⁻¹ olarak bildirilmektedir.

Baştaş ve Tangolar (2018) üzüm üzerine yaptıkları çalışmada; analizlerin değerlendirilmesi sonucunda ortamların yapraklardaki en yüksek demir içeriği Perlit+Torf ortamlarından elde edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmamız sonucunda da demir değerlerinin yüksek olduğu karışımlarda perlitin varlığından söz etmek mümkündür.

4.14. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Çinko (Zn) İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin çinko içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.5.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin çinko içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Perlit, zeolit ve pomzanın farklı uygulama dozlarına bağlı olarak en yüksek çinko içeriği 7.uygulama olan %50 Perlit+%50 Zeolit karışımından (118.45 mg kg⁻¹) ve 11. uygulama olan perlit, zeolit ve pomzanın eşit uygulandığı (1:1:1) karışımından (112.55 mg kg⁻¹) elde edilmiştir. En düşük çinko içeriği ise; 2. uygulama olan %100 pomza ortamından (58.75 mg kg⁻¹) elde edilmiştir (Çizelge 4.5.).

Yaprak örneklerinin çinko analiz sonuçları Jones (1991) tarafından bildirilen sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, örneklerin %81.2'sinin yeterli, %9.1'inin fazla düzeyde çinko kapsadığı belirlenmiştir.

Baştaş ve Tangolar (2018) üzüm üzerine yaptıkları çalışmada, ortamları arasında yapraklardaki en yüksek çinko içeriklerinin Pomza ve Perlit+Torf ortamlarından elde edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmamız sonucunda da çinko değerlerinin yüksek olduğu karışımlarda pomza ve perlitin varlığından söz etmek mümkündür.

Çizelge 4.5. Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkilerinin demir, çinko, mangan ve bakır içerikleri üzerine olan etkileri¹

Uygulama	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
1	75.90 ²	79.90bcd ²	175.50 ²	33.50 ²
2	74.95	58.75d	96.30	33.25
3	69.50	73.20cd	107.95	30.25
4	69.50	86.10bc	104.85	32.75
5	79.55	84.25bc	131.85	35.50
6	71.30	82.70bc	105.05	34.00
7	84.90	118.45a	121.45	35.25
8	70.50	68.40cd	107.10	36.75
9	85.95	75.65bcd	114.30	38.25
10	80.05	98.05ab	155.15	42.25
11	82.15	112.55a	137.65	39.00
En fazla	85.95	112.55	175.50	42.25
En az	69.50	58.75	96.30	30.25
Ortalama	76.75	85.27	123.37	35.52
Önemlilik	öd	***	öd	öd
F Değeri	1.767	6.787	2.036	0.755

1. Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar $p < 0.05$ düzeyinde önemlidir.

***: %0.1 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

4.15. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Manganez (Mn) İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin manganez içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.5.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin manganez içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Ispanak yapraklarının manganez içerikleri Jones (1991) tarafından yapılan sınır değerlerine göre değerlendirildiğinde yeterli sınıfa girdiği belirlenmiştir.

4.16. Topraksız Tarımda Farklı Yetiştirme Ortamlarının Ispanak Bitkisinin Bakır (Cu) İçeriği Üzerine Olan Etkisi

Topraksız tarımda farklı yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin bakır içeriği üzerine olan etkisi Çizelge 4.5.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan perlit, zeolit ve pomzanın farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan, yetiştirme ortamlarının ıspanak bitkisinin bakır içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Ispanak yapraklarının bakır içerikleri Jones (1991) tarafından yapılan sınır değerlerine göre değerlendirildiğinde fazla sınıfa girdiği belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Türkiye sınırları içerisinde yer altı zenginliği olarak bulunan pomza, perlit ve zeolitin 11 farklı oranda karışım hazırlanmak suretiyle ıspanak bitkisinin topraksız tarımda kullanılma durumunun incelendiği, en iyi verim ve sonuçların ortaya konulduğu karışım ya da karışımların belirlenmesi amacıyla bu araştırma yürütülmüştür.

Pomza, perlit ve zeolit kullanılarak hazırlanan karışımlar içerisinde özellikle incelenen bilimsel çalışmalarda zeolitin tek başına kullanıldığı durumlarda yetiştiricilik için olumlu sonuçlar ortaya koymaması nedeniyle deneme karışımlarında tek başına kullanım olarak yer verilmemiştir.

Kullanılan katı ortamlardan perlitin tek başına kullanıldığı bir numaralı karışım sonuçları incelendiğinde verim ve kalite parametrelerinden sadece fosfor ve klorofil a bakımından olumlu sonuçlandığı görülmüştür. Bu durumla ilgili olarak perlit ortamının hava geçirgenliğinin yüksek olması nedeniyle uygulanan bitki besin maddelerinin yetiştirme ortamında tutunamayarak drenaj halinde uzaklaşması şeklinde açıklanabilir.

Diğer bir ortam olan pomzanın tek başına kullanıldığı iki numaralı karışım sonuçlarına göz attığımızda ise verim ve kalite parametrelerinden klorofil a ile birlikte nitratin da yüksek değerlere imza attığını görebiliriz. Buradaki durumu ise pomzanın parçacık irilikleri göz önünde bulundurulduğunda uygulanan bitki besin maddelerinin hızla uzaklaşmasına izin verecek kadar büyük olması nedeniyle açıklamak mümkündür.

Kullanılan katı ortamların oranlarına baktığımızda %25, %33, %50 ve %75 olarak dağılım gösterdiği görülmektedir. Zeolit ortamlar ile birlikte ikili karışım halinde uygulandığı bitkilerin verim ve kalite sonuçlarına bakılacak olursa zeolitin en düşük oranı olan %25'lik kısmın olduğu uygulamalara göz atıldığında yine zeolit perlite kıyasla pomza ile daha iyi bir sonuç ortaya koymuştur. %25 Zeolit+%75 Perlit karışımındaki ıspanak bitkilerinde azot, klorofil a ve bitki yaprak sayısı en yüksek değerlere ulaşırken, %25 Zeolit+%75 Pomza karışımındaki ıspanak bitkilerinde klorofil a, bitki yaprak sayısı ve verim değerleri en yüksek değerlere ulaşmıştır.

Karışım oranları içerisinde iki farklı ortam arasında dengenin eşit şekilde sağlandığı %50 Zeolit+%50 Pomza karışımındaki ıspanakların, %50 Zeolit+%50 Perlit karışımındaki ıspanaklara nazaran daha yüksek sonuçlar ortaya koyduğu izlenmektedir. %50 Zeolit+%50 Perlit karışımındaki ıspanak bitkilerinde azot, fosfor, potasyum, çinko, nitrat, vitamin c ve klorofil a değerleri yüksek çıkarken, %50 Zeolit+%50 Pomza karışımındaki ıspanak bitkilerinde azot, fosfor, nitrat, vitamin c, klorofil a, yaprak sayısı, bitki boyu, verim ve croma değerleri yüksek çıkmaktadır.

Hazırlanan karışımlar içerisinde en yüksek zeolit oranına sahip uygulamalara bakıldığında %75 Zeolit+%25 Perlit karışımındaki ıspanakların verim ve kalite kriterlerinden sadece azot, nitrat ve klorofil a değerlerinde yüksek çıktığı gözlemlenirken, %75 Zeolit+%25 Pomza karışımındaki ıspanakların verim ve kalite kriterlerinden azot, fosfor, potasyum, nitrat, vitamin c, klorofil a, bitki boyu, verim ve croma değerlerinde üst sınırları zorladığı gözlemlenmektedir.

Pomza, perlit ve zeolit ortamlarının birlikte eşit miktarlarda uygulandığı %33 Zeolit+%33 Pomza+%33 Perlit karışımı içerisinde yetiştirilen ıspanak bitkilerinin verim

ve kalite kriterlerine bakıldığında potasyum, çinko, nitrat, vitamin c, verim ve croma değerlerinin en yüksek rakamlara ulaştığı görülürken, %25 Zeolit+%50 Pomza+%25 Perlit karışımında eşit dağılım gösterdikleri %33'lük orandaki değerlere kıyasla sadece çinko, nitrat, vitamin c ve croma'nın en yüksek rakamlara ulaşabildiği görülmektedir. Öte yandan %25 Zeolit+%25 Pomza+%50 Perlit karışımında yetiştirilen ıspanak bitkilerinin potasyum, nitrat, vitamin c, klorofil a, bitki yaprak sayısı ve verim değerlerinin en üst değerlere ulaştığı görülmektedir. Burada zeolit oranı aynı (%25) tutulurken, sadece pomza ve perlit değerlerinde (%25 ve %50) bir değişim söz konusu olmaktadır. Sabit zeolit oranı varken perlit oranının %25'den %50 oranına çıkması farklı verim ve kalite kriterlerinin de en yüksek rakamlara ulaşmasına olanak sağlamıştır.

Genel itibariyle üç farklı ortamın kullanılmış olmasına rağmen verim ve kalite kriterleri baz alındığında en iyi sonuçların zeolit+pomza karışımlarından elde edildiği açıkça görülmektedir. Özellikle %75 Zeolit+%25 Pomza oranının olduğu altıncı uygulama ile %50 Zeolit+%50 Pomza oranının olduğu sekizinci uygulama karışımlarında yetiştirilen ıspanak bitkilerinin verim ve kalite kriterleri diğer uygulama karışımlarından daha fazla sayıda üst rakamları görmüştür.

Ülkemiz coğrafyası içerisinde, topraksız tarım perspektifinde tarımsal üretimde verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından ciddi avantaj sağlayacak olan ortamların özellikle ülkemiz sınırları içerisinde elde edilen pomza, perlit ve zeolit gibi kaynakların kullanımının daha da yaygın hale gelmesiyle mümkün olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışma çerçevesinde her üç ortamın değişik oranlarda kullanılabilirliği test edilmiş olup, bundan sonraki çalışmalara hem oran hem de ortam tercihinde yol gösterici olabileceği öngörülmektedir. Çünkü doğru ortam tercihiyle sağlanacak olan verim ve kalite artışı hem üretici boyutunda hem de ülke ekonomisi boyutunda önem arz etmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abak, K. and Çelikel, G. 1995. Comparison of some Turkish originated organic and inorganic substrates for tomato soilless culture. *Acta Horticulturae*, 366: 423-427.
- Akgül, H. 2010, Toprak analizlerinin değerlendirilmesi amacıyla bilgisayar programı geliştirilmesi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Özel Sayı, 298-305.
- Akgül, H. 2015. Elma Fidanı Yetiştiriciliğinde Farklı Topraksız Kültür Ortamları ve Besin Çözeltilerinin Kullanılabilirliğinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, Türkiye.
- Alan, R. 1990. Serada Kullanılan Bazı Yetiştirme Ortamları ve Özellikleri. Türkiye 5. Seracılık Semp. Bild. , İzmir, 17-19 Ekim 1990, s. 401-410.
- Al-Ajmi, A., Al-Karaki, G. and Othman, Y. 2009. Effect of different substrates on fruit yield and quality of cherry tomato grown in a closed soilless system, *Acta Hort.*, 807:491-494pp.
- Alçıçek, A., Bozkurt, M., Özkan, K., Altan, A., Çabuk, M., Akbaş, Y. ve Altan, Ö. 1998. Tavukçulukta Doğal Zeolit Kullanımı II., *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1-2-3): 17-24.
- Allen, E.R. and Ming, D.W. 1995. Recent progress in the use of natural zeolites in agronomy and horticulture. *Nat. Zeolites*, 93: 477-490.
- Alparslan, M., Güneş, A. ve İnal, A. 1998. Deneme Tekniği s.1-437. A. Ü. Z.F. Yayınları 1501, Ders Kitabı 455. A. Ü. Z. F. Yayın Ünitesi, Ankara.
- Altıntaş, S. 1999. Soğuk Serada Ortam Sıcaklığını Arttırmaya Yönelik Uygulamaların, Perlite Yetiştirilen Marul ve Domateste Gelişme ve Verim Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Ames, L.L. 1967. Trivalent cerium equilibria with a synthetic heulandite-clinoptilolite series zeolite. *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry* 29: 262-266.
- Anonim, 1988. Meyve, Sebze ve Mamulleri Nitrit ve Nitrat Tayini - Moleküler Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot. Türk Standartı, ICS 67.080, TS 6183/Aralık 1988.
- Anonim, 1995. Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü, Yıllık Raporları, 1970 - 1995, Ankara.
- Anonim, 2011. <http://emo.org.tr>. (01 Mayıs 2018).
- Anza, M., Riga, P. and Garbisu, C. 2006. Effects of variety and growth season on the organoleptic and nutritional quality of hydroponically grown tomato. *J Food Qual* 29: 16-37.
- Ayan, S. 2001. Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Zeolit Kullanılabilirliği. *DOA Dergisi*, 97-111.
- Azam, M. 2012. The Impact of Indian Job Guarantee Scheme on Labor Market Outcomes Evidence from a Natural Experiment. IZA Discussion Paper 6548. Bonn Germany Insitute for the Study of Labor (IZA).

- Baikova, S.N. and Semekhina, V.M. 1996. Effectiveness of natural zeolite. Kartofel'i-Ovoshchi, No.3, 41-42.
- Balay, N. 1992. Perlitin genel tanımı ve oluşumu, Türkiye I. Tarım Perlit Sempozyumu, 29-30 Haziran 1992, İzmir, 15-18pp.
- Baninasab, B. 2009. Effects of the application of natural zeolite on the growt hand nutrient status of radish, Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 84(1):13-16 pp.
- Başar, H. 2000. Bazı Topraksız Yetiştiricilik Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Anadolu J. Of AARI, 10 (2): 169-182.
- Baştaş, P.C. ve Tangolar, S. 2018. Topraksız Kültürde Yetişen Prima Üzüm Çeşidinin Verim ve Kalite Özelliklerine Farklı Yetiştirme Ortamı ve Ürün Yüklerinin Etkisi, Alatarım 17(2): 98-109.
- Bender, D. 1999. Toprağa karıştırılan peat ve perlitin su stresi altındaki biber bitkisinin (*capsicumannuum* var. *grossumcv.* 11b-14) gelişimi üzerine etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi Ankara.
- Beşiroğlu, A. 2007. Magnezyumun Sera Koşullarında Farklı Büyüme Ortamlarında Yetiştirilen Domatesin gelişmesi, Magnezyumun Alımı ve Dağılımına Etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Bilgin, A., Köseoğlu, M. ve Özkan, G. 1990. Isparta-Gölcük Yöresi Kayaçlarının Mineroloji, Petrografi ve Jeokimyası. Doğa TR. T. of Eng. And Env. Sci., 14. TÜBİTAK, p. 342-361.
- Bouzo, L., Lopez, M. and Villegas, R. 1994. Use of Natural Zeolites to Increase Yields in Sugarcane Crop Minimizing Environmental Pollution. In: World Congress of Soil Science, 15. Acapulco International Society of Soil Science. 5: 695-701.
- Burriesci, N., Valente, S., Ottana, R., Cimino, G. and Zipelli, C. 1984. Utilization of zeolites in spinach growing, Zeolites, 4:5-8p.
- Büyükakyol, M. 1988. Doğal Zeolitler. Etibank Bülteni, 108-109, Ankara.
- Bruinsma, J. 1963. The quantative analysis of chlorophyll a and b in plant extracts. Photochem and Photobiol. 2: 241-249.
- Cantwell, M. 2000. Optimum procedures for ripening tomatoes, 80-88, Management of Fruit Ripening Kader, A.A. (Ed.), University of California Postharvest Horticultural Series 9.
- Cataldo, D.A., Haroon, M., Schrader, L.E. and Youngs, V.L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 6 (1), 71-80.
- Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A. ve Özkan, M. 2009. Meyve ve Sebzelerin Bileşimi, Ed: B. Cemeroğlu, Meyve Sebze İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 38. Ankara, 728s.
- Chen, Y., Banin, A. and Devenald, V. 1980. Characterization of Particles and Pares Hydraulic Properties and Water-Air Ratios of Artificial growth media and soil. proccedings, 18-24 The Netherlands.

- Cinkılıç, H. 1997. Farklı Besin Kaynakları ve Çözeltilerinin, Perlit Torba Kültürüyle Yetiştirilen Marul ve Domateste, Gelişme ve Verim Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Cinkılıç, H. 2008. Farklı Organik ve İnorganik Ortamlarda Hıyar Fidesi Üretimi. *Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2), 152-158.
- Cooper, A. 1988. Nutrient Film Technique. London, Grower Books.
- Çeltek, M. ve Eryüce, N. 1992. Topraksız Kültür Ortamında Kullanılabilecek Harç Materyallerinin Özelliklerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 37s, Bornova-İzmir.
- Çevikbaş, A. ve İlgün, F. 1997. Türkiye Pomza Yataklarının Jeolojisi ve Ekonomisi. 1. Isparta Pomza Sempozyumu Bildirileri. Isparta, 26-28 Haziran 1997. S.13-18.
- Çetinel, G. 1993. Dünya’da ve Türkiye’de Zeolit. Hizmet İçi Eğitim Çalışması, M.T.A., s: 37, Ankara.
- Davey, MW., Van Montagu, M., Inze, D., Sanmartin, M., Kansellis, A. and Smirnoff, N. 2000. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *J Sci Food Agric* 80:825-860.
- Demiralay. İ. 1993. Toprak Fiziği Uygulaması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- Dinç, U., Gezerel, Ö., Çevik, B. and Kuşka, N. 1984. Preliminary Study on the Effect of Volcanicashand Organic Soil for Early Production, Yield and Quality of Tomatoes.
- Djedidi, M., Grasopoulos, D. and Maloupa, E. 1997. The effect of different substrates on the quality of f. Carmello tomatoes (*Lycopersicon esculentum* MILL) grown under protection in a hydroponic system. *Chaiers Options Mediterranean’s*. 31: 379-383.
- Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G. and Grolier, P. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J Sci Food Agric* 83:369-382.
- Economakis, C.D. and Daskalaki, A. 2000, Tomato production in perlite and pumice as affected by the bag size, substratereuse, and the presence of zeolite, 2nd Balkan Symposium, 11-15 Ekim 2000, Thessaloniki, Greece, 113p.
- Eltez, R.Z. ve Tüzel, Y. 2007. Merdiven tipi sistemde farklı topraksız tarım tekniklerinin sera çilek yetiştiriciliğinde verim ve kaliteye etkileri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, İzmir, 44(1):15-27ss.
- Emma, L.C., Nicholas, A.B., David, C.S. and Geoffrey, W.S. 1999. Ammonia removal from waste waters using natural Australian zeolite. II. PilotScale study using continuous packed column process. *Separation Science and Technology*. 34(14): 2741-2760.
- Erpul, G. ve Bayramin, İ. 2004. Beyaz ve sarı pomza örnekleri su tutma özellikleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara.

- Fecondini, M., Mezzetti, M., Orsini, F. ve Gianquinto, G., 2011, Zeolites in media mixes for soilless production: first results on tomato, *Acta Horticulture* (893), 1007-1012.
- Geraldson, C.M., Klacan, G.R., and Lorenz, O.A. 1973. Plant Analysis as an aid in fertilizing vegetable crops, soil testing and plant analysis. Soil Science of America Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Gevrek, M.N., Tatar, Ö. and Yağmur, B. 2009. The effects of clinoptilolite application on growth and nutrients content in rice grain, *Turkish Journal of Field Crops*, 14(2): 79-88 pp.
- Ghazvini, R., Payvast, G. and Azarian, H. 2007. Effect of Clinoptilolitic zeolite and Perlite Mixtures on the Yield and Quality of Strawberry in Soilless Culture. *International Journal of Agriculture&Biology* 1560–8530/2007/09-6-885-888.
- Gholizadeh, A. 2006. The study on the effect of different levels of zeolite and water stress on growth, development and essential oils content of *Moldavianbalm*, *Agricultural Sciences and Technology* 20(2): Pe 113-Pe 121.
- Gizas, G. and Savvas, D. 2007. Particle size and hydraulic properties of pumice affect growth and yield of greenhouse crops in soilless culture. *HortScience*, 42: 1274-1280.
- Gül, A., Öztan, F., Eroğul, D., Yağmur, B. ve Ongun, A.R. 2005. Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for Crisp-Head Lettuce, *Scientia Horticulturae*, 106: 464-471s.
- Gül, A., Eroğul, D., Öztan, F. and Tepecik, M. 2007. Effect of growing media on plant growth and nutrient status of crisp-head lettuce, *ActaHort.*, 729: 367-371pp.
- Gül A., Kıdoğlu F., Tüzel, Y. and Tüzel, I.H. 2008. Effects of nutrition and *Bacillus amyloliquefaciens* on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) growing in perlite, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(3): 422-429.
- Gül, A., Merdin, S., Şahin, M. ve Çimen, B. 2010. Farklı topraksız ortamların baş salata yetiştiriciliğine etkisi, VIII. Sebze Tarımı Sempozyumu, 23-26 Haziran 2010, Van, 138-143ss.
- Gül, A. 2012a. Topraksız tarım. (2. baskı), Hasad Yayıncılık. 140s.
- Gül, A. 2012b. Topraksız tarım, TSE Standard, Ekonomik ve Teknik Dergi, 51, 599: 50-57ss.
- Günay, A. 1972. Sebzeçilik; Özel Sebze Yetiştiriciliği. Ankara, 312.
- Gruda, N.A., Qaryouti, M.M. and Leonardi, C. 2013. Growing media, Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops Principles for Mediterranean Climate Areas, 170-171pp.
- Harland, J., Lane, S., Price, D. and Papadopoulos, A.P. 1999. Further experiences with recycled zeolite as a substrate for the sweet papper crop., *ActaHort.*, No:481, 187-194 p.
- Hartman, H.D., Zengerle, S., 1979. Die Kùltùr der Tomatoes in Folie Scontoinern mit. Lorf. Gemüse 15 (4), 146-150.

- Issa, M., Ouzounidou, G., Malaoupa, H. and Constantinidou, H.I.A. 2001. Seasonal and diurnal photosynthetic responses of two gerbera cultivars to different substrates and heating systems. *Sci. Hort.* 88:215-234.
- Işıldar, A.A. 1999. Toprağa Zeolit İlavesinin Nitrifikasyon Üzerine Etkisi. *Tr. J. Of Agr. and Forest.* 23: 363–368.
- Jones, J.B.Jr. 1983. *A Guide for the Hydroponic and Soilless Culture Grower*. Timber Press, Beaverton Oregon. pp. 124.
- Jones, J.B.Jr., Wolf, B. and Milis, H.A. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro Macro Publishing, Inc.
- Junrungreang, S. 2002. Effect of Zeolite and Chermical Fertilizer on the Change of Phycical and Chemical Properties on Lat Ya Soil Series for Sugar Cane. Soil and Water Conservation Division, Lan Development, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.
- Kacar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. Bitki Analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:453, Ankara.
- Kacar, B. ve İnal, A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın No 1241.
- Karaçalı, İ. 2012. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlaması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, 486 s.
- Kaur, C. and Kapoor, H.C. 2002. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology* (37): 153-161.
- Kavoosi, M. 2007. Effects of zeolite application on rice yield, nitrogen recovery, and nitrogen use efficiency. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 38:69Y76.
- Kazaz, S., Yılmaz, S. and Aşkın, M.A. 2010. Effects of zeolite-peat mixtures on yield and some quality parameters of carnation grown in soilless culture, *ActaHort.*, 883: 419-414pp.
- Khan, A.Z., Khan, H., Khan, R., Nigar, S., Saeed, B., Gül, H., Amanullah, W.S., Muhammad, A., Ayub, M., Matsue, N. and Henmi, T. 2011. Morphology and yield of soybean grown on allophanic soil as influenced by synthetic zeolite application, *Pakistan Journal of Botany*, 43(4): 2099-2107 pp.
- Kılıç, P. 2014. Topraksız Domates Yetiştiriciliğinde Kullanılan Farklı Ortamların Verim, Kalite ve Bitki Besin Elementi Tüketimi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye.
- Kocakuşak, S., Savaşçı, Ö.T. ve Ayok, T. 2001. Doğal Zeolitler ve Uygulama Alanları. Tübitak Proje No: 5015202. Rapor No: KM 362. PK. 21 41470 Gebze/Kocaeli. P. 363-366.
- Köksaldı, V. 1999. Gördes ve Yeni kent Zeolitlerinin Temel Tarımsal Özellikleri ve Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Kullanım Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, A. Ü. Fen Bil. Ens. Ziraat Fakültesi, Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Köse, C. 2006. Doğu Anadolu Bölgesi pomzalarının bazı fiziksel özellikleri ve su tutma kapasiteleri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Erzurum.

- Kurama, H., Ataşlar, E., Potoğlu, I., Savaroğlu, F. ve Tokur, S. 1999. Zeolit'in *Triticum sativum* ve *Cucumis sativus*'un Çimlenme, Bitki Büyüme ve Gelişmesi Üzerine Etkileri. *Çev-Kor.* 8: 21.
- Kuşlu, Y., Şahin, Ü., Anapalı, Ö. ve Şahin, S. 2005. Türkiye'nin farklı yörelerindeki pomzaların havalanma porozitesi ve su tutma kapasitesi açısından tarımda kullanılabilirlik olanakları. *Türkiye Pomza Sempozyumu*, 301-306. 15-17 Eylül 2005, Isparta.
- Kütük, A.C., Yüksel, M., Sözüdoğru, S., Öner, F. ve Kayabalı, I. 1996. Gördes zeoliti (klinoptilolit) tüflerinin mineralojisi ve bitki yetiştirme ortamında kullanımı. *Jeoloji Mühendisliği, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayını. Sayı: 48 s.32-39.*
- Lakkireddy, K.K.R., Kasturi, K. and Sambasiva Rao, K.R.S. 2012. Role hydroponics and aeroponics in soilless culture in commercial food production, *Journal of Agricultural Sciences and Technology*, 1(1), 26-35.
- Leque, A. 1981. Retention of Lonsby Volcanic Sand Uses in Hydroponic Cultures.
- Loboda, B.P. 1999. Agroecological assessment of using substrates from zeolite-containing rocks in greenhouse grown sweet peppers, *Agrokhimiya*, 0(2): 67-72pp.
- Manolov, I., Antonov, D., Stoilov, G., Tsareva, I. and Baev, M. 2005. Jordanian zeolitic tuff as a raw material for the preparation of substrates used for plant growth. *Journal of Central European Agriculture* 6 (4): 485–494.
- Martyr, R.F. 1981. New developments in the uses of graded horticultural perlite, *Acta Horticulturae* No: 126, 143-146.
- Markovic, V., Djurovka, M., Ilin, Z. 1997. The effect of seedling quality on tomato yield, plant and fruit characteristics, *Acta Horticulture*, Volume I.
- Marquard, R.D. and Tipton, J.L. 1987. Relationship between extractable chlorophyll and an in situ method to estimate leaf greenness. *Hort. Sci.* 22(6): 1327.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27, 1254-1255.
- Mishra, M. and Jain, S.K. 2011, Properties and applications of zeolites, *Proc. of the National Academy of Sci. India*, 81(3): 250-259pp.
- Mumpton, F.A. 1999. La rocamagica: Uses of natural Zeolite in agriculture and industry. *Proceeding of the National Academy*, 96: 3463-3470.
- Munsuz, N., Ataman, Y. ve Ünver, I. 1982. Tarımda Yetistirme Ortamları ve Perlit Etibank Yayın No: 798, Ankara
- Nurzynski, J. 2005. Effect of different fertilization levels on yielding of greenhouse tomato grown on sand, peat or rockwool growth media. *Veget. Crops Res. Bull.*, 63, 101–107.
- Olympos, C.M. 1999. Overview of soilless culture; advantages, constraints, and perspectives, In: Choukr-Allah R. (ed), *Protected cultivation in the Mediterranean region, CIHEAM/IAV Hassan II*, 307-324.

- Örs, S. 2004. Perlit ve toprak karışımlarının bazı fiziksel özellikleri ve bu karışımların çilekte vejetatif gelişme üzerine olan etkileri Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Öz, S. ve Kırveli, A. 2002. Doğal zeolitlerin tarımda kullanımı, Enli Madencilik Ar-Ge Yayını.
- Özgümüş, A. 1997. Türkiye'nin Değişik Yörelerinde Yer Alan Pomzaların Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Uludağ Üniversitesi Proje No:97/09.
- Özkan, Ş. 2014. Topraksız Tarım Üretimi. Yüksek Lisans Tezi. Giresun Üniversitesi, Türkiye.
- Öztan, F. 2002. Substrat Kültürü ile Hıyar Yetiştiriciliğinde Organik Gübre Kullanım Olanakları. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 155s, İzmir.
- Papadopoulos, A.P., Asher, B., Silber, A., Saha, U.K. and Raviv, M. 2008. İnorganic and synthetic organic components of soilless culture and potting mixes, *Soilless Culture Theory and Practice*, 514-516pp.
- Peoples, M.B. and Freney, J.R. 1995. Minimizing Gaseous Losses of Nitrogen. In:P.E. Bacan (eds). *Nitrogen Fertilization in the Environment*. Marcel Dekker, Inc. New York, p. 565-602.
- Pisarovic, A., Filipan, T. and Tisma, S. 2003. Application of zeolite based special substrates in agriculture - ecological and economical justification, *Periodicum Biologorum*, 105(3): 287-293pp.
- Polat, E., Demir, H. ve Onus, A.N. 2005. Farklı Zeolit Düzeylerinin Marul (*Lactucasativa* var. *longifolia*) Yetiştiriciliğinde Verim ve Kalite Üzerine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1): 95-99.
- Polat, M. 2005. Ankara (Ayas) Koşullarında Organik Çilek Yetiştiriciliği Olanaklarının Araştırılması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 115s.
- Ramesh, K., Reddy, D.D., Baiswas, A.K. and Rao, A.S. 2011. Zeolites and their potential uses in agriculture, *Advances In Agronomy*, 113: 215-236pp.
- Resh, H.M. 2013. Hydroponic food production, *CRC press*, ISBN: 978-1-4398-7869-9 (e-book version), 513p.
- Rivero-Gonzales, L.A. and Rodriquez, F. 1988. Cuban Experience with the Use of Natural Zeolite Substrates in Soilless Culture. V: 64, p. 797-800.
- Rosales, M.A., Ruiz, J.M., Hernandez, J., Soriano, T., Castilla, N. and Romero, L. 2006. Antioxidant content ascorbate metabolism in cherry tomato exocarp in relation to temperature and solar radiation. *J Sci Food Agric* 86: 1545-1551.
- Rosales, M.A., Cervilla, L.M., Rios, J.J., Blasco, B., Sanchez-Rodriguez, E. and Romero, L. 2009. Environmental conditions affect pectin solubilization in cherry tomato fruits grown in two experimental Mediterranean greenhouses. *Environ Exp Bot* 67: 320-327.

- Saltveit, M.E. 2005. Fruit ripening and fruit quality. In: Tomatoes (Ed. E. Heuvelink). CABI Pub., pp. 145-170.
- Savvas, D. 2003. Hydroponics: A modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse, Food, Agriculture & Environment, 1(1): 80-86 pp.
- Savvas, D., Samantouros, K., Paralemos, D., Vlachakos, G., Stamnatakis, M. and Vassilatos, C. 2004. Yield and nutrient status in the root environment of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) grown on chemically active and inactive inorganic substrates, *Acta Hort.*, 644: 377-383pp.
- Savvas, D., Gianquinto, G., Tuzel, Y. and Gruda, N. 2013. Soilless culture, Good agriculture practices for greenhouse vegetable crops, Principles for Mediterranean climate areas, *FAO press*, ISBN: 978-92-5-107649-1, 303-345.
- Schachtschabel, P., Blume, H., Brümmer, G., Hartge, K.H. ve Schwertmann, U. 1995. Toprak Bilimi. (Z.Kaya, M.Gök, H.Kaplan çev.), *Çukurova Üniversitesi yayınları*, No:73, 816s
- Sevgican, A. 1999. Örtü altı sebzeciliği (Topraksız tarım), Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:526, Bornova-İzmir.
- Sevgican, A. 2002. Örtü altı Sebzeciliği (Topraksız Tarım), Cilt II, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Bornova, İzmir.
- Sevgican, A. 2003. Örtü altı Sebzeciliği (Topraksız Tarım) Genişletilmiş 2. Basım Cilt II, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 526, Ege Üniv. Basımevi, Bornova-İzmir.
- Shaaban, S.M. 1999. Physical and chemical characteristics of some artificial substrates used as growing media in relation to plant growth. M.Sc. Thesis, Faculty of Agric., Moshtohor, Zagazig Univ. (Benha Branch), Egypt.
- Şeker, C. and Gümüş, İ. 2010. Effects of Zeolite Application on Ammonia Nitrogen Loses from an Alkaline Reaction. Soil International Soil Science Congress on “Management of Natural Resorces to Sustain Soil Healt hand Quality”, 26-28 May 2010 Samsun- Turkey.
- Tehranifar, A., Poostchi, M., Arooei H. and Nematti, H. 2007. Effects of seven substrates on quantitative characteristics of three strawberry cultivars under soilless culture. *ISHS Acta Horticulturae*, 761: 485–488.
- Torres, C.A., Andrews, P.K. and Davies, N.M. 2006. Physiological and biochemical responses of fruit exocarp of tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.) mutants to natural photo-oxidative conditions. *J Exp Bot* 57: 1933-1947.
- Trinchera, A., Rivera, C.M., Rinaldi, S., Salerno, A., Rea, E. and Sequi, P. 2010. Granular size effect of clinoptilolite on maize seedlings growth. *The Open Agriculture Journal*. 4: 23–30.
- Turhan, E. 1996. Bir Topraksız Tarım Şekli Olan Saksı Kültüründe Farklı Yetiştirme Ortamlarının Sera Marul Yetiştiriciliğinde Verime Etkisi Üzerine Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Türkiye.

- Turhan, E. and Atilla, E. 2004. Effect of chloride application and different growth media on Ionic composition in strawberry plant. J. Plant Nut. 27: 1653-1665.
- Tüzel, İ.H. and Meriç, M.K. 2001. Evapotranspiration of tomato plants grown in different soilless culture systems, *ActaHort.*, 559: 555-562 pp.
- Ünlü, H., Ertok, R. ve Padem, H. 2004. Domates fidesi üretim harcında zeolit kullanım olanakları. V. Sebze Tarımı Sempozyumu, 21-24 Eylül 2004, Çanakkale, 318-320 ss.
- Varış, S. 1998. Sera sebzelerinin perlit doldurulmuş torbalarda topraksız yetiştirilmeleri. T.Ü. Ziraat Fakültesi Tekirdağ, Yayınları, 128 (10):15.
- Verdonck, O. 1984. New Developments in the Use of Graded Perlite in Horticultural Substrates. *Acta Hort*, 150: 575- 581.
- Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman, İ. 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü. Bornova İzmir.
- Weber, M.A., Barbarickand, K.A. and Westfall, D.G. 1983. Ammonium Adsorption by a Zeolite in Statinc and a Dynamic System. S. Environ Qual. 12:549-555.
- Williams, S. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytic Chemist. Published by the Association of Official Analytical Chemist. Inc. Wircini, 22.209, USA, 140pp-59-60.
- Yılmaz, E., Özen, N. and Özen M.Ö. 2017. Determination of Changes in Yield and Quality Tomato Seedlings (*Solanum lycopersicon* cv. Sedef F1) in Different Soilless Growing Media. *Mediterranean Agriculturel Sciences*, 30 (2): 163-168.

ÖZGEÇMİŞ

PINAR KALKAN

bodurpnar@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2016-2019	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD, Antalya
Lisans 2012-2016	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Laboratuvar Sorumlusu 2018 – Devam Ediyor	Yüksel Tohum A.Ş.
--	-------------------