

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevda KAÇMAZ

**SU KÜLTÜRÜNDE İSPANAK YETİSTİRİCİLİĞİNDE MİNERAL
GÜBRE KULLANIMININ BİYO-GÜBRELERLE AZALTILMASI**

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

ADANA-2021

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SU KÜLTÜRÜNDE İSPANAK YETİSTİRİCİLİĞİNDE MİNERAL GÜBRE KULLANIMININ BİYO-GÜBRELERLE AZALTIILMASI

Sevda KAÇMAZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN
Yıl: 2021. Sayfa: 67
Jüri :Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN
:Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN
:Dr. Öğr. Üyesi Bekir Bülent ARPACI

Bu tez çalışmasında serada su kültürü tekniği ile ıspanak yetiştiriciliğinde mineral gübre miktarı %50 azaltılarak yerine biyo-gübreler eklenmiştir. Mineral gübrenin %50 azaltılıp mikoriza, bakteri ve mikroalg biyo-gübreleri ilavesinin %50 kontrol uygulamasına göre sırası ile %11.0, %5.6, %7.0 oranında verimi arttırdığı belirlenmiştir. Biyo-gübreler ıspanakta toplam yaprak alanı ve yaprak sayısını arttırmıştır. Yaprak sayısı ve yaprak alanı üzerine mikroalg uygulamasının etkili olduğu saptanmıştır. Biyo-gübre ilavesi toplam flavonoid içeriğini değiştirmemiş, C vitamini içeriğini arttırmıştır. Mikoriza ilavesi fenol içeriğini %0.7 oranında arttırmış, mikroalg ilavesi %11.3, bakteri ilavesi ise %9.4 oranında azaltmıştır. Azaltılmış mineral element içeren besin solüsyonuna biyo-gübre ilave edilen çözeltilerle beslenen ıspanak yapraklarında nitrat miktarı %100 kontrol uygulamasına göre azalmıştır. Yapraklarda en az nitrat miktarı 206 mg/kg ile %50 azaltılmış mineral gübre+bakteri uygulamasında kaydedilmiştir. Biyo-gübre uygulamalarının ıspanakta makro ve mikro besin elementi alımını arttırdığı belirlenmiştir. Toprakta yetiştirilen ıspanak bitkisine göre daha temiz ve hijyen yapraklar elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Topraksız yetiştiricilik, biyo-gübre, mineral gübre, *Spinacia oleracea*

ABSTRACT

MSc THESIS

REDUCTION OF MINERAL FERTILIZER BY BIO-FERTILIZER IN HYDROPONIC SPINACH GROWING

Sevda KACMAZ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF HORTICULTURE

Supervisor : Prof. Dr. H. Yıldız DASGAN
Year: 2021, Pages: 67
Jury : Prof. Dr. H. Yıldız DASGAN
: Prof. Dr. Şebnem KUSVURAN
:Asst Prof. Dr. Bekir Bülent ARPACI

In the study, the amount of mineral fertilizer was reduced by 50% in the cultivation of spinach with the hydroponic technique in the greenhouse and mycorrhiza, bacteria and micro algae bio-fertilizer were added instead. It was determined that the 50% reduction of mineral fertilizer and the addition of mycorrhiza, bacteria and algae biofertilizer increased the yield by 11.0%, 5.6% and 7.0%, respectively, compared to the 50% control application. Biofertilizers increased the total leaf area and number of leaves in spinach. It was determined that micro algae application was effective on the number of leaves and leaf area. The addition of mycorrhiza increased the phenol content by 0.7%, the addition of micro algae and bacteria decreased it by 11.3% and 9.4%, respectively. The biofertilizers did not change the total flavonoid content, but increased the vitamin C content. The amount of nitrate in spinach leaves fed with solutions with biofertilizer reduced compared to the 100% control application. The lowest nitrate amount in the leaves was recorded at 206 mg/kg with 50% reduced mineral fertilizers + bacteria application. It has been determined that bio-fertilizer applications increased the macro and micro nutrient content in spinach. Clean and hygienic spinach leaves were obtained compared to the spinach plant grown in the soil.

Keywords: Soilless culture, bio-fertilizer, mineral fertilizer, *Spinacia oleracea*



GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bu tez çalışmasında su kültürü tekniği ile ıspanak yetiştiriciliğinde besin çözeltilisindeki mineral gübre miktarları, %50 azaltılmıştır. Azaltılan mineral gübreler yerine mikoriza, bakteri ve mikro alg biyo-gübreleri ilave edilerek bitkilerin beslenmesi, verimlilik ile ürün kalitesi incelenmiştir.

Deneme cam serada 2020 sonbahar-kış döneminde derin durgun su kültürü tekniği ile gerçekleştirilmiştir. %100 mineral gübre uygulaması kontrol olarak kullanılmıştır. Tüm gübreler %50 oranında azaltılarak yerine mikoriza, bakteri ve mikro alg takviye edilmiştir. Bitki materyali olarak Ranchero F₁ hibrit ıspanak çeşidi kullanılmıştır. Ispanak yaprakları biçilerek toplamda dört kez hasat edilmiştir.

Besin solüsyonunda %50 mineral gübre ve biyo-gübre bulundurulduğu durumda, ıspanak yaprak verim değerleri, %50 mineral gübre uygulamasına göre mikoriza, bakteri ve mikroalg biyo-gübrelerinde sırası ile %11, %5.6, ve %7 oranında verim artışı sağlamıştır.

Azalan mineral gübrede, ıspanak bitkisinde toplam yaprak sayısı mikro alg, mikoriza, bakteri uygulamalarında sırası ile %10.6, %7.02, %6.5 oranında artmıştır. Yaprak alanında mikoriza, mikro alg, bakteri sırası ile %10.9, %7.8 ve %5.3 artış sağlamıştır.

Sonuç olarak, ıspanak sebzesi su kültüründe yetiştirilirken mineral gübreleri %50 oranında azaltarak bitki beslemenin mikoriza, mikro alg ve bakteri biyo-gübreleri ile desteklenmesi önerilebilir, bulunmuştur. Biyo-gübreler ile %50 mineral gübreye göre verim artışı sağlanmıştır. Her üç biyo-gübrede de yaprakların vitamin C içeriği artmıştır. Mikoriza kullanımı sayesinde fenol içeriği artmış ve bakteri kullanımı ile nitrat azalmıştır. Bitki beslenme bakımından biyo-gübrelerin makro ve mikro besin elementleri alımında olumlu arttırıcı etkileri gözlenmiş yaprakların besin maddesi içerikleri artmıştır. Ayrıca toprakta yetiştirilen ıspanak bitkisine göre daha temiz, körpe ve gevrek yapraklar elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimime başladığım ilk günden bugüne kadar bilgisini,ilgisini ve yardımını benden esirgemeyen her konuda destek ve yardımcı olan değerli ve kıymetli danışman hocam sayın Prof.Dr.Hayriye Yıldız DAŞGAN'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim. Tezimi okuyarak düzelten son şeklini veren Dr. Öğr. Üyesi Bekir Bülent ARPACI hocama emeğinden dolayı çok teşekkür ederim. Jüri üyesi Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN hocama katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Denemem boyunca yardımını ve bilgisini benden esirgemeyen Arş. Gör. Boran İKİZ'e teşekkür ederim.Çalışmam boyunca her konuda yardım ve desteklerini esirgemeyen Bahçe Bitkileri Bölümü lisansüstü öğrencileri ve arkadaşlarım Zir. Yük. Müh. Abdullah ALDİYAB'a,Zir Yük. Müh. Gözde SABANCIOĞULLARINDAN,Arş.Gör.Mehmet ALTIN'a,Zir. Yük. Müh. Elife CEYLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Biriminin katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Anabilim Dalı Başkanımız Sayın Prof. Dr. Sevgi PAYDAŞ KARGI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bugüne kadar maddi ve manevi konusunda beni yalnız bırakmayan her daim yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	IV
TEŞEKKÜR.....	IV
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Topraksız Tarım	1
1.2. Biyo Gübreler	3
1.2.1. Biyo-gübre Bakteriler	3
1.2.2. Biyo-gübre Mikoriza Mantarları	4
1.2.3. Biyo-gübre Algler.....	5
1.3. Ispanak Yetiştiriciliği	5
1.3.1. Botanik Özellikleri	5
1.3.2. Hasat	7
1.3.3. Dünya’da ve Türkiye’de Ispanak Üretimi	8
1.3.4. Beslenmedeki Önemi.....	9
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Bitkisel Materyal	15
3.2. Biyo-gübre Materyalleri	15
3.2.1. Mikroalg Biyo-gübresi	15
3.2.2. Bakteri Biyo-gübresi.....	16
3.2.3. Mikoriza Biyo-gübresi.....	16
3.3. Denemede Gerçekleştirilen Uygulamalar.....	16

3.4. Yöntem	17
3.5. Bitki Besleme	21
3.6. Hasat	24
3.7. Denemede Yapılan Ölçüm ve Analizler	26
3.7.1. Bitki Boyu (cm)	26
3.7.2. Yaprak Sayısı (adet / bitki)	26
3.7.3. Yaprak Alanı (cm ² / bitki)	26
3.7.4. Bitki/Yaprak Taze Ağırlığı (g/bitki)	27
3.7.5. Bitki/Yaprak Kuru Ağırlıkları (g/bitki)	28
3.7.6. Bitki Çevresi (cm)	28
3.7.7. Kuru Madde Üretimi (%)	28
3.7.8. Nitrat Miktarı (ppm)	28
3.7.9. C vitamini (L-Askorbik Asit) içeriği (mg/100g (mg/100g))	28
3.7.10. Klorofil miktarı tahmini için SPAD metre okumaları	29
3.7.11. Toplam Fenolik Madde Tayini	29
3.7.12. Toplam Flavonoid Tayini	30
3.7.13. Ispanak Yapraklarında EC ve pH Ölçülmesi	30
3.7.14. Yaprakta Besin Elementi Analizleri	30
3.7.15. Verilerin Değerlendirilmesi	32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
4.1. Bitki Büyüme Parametreleri Üzerine Biyo-gübrelerin Etkileri	33
4.1.1. Yaprak Alanı	33
4.1.2. Yaprak Sayısı	34
4.1.3. Taze Yaprak Ağırlığı	36
4.1.4. Kuru Madde Oranı	37
4.1.5. Yaprak Rengi	38
4.1.6. Kök Uzunluğu	39
4.1.7. Kök Taze ve Kök Kuru Ağırlığı	40

4.2. Yaprak Kalite Özellikleri ve İnsan Sağlığı Bakımından Besin Öğeleri	
İçerikleri	44
4.2.1. Suda Çözülebilir Kuru Madde (SÇKM)	44
4.2.2. pH	44
4.2.3. Toplam Mineral İçeriği (EC)	44
4.2.4. Titre Edilebilir Asit Miktarı	44
4.2.5. Ispanak Bitkisinin Fenol ve Flavonoid İçerikleri	45
4.2.6. C Vitamin İçeriği	46
4.2.7. Nitrat Konsantrasyonu	48
4.2.8. Ispanak Yapraklarında Makro Element Konsantrasyonları	49
4.2.8.1. Yaprak Azot (N) Konsantrasyonu	49
4.2.8.2. Yaprak Potasyum(K) Konsantrasyonu	50
4.2.8.3. Yaprak Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonu	51
4.2.8.4. Yaprak Magnezyum(Mg) Konsantrasyonu	52
4.2.8.5. Yaprak Fosfor(P) Konsantrasyonu	52
4.2.9. Yaprak Mikro Element Konsantrasyonları	53
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Dünya ıspanak üretimi (FAOSTAT 2019).....	8
Çizelge 1.2. Çiğ ıspanağın 100 g/yaş ağırlıkta bulunan besin değerleri	9
Çizelge 3.1. Mikrobiyal gübre Rhizofill'in içeriğindeki bakteri türleri ve konsantrasyonları.....	16
Çizelge 3.2. Denemede yer alan uygulamalar.....	17
Çizelge 3.2. Denemede kullanılmış olan gübrelerin isimleri ve besleme sisteminde stok çözeltilerde ye ralma şekilleri.....	22
Çizelge 3.4. Denemede %100 mineral besleme kontrol uygulamasında kullanılan besin maddeleri konsantrasyonları.....	23
Çizelge 4.1. Azaltılmış mineral gübreye eklenen biyo-gübrelerin ıspanak bitkisinin yaprakalanıüzlerineetkileri(cm^2/bitki).....	33
Çizelge 4.2. Azaltılmış mineral gübreye eklenen biyo-gübrelerin ıspanak bitkisinin yaprak sayısı üzerine etkileri (cm^2/bitki) ve % 50 kontrole göre değişimi.....	35
Çizelge 4.3. Azalan mineral besin maddeleri ve biyo-gübre ilave uygulamalarının ıspanak bitkisinin yaprak taze ağırlığı üzerine etkileri (g/bitki).....	36
Çizelge 4.4. Azaltılan mineral besin maddeleri ve biyo-gübre ilave uygulamalarının ıspanak yaprağında kuru madde oranı üzerine etkisi (%).....	37
Çizelge 4.5. Azaltılan mineral besin maddelerine biyo-gübre ilave uygulamalarının ıspanakta yaprak renk özellikleri üzerine etkileri.....	38
Çizelge 4.6. Azaltılan mineral besin maddelerine biyo-gübre ilave uygulamalarının ıspanakta kök boyu üzerine etkileri (cm).....	40
Çizelge 4.7. Biyo-gübrelerin ıspanak bitkisinde kök taze ağırlığı ve kök kuru ağırlığı üzerine etkileri(g/bitki).....	41
Çizelge 4.8. Azaltılmış mineral gübreleme koşullarındabiyo-gübrelerin ıspanak verimiüzlerineetkileri(g/m^2).....	42
Çizelge 4.9. Su kültüründe yetiştirilen ıspanak bitkisinin bazı kalite özellikleri üzerine biyogübrelerin etkileri.....	45

<u>Çizelge 4.10. Azaltılmış mineral gübre koşullarında su kültüründe yetiştirilen ıspanak bitkisinin fenol ve flavanoid içeriği üzerine biyo-gübrelerin etkileri.....</u>	<u>46</u>
<u>Çizelge 4.11. Su kültürü tekniği ile yetiştirilen ıspanak yapraklarının vitamin C içeriği üzerine biyogübrelerin etkileri.....</u>	<u>47</u>
<u>Çizelge4.12. Biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarında nitrat içeriğiüzerineetkileri(mg/kgTA).....</u>	<u>48</u>
<u>Çizelge4.13. Azaltılmış mineral gübre koşullarında biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarının azot(N) konsantrasyonuüzerine etkileri (%).....</u>	<u>50</u>
<u>Çizelge 4.14. Azaltılmış mineral gübre koşullarında biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarının potasyum (K) konsantrasyonu üzerine etkileri (%).....</u>	<u>51</u>
<u>Çizelge 4.15. Azaltılmış mineral gübre koşullarında biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarının kalsiyum (Ca) konsantrasyonu üzerine etkileri (%).....</u>	<u>51</u>
<u>Çizelge 4.16. Azaltılmış mineral gübre koşullarında biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarının magnezyum (Mg) konsantrasyonu üzerine etkileri (%).....</u>	<u>52</u>
<u>Çizelge 4.17. Azaltılmış mineral gübre koşullarında biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarının fosfor (P) konsantrasyonu üzerine etkileri (%).....</u>	<u>53</u>
<u>Çizelge 4.18. . Azaltılmış mineral gübre koşullarında biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarının bakır (Cu), mangan (Mn), demir (Fe) ve çinko (Zn) konsantrasyonları üzerine etkileri (ppm).....</u>	<u>55</u>

ŞEKİLLER DİZİNİSAYFA

Şekil 3.1.	Mini kayayünü bloklarına ekilen ıspanak tohumlarının çıkışından görüntüler.....	18
Şekil 3.2.	Durgun su kültüründe ıspanak yetiştirilen küvetlerin görüntüsü.....	18
Şekil 3.3.	Su kültüründe 45 günlük ıspanak bitkilerinden %100 Besin ve %50 Besin uygulamalarından görüntüler	19
Şekil 3.4.	Su kültüründe yetiştirilen 45 günlük ıspanak bitkilerinin %50 mineral gübre+mikroalg, %50 mineral gübre+mikoriza, %50 mineral gübre+bakteri uygulamalarından görüntüler	20
Şekil 3.5.	Hasat aşamasına gelmiş ıspanaklar ile denemeden genel görüntüler	21
Şekil 3.6.	İspanak bitkisinin köklerine oksijen vermek amacıyla besin çözeltisi periyodik olarak havalandırılmıştır	24
Şekil 3.7.	İspanak yapraklarının biçilerek hasat edilmesi.....	25
Şekil 3.8.	İspanak bitkilerinde hasat görüntüsü (23.01.2020)	25
Şekil 3.9.	Yaprak alan ölçer cihazı ile yaprak alanı ölçülmesi	27
Şekil 3.10.	Hasat edilen ıspanak bitkilerinin yaprak tartımından bir görüntü	27
Şekil 3.11.	İspanak yapraklarında SPAD klorofil metre cihazı ile ölçüm yapılması	29
Şekil 3.12.	İspanak yapraklarında pH ve EC ölçümünden görüntü.....	30
Şekil 3.13.	İspanak yapraklarında besin elementi miktarlarını belirlemek için yapılan işlemlerden görünüm.	31
Şekil 3.14.	İspanak yapraklarında azot analizlerinde yaş yakma ve destilasyon işlemlerinden görüntüler.....	32



SİMGELER VE KISALTMALAR

Ç.Ü	: Çukurova Üniversitesi
mm.	: Milimetre
cm ³	: Santimetreküp
cm	: Santimetre
EC	: Elektirksel İletkenlik
m	: Metre
m ²	: Metrekare
da	: Dekar
kg	: Kilogram
g	: Gram
S.Ç.K.M	: Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı
%	: Yüzde
K	: Potasyum
N	: Azot
P	: Fosfor
Ca	: Kalsiyum
°C	: Santigrat Derece
Mg:	: Magnezyum
Fe	: Demir
Zn	: Çinko
Mn	: Mangan
Cu	: Bakır
B	: Besin
Se	: Selenyum
LED	: Light Emitting Diode



1. GİRİŞ

Örtüaltı yetiştiriciliği, iklim koşullarının bir kısmının veya tamamının kontrol edildiği bir yetiştiricilik şeklidir. İklim kontrolü sayesinde sebze ve meyvelerin normal mevsimleri dışında yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır. Türkiye’de toplam 790 bin dekar örtüaltı alanı bulunmaktadır (TÜİK, 2019). Örtüaltı alanının 75 bin dekarı cam sera, 379 bin dekarı plastik sera, 429 bin dekarı yüksek tünel ve 224 bin dekarı ise alçak tüneldir. Örtüaltı alanı bakımında ülkemiz dünyada ilk 4 arasındadır. Avrupa’da İspanya’dan sonra ikinci sırada gelmektedir. Türkiye toplam sebze üretimi 31 milyon ton’dur ve bunun içerisinde örtüaltı sebze üretimi 7.814.543 ton olarak yer almaktadır (TÜİK, 2019).

Yüksek ve kalıcı yapılar, içerisinde iklimlendirmeye olanak tanıyan seralarda %96 oranında sebze yetiştirilmektedir. Ülkemizde serada sebze yetiştiriciliği çoğunlukla topraktayapılmakla birlikte, son 15-20 sene içerisinde topraksız yetiştiriciliğin artan bir ivmeyle seralarda yaygınlaştığı görülmektedir. 2019 yılı verilerine göre 13 360 da alanda topraksız yetiştiricilik yapılmaktadır. Bu alanın %92’si sebze ve %8’i ise süs bitkileridir. Topraksız yetiştiricilik, toplam sera alanının oldukça sınırlı bir bölümünde olmakla birlikte yıllık artış oranı yüksek seyretmektedir. Özellikle 10 da ve üzerinde büyük alana sahip modern sera işletmelerinde topraksız yetiştiricilik yaygınlaşmaktadır. Topraksız yetiştiricilik yapılan seraların ortalama büyüklükleri 27 da civarındadır.

1.1. Topraksız Tarım

Topraksız tarımın başlangıcı 17. yy dayanmaktadır. Ticari topraksız tarım yetiştiriciliği ilk olarak Kalifornia Üniversitesi’nde geliştirildiği bilinmektedir, ticari anlamda topraksız yetiştiricilik 1960-1970’li yılları arasında gelişmeye devam etmiştir. Topraksız yetiştiricilik çoğunlukla seralarda kullanılan bir teknik olmakla birlikte, ancak son zamanlarda açıkta da görülmektedir. Topraksız tarım, bitkilerin durgun veya akan besin çözeltisi içerisinde, köklere besin çözeltisi püskürtülmesi

ile ya da besin çözeltisi ile sulanarak katı ortamlarda yetiştirilmesi tekniğidir. Topraksız tarım su kültürü (hidroponik) ve ortam kültürü (substrat kültürü) olmak üzere iki ana kola ayrılmaktadır. Su kültürü yetiştiriciliğinde bitkiler besin çözeltisi içinde yetiştirilirken (Winsor ve Schwarz, 1990; Resh, 1991 Burrage, 1999); ortam kültüründe bitki kökleri organik, inorganik veya sentetik ortamlar içinde yetiştirilmektedir (Schwarz, 1995; Sevgican, 1999).

Topraksız tarımın tercih edilme sebepleri arasında; toprak işleme, dikim yeri hazırlama, çapa, yabancı ot mücadelesi gibi işlemlerin olmaması, işçilik maliyetinin azalması, seralarda toprak yorgunluğu, ekim nöbeti, toprak kökenli hastalık, zararlı sorunlarını minimuma indirmesi, tuzluluk, pH, toprak sıcaklığı gibi sorunları ortadan kaldırmasıdır. Geri dönüşümlü kapalı sistemlerde bitki besleme kontrolü için teknik bilgi ve tecrübeye sahip personel ihtiyacı, hastalık riskinin kapalı sistemlerde yüksek olması ve sürekli enerji ihtiyacı topraksız yetiştiriciliğin dezavantajları arasında sayılabilir.

Topraksız tarımda katı yetiştiricilik ortamları; organik ve inorganik olmak üzere ikiye ayrılır. Organik substratlar; torf, hindistan cevizi lifi, saman, çeltik kavuzu, üzüm küspesi vb olabilir. İnorganik substratlar ise işlenmiş ve doğal olarak ikiye ayrılır. Doğal olanlar; kum, çakıl, volkanik tüf, işlenmiş olanlar; perlit, vermikulit, kayayünü, ve genleştirilmiş kildir.

Topraksız yetiştiricilik sistemlerinin bütününde bitkileri beslemek için makro ve mikro besin maddelerini içeren mineral gübreler kullanılmaktadır. Bu gübreler ile hazırlanan besin çözeltisi içerisinde bitkiler yetiştirilmekte veya her sulamada besin çözeltisi kullanılmaktadır. Topraksız yetiştiricilik ortamlarında özelliği gereği hiç bir mikroorganizma bulunmamaktadır. Hatta steril ortamlardır. Ancak, son zamanlarda topraksız yetiştiricilik ortamlarına faydalı mikroorganizmaların eklenmesi ve bunların davranışları, bitki beslemeye olan katkıları araştırmacıların ilgisini çekmektedir.

1.2.Biyo-Gübreler

Mineral gübrelemenin maliyetinin yüksek olması yanında çevreye olan olumsuz etkileri, sentetik gübrelere karşı biyolojik alternatif olanakların aranmasına ve biyo-gübrelerin geliştirilmesine neden olmuştur (Çakmakçı ve ark., 1999). Biyo-gübre veya mikrobiyal gübre olarak isimlendirilen canlı yeni nesil gübreler son yıllarda bitki beslemede popüler olmuştur. Bu gübreler içerisinde bakteriler, mikoriza mantarları, mikro veya makro algler, vermikompost gibi ürünler sayılabilir.

Bakteri, fungus, protoza gibi birçok mikroskopik canlı rizosferde bulunmaktadır. Bunlar içerisinde en yaygın bulunan canlı grubu bakterilerdir. Rizosferde bulunan bakteriler bitkilerde gelişimi teşvik edebilmekte ve biyo-gübre olarak tarımsal üretimde kullanılmaktadır. Bitki gelişimini sağlayan bakteriler *Artrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, , *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* *Acetobacter* *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, , *Serratia* ve *Xanthomonas* bu cinslerindendir.

1.2.1.Biyo-gübre Bakteriler

Rizosferde bulunan bazı bakterilerin bitki büyümesini desteklediği gözlemlenmiştir. Bu yararlı bakteriler Kloepper ve ark (1989) tarafından PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) olarak isimlendirilmiştir. PGPR'ler fosforu çözebilmesi, mineral ve su alımını artırması azotu bağlayabilmesi, bitki büyümesini kök gelişimini ve bitkide enzim aktivitesini yükseltmesini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Rizobakterilerin, bitki zararları ve hastalıklarının biyolojik mücadelesi, ağır metallerin detoksifikasyonu, fito hormon ve enzim üreterek bitki büyümesini desteklemesi pestisitlerin parçalanması bitki tarafından besin elementleri ve minerallerin kullanımının teşvik edilmesi, gibi etkileri olduğu belirlenmiştir.

Yararlı bakteriler K ve P mineralizasyonu, N fiksasyonu ile bitki besin maddelerinin kullanılabilirliğini artırmakta ve bitki büyüme düzenleyicileri ile bitki büyümesini teşvik etmektedir (Sinha ve ark., 2014). Faydalı bakteriler tarafından, bitki büyümesini teşvik edici IAA, sitokinin ve gibberellinlerin üretildiği bildirilmiştir (Eşitken ve ark., 2006; Orhan ve ark., 2006).

Pseudomonas, *Bacillus*, *Rhizobium* ve *Burkholderia* cinsine bağlı olan bakteriler ürettikleri organik asitler ile inorganik fosfatı, fosfataz enzimleri yardımıyla organik fosfatı çözünebilir hale getirebildikleri tespit edilmiştir (Nautiyal ve ark., 2000). Bitki kök bölgesinde yaşayan bakteriler, besin elementi alımını destekleyerek antibiyotik ve indol asetik asit gibi maddeleri üreterek bitki gelişimine yardımcı oldukları bildirilmektedir (Yolcu ve ark., 2012).

1.2.2. Biyo-gübre Mikoriza Mantarları

Bazı bitkilerin köklerinde fazlaca bulunan fakat hastalık oluşturmeyen mantarlar gözlemlenmiştir ve bitki kökleri ile ortak yaşayan bu mantarlar “mikoriza” olarak isimlendirilmiştir. Mikorizal fungusları doğada birçok bitki ile beraber yaşamaktadır. Mikorizal funguslar bitkilerin ulaşamadığı besin maddelerini geniş hifleri sayesinde köklere taşımaktadır. Bitki kökleriyle ortak yaşam kuran mikoriza mantarları, ticari önemi olan birçok bitki türünü kolonize edebilmektedir. Bu mantarlar başta fosfor olmak üzere azot dahil bitkiler için gerekli mineralleri salgıladıkları enzimler yoluyla çeşitli rezervlerden çözünür hale getirerek hifleri yoluyla bitkiye taşırlar. Mikorizaların bitkiyi sadece besin maddeleri alımı bakımından değil ayrıca bazı enzim ve hormonları salgılayarak da destekledikleri bilinmektedir (Ortaş ve ark., 1999). Mikorizal funguslar besin ve su alımını artırmaları yanında antibiyotik ve abiyotik streslere karşı bitkilerin dayanıklılıklarını da artırmaktadır (Ortaş ve ark., 1999; Yıldız, 2009).

1.2.3.Biyo-gübre Algler

Algler, fotosentez yoluyla ışığı soğurup inorganik maddeleri organik maddelere dönüştüren ökaryotiksucul canlılardır. Küçük tek hücreli türlerden (mikro alg) çok hücreli yapılara kadar çeşitlilik gösterirler. Tüm alglerin siyanobakterilerden türemiş fotosentez mekanizmaları vardır ve siyanobakteri türevi olmayan fotosentetik bakterilerin tersine fotosentez yan ürünü olarak oksijen üretirler.

Alglerin insan ve hayvan solunumu için gerekli olan global oksijenin %73 ila %87'sini ürettikleri tahmin edilmektedir. Algler genelde nemli yerlerde ya da sulak alanlarda bulunurlar ve karada olduğu kadar akuatik çevrede de yaygındırlar. Vasküler dokuları olmadığından karadaki algler daha ziyade nemli yerlerde ve tropik bölgelerde bulunur. Algler funguslarla simbiyoz halinde kuraklığa ve diğer şartlara dayanıklı olabilmektedir.

Son yıllarda adı sıkça duyulmaya başlayan “*Chlorella*” 2.5 milyar yıl öncesinden bilinen en eski canlılardan ve besin kaynaklarından biridir. *Chlorella* çekirdeği tam oluşmuş en eski tek hücreli organizmadır. *Chlorella* yeşil bir tatlı su mikroalgidir. Koyu yeşil renkte olan *Chlorella*'nın içerdiği çok yüksek orandaki klorofil maddesinden gelmektedir. *Chlorella*'daki klorofil bilinen diğer alg türlerinden 5-10 kat fazladır.

1.3. Ispanak Yetiştiriciliği

1.3.1. Botanik Özellikleri

Ispanak *Chenopodiaceae* familyasının bir türüdür. Pazı, şeker pancarı, kırmızı pancar ile aynı familyadadır. Bitki, sıcaklık ve fotoperiyoda bağımlı olarak sık rozet yapraklar ve çiçek sapları üretir. Ispanak genellikle dioiktir. Bitki dişi ya da erkek çiçeklerden birini üretir (Correll ve ark., 1994). Ispanak kazık köklü bir bitkidir. Kazık kök herhangi bir şekilde zarar görmezse, dallanma meydana gelmeden uzunluğuna büyüyerek normal tarım topraklarında 15-20 cm kadar

derinliğe ulaşır(Deveci ve ark., 2008). Ispanaklarda gövde otsu yapıda rozet şeklindedir, bitki boyu 40-80 cm arasında değişir (Vural ve ark., 2000).

Ispanakların yaprakları yenilen sebzeler arasında yer aldığından bitkinin morfolojik kısımları arasında en önemli organı yapraklardır. Ispanak çeşitlerinde yapraklar renk, şekil, büyüklük, etlilik, kıvrıkcılık, yaprak sapı uzunluğu, yaprak sapının toprakla yaptığı açı bakımından büyük farklılıklar gösterir. Yapraklarda renk farklılığı istenmez ve koyu yeşil renk aranan özelliklerdendir.

Ispanakların rozet şeklinde olan gövdesi vejetatif gelişme sırasında kök boğazı üzerinde oluşur. Bu haliyle dışarıdan belli olmayan otsu yapıdaki bu gövde, bitki generatif faza geçtiğinde belirginleşmeye başlar. Gövdenin bu şekilde küçük kalmasıyla yapraklar aynı noktadan çıkıyormuş gibi görünmektedir. Generatif faza geçiş süresi uzadıkça habitüs büyür ve bitki boyu uzar. Bakım şartlarına, çeşide ve bitkinin erkek veya dişi oluşuna göre gövde gelişmesi büyük farklılıklar gösterir. Erkek bitkilerde gövde daha erken dönemde gelişir ve daha zayıf yapılı olur. Gövde çiçek sapına kalkmadan önce otsu, hafif köşeli ve yuvarlak görünümlüdür. Çiçek sapına kalktığında ise yükseklik 30-100 cm'ye kadar ulaşabilir. Bitki çiçeklenmesini tamamladıktan ve çiçek tozlarını verdikten sonra kurur. Dişi bitkilerde çiçek sapı daha uzun, daha kalın, daha çok dallanmış ve kuvvetlidir. Sürgün ancak tohumlar olgunlaştıktan sonra kurur. Dişi ıspanaklarda bitki boyu 40-80 cm arasında değişmekle birlikte habitüsü her zaman erkek bitkilerden daha büyüktür. Daha çok yaprak oluştururlar ve toplam yaprak ağırlıkları daha fazladır (Demir, 2007).

Ispanak uzun gün bitkisi olup gün uzunluğu 12 saatin üzerine çıktığında çiçeklenme başlar. Bu durumdaki bitkilerde toplu yaprak görünümü kaybolur ve çiçek sapı oluşmaya başlar. Sapa kalkma yaprakların yeme kalitesini bozduğundan bitkinin çiçeklenmesi istenmez. Bitkiler erken dönemde düşük sıcaklıklara maruz kalırsa uzun gün koşullarında erkenden çiçeklenebilmektedir (Demir, 2007). Gün uzunluğu arttıkça generatif faza geçiş hızlanır. 15-20 °C arasındaki sıcaklıklar bitki gelişiminin en iyi olduğu sıcaklıklardır (Vural ve ark., 2000).

Ispanak serin iklim sebzesidir. Bitki 15-20 derece arasında ideal yetişir. Soğuklara genellikle dayanıklı olmakla birlikte çeşit özelliğine bağlı olarak çok düşük sıcaklıklarda üzeri karla kaplı olmadığı durumlarda zarar görürler.

Ispanak bütün topraklarda başarıyla yetiştirilebilir. Toprak seçme özelliği yoktur. Ancak toprağın asidik olması yetiştiriciliği olumsuz etkiler. Başarılı bir ıspanak yetiştiriciliğinin yapılabilmesi için toprak pH'sının 6.5-7.5 arasında olması gerekir. Killi topraklarda verim ve kalite önemli ölçüde artar. Bitki gelişimi daha yavaş ve hasat daha geç olur. Buna karşılık erkencilik amaçlandığında hafif karakterli topraklar tercih edilmelidir (Vural ve ark., 2000).

1.3.2. Hasat

Ispanaktaki hasat zamanını büyük ölçüde pazardaki fiyatlar ve yetiştirme mevsimi belirler. İlk dönemde fiyatların yüksek olduğu durumda 15-18 cm boylan 5-6 yapraklı bitkiler hasat edilebilir. Sonbaharda ekilip kışın ve ilkbaharda hasat edilen bitkilerde hasat 5-6 ay gibi uzun bir süre devam eder.

Buna karşılık ilkbaharda yetiştirilen ıspanaklarda tohum ekiminden sonra en geç 60 gün içinde hasat bitirilmiş olur. Hasat elle ve bıçakla teker teker yapılır. Hasat edilen bitkiler bir havuzda yıkanarak yaşlı ve hastalıklı yapraklardan ayıklanır. Kazık kök, rozet gövdenin 1-2 cm altından kesilerek uzaklaştırılır ve bitkiler demet haline getirilerek ambalajlanır (Deveci ve ark., 2008). Hasattan sonra pazarlanıncaya kadar demetler havadar bir ortamda bulundurulmalıdır. Aksi halde yığın halinde duran ıspanaklar kolayca fermente olur ve pazarlanamaz hale gelir. Ispanaklar kesinlikle hava almayan kaplara konulmamalıdır. Gözenekli küfeler, file çuvallar ve parmaklıklı kasalar ıspanak ambalajlamada sıklıkla kullanılır. Ispanaklarda verim büyük ölçüde yetiştirme mevsimine bağlıdır. Verim yetiştirme ve hasat şekli ile çeşide bağlı olarak dekara 1.5-3 ton arasında değişir. Elle hasat yapılması durumunda kabarcıklı, etli yapraklara sahip, koyu yeşil renkli çeşitler tercih edilir (Vural ve ark., 2000).

Topraksız ıspanak yetiştiriciliği çok yeni bir konudur ve yurt dışında sınırlı bir üretimi söz konusudur. Su kültürlerinde ıspanak yetiştiriciliğinde hasat genellikle “baby leaf” şeklinde ve biçilerek yapılmaktadır. Bir ıspanak bitkisi su kültürü ortamında 4-5 defa hasat edilebilmektedir.

1.3.3. Dünya’da ve Türkiye’de Ispanak Üretimi

Dünya ıspanak üretimi 30.107.231 tondur. Türkiye’de üretilen ıspanak miktarı ise 229.793 tondur (FAOSTAT 2019). Dünyada ve Türkiye’de 2019 yılında ıspanak ekilen alan sırasıyla 930.791 ha ve 18.402 ha olmuştur(FAOSTAT 2019).Ispanak üretiminin artmasında, A ve C vitamini, karotenoidler, flavonoidler, folik asit, kalsiyum ve magnezyum bakımından zengin olması nedeniyle tüketiminin artmasının etkisi önemlidir (Koh ve ark., 2012). Dünyada en çok ıspanak üretimi Çin’de yapılırken, bunu sırasıyla ABD, Türkiye ve Japonya takip etmektedir (Çizelge 1.1.)

Çizelge 1.1.Dünya ıspanak üretimi (FAOSTAT 2019)

Ülkeler	Üretim Miktarı (ton)	Alan(ha)
Çin	27.540.167	723.510
ABD	435.721	26.628
Türkiye	229.793	18.402
Japonya	226.865	19.986
Endonezya	160.306	39.405
Fransa	122.670	5.890
Pakistan	111.215	8.999

1.3.4. Beslenmedeki Önemi

Önemli bir kış sebzesi olan ıspanak, bileşiminde bulunan mineral maddeler ve vitaminler nedeniyle besin değeri oldukça yüksek bir sebzedir. Ispanak özellikle Fe ve A, B₁, B₂, C, K vitaminlerince oldukça zengindir (Kütevin ve Türkeş, 1985).

Çizelge 1.2. Çiğ ıspanağın 100 g/yaş ağırlıkta bulunan besin değerleri

Enerji	97 kJ (23 kcal)
Karbonhidrat	3.6 g
Şeker	0.4 g
Lif	2.2 g
Yağ	0.4 g
Protein	2.2 g
Vitamin A	9400 mg
Folik Asit	194 µg
Vitamin C	28 mg
Vitamin E	2 mg
Vitamin K	483 µg
Kalsiyum	99 mg
Demir	2.7 mg

Ispanak önemli bir lutein kaynağıdır. Lutein'in antioksidatif etkisi olduğundan kanser oluşumunu engelleyebilmektedir (Ötleş ve Atlı, 1997). Lutein'in aynı zamanda yaşa bağlı moleküler dejenerasyon (AMD) ve katarakt risklerini azalttığı belirtilmektedir (Delgado-Vargas ve ark., 2000). Lutein göz sağlığı için önemlidir ve insanların renkli görmesini sağlamaktadır. Lutein, ısıya, ışığa ve kükürt dioksite karşı dayanıklı bir pigment olup, gıda sanayinde salata sosları, dondurma, süt ürünleri, meşrubatlar ve şekerlemelerde renklendirici olarak kullanılmaktadır (Smith 1991).



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR Sevda KAÇMAZ

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Li ve ark (1991), mikoriza kolonize edilmemiş yonca bitkilerinin kök bölgesinden 1 cm uzaklıktaki fosfordan yararlanabildiğini, mikoriza kolonize edilen yonca köklerinin ise hifler aracılığı ile 11 cm uzaklıktaki fosfordan yararlanabildiğini bildirmişlerdir.

Faheed ve ark. (2008),marul tohumlarınımikroalg *Chlorella vulgaris*içeren kültür ortamında çimlendirmişlerdir.Tohum çimlenmesi üzerine algin etkisini ortaya koymak için bitkiler 3, 6, 9, 12 ve 15 gün izlenmiştir. Kültür ortamına veya toprağa mikroalg eklenmesinin pigment içeriğinin yanında fidelerin yaş ve kuru ağırlığını önemli derecede arttırdığı tespit edilmiş ve en iyi uygulama dozunun 2 ve 3 g kuru alg/kg toprak olduğu belirlenmiştir.

Yılmaz ve Gül (2009), topraksız tarımda mikoriza aşılmasının patlıcan yetiştiriciliğine etkisini araştırmışlardır. Pomza ortamında patlıcan yetiştiriciliği için mikoriza uygulaması ile birlikte 15 ppm P dozunun yeterli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Mikoriza uygulaması ile 15 ppm P dozunda kontrole kıyasla verim artışının % 23'e çıkabileceği saptanmıştır. Diğer yandan mikoriza uygulamasının yüksek P dozunda element miktarını azaltarak olumlu katkı sağlayabildiği ortaya konmuştur.

Kardüz ve ark (2011), kapılar sistemde bitki kök gelişimini arttırmak için endo-mikoriza (vesikular arbüsküler mikoriza, VAM) kullanmışlar (Mikorizalı: M(+), 250 kg/ha ve mikorizasız: M(-), Kontrol) ve farklı yetiştirme ortamlarında (perlit, klinoptilolit ve Hindistan cevizi torfu)mikorizanın marul (Yedikule, cv. Velvet) ve baş salata (Iceberg, cv. Bombola) yetiştiriciliğine etkilerini araştırmıştır. Elde edilen bulgular, ortama mikoriza inokulasyonunun kullanılan ortamlara göre değişmekle beraber, kök mikoriza kolonizasyonunu arttırarak, bitki gelişimi ve verim değerlerini arttırdığını, yaprakların nitrat içeriğini azalttığını göstermiştir. Kullanılan çeşitler arasında önemli bir fark görülmezken, ortamlar arasında Hindistan cevizi torfu ölçülen tüm parametrelerde en yüksek değerlere sahip olarak

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR Sevda KAÇMAZ

ön plana çıkmıştır. Hindistan cevizi torfu + mikoriza inokulasyonunun kapılar sistemlerde salatamarul üretiminde başarılı şekilde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Haghighi ve ark (2013),su kültürü hıyar yetiştiriciliğinde, yüksek ve düşük sıcaklıkta uygulanan mikoriza inokulasyonunun kök gelişimine etkisini araştırmıştır. 15 °C düşük sıcaklık (T1), 25 °C normal sıcaklık (T2), ve 35 °C yüksek sıcaklık stresi (T3) altında, mikoriza inokülasyonu 1000 spor (M1), 2000 spor (M2) ve sıfır mikoriza (M0) uygulamaları yapılmıştır.Mikoriza aşılmasının, sıcaklık stresinde bitki büyümesini iyileştirdiğini ve bitkinin antioksidant aktivitesini ve toplam fenol içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir.

Lee ve Lee (2015), hidroponik sistemlerin dünya çapında önem kazandığını ve farklı coğrafi alanlarda çeşitli amaçlar için kullanımının gittikçe arttığını bildirmiştir. Çalışmada, farklı hidroponik türleri ve metotları, trendleri, avantajları ve dezavantajları, yararlı bakteri ve mantarların bitki hastalıklar üzerine etkilerini, bitki kalitesi ve verimliliğini arttıran rollerini derlemişlerdir. Fitol, damlama, med-cezir,besleyici film tekniği (NFT), aeroponik sistemleri gibi çeşitli modifiye hidroponik sistemler geliştirildiğini ifade etmişlerdir.

Saha ve ark.(2016), topraksız tarım sistemlerinden olan hidroponik ve aquaponik sistemde fesleğenin (*Ocimum basilicum*L.)büyüme, verim, bitki kalitesi ve beslenmesi konularını araştırmışlardır. Sonuç olarak, akuaponik sistemde fesleğen yetiştiriciliğinin hidroponik sisteme göre daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

Okutur ve Ercan (2016),hazır gübre karışımı ile tam ve % 50 azaltılmış gübre uygulamalarının durgun su kültüründe yetiştirilen marulun verim ve kalitesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda bitki uzunluğu, köksüz bitki ağırlığı, yaprak sayısı ve verim bakımından gübre uygulamaları arasında farklılıklar bulunmuş, bitki kök ağırlığı, gövde ağırlığı, bitki gövde çapı, gövde uzunluğu, yaprak boyu ve yaprak eni bakımından ise istatistiki önemde bir fark bulunmamıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR Sevda KAÇMAZ

Ergun ve ark (2020), mikro alg (*Chlorella vulgaris*) kullanarak hidroponik marul üretiminde mineral besinleri %20, %40, %60 oranlarında azaltarak verim ve mahsul kalitesini düşürmeden mineral gübre kullanımını azaltabilmeyi amaçlamışlardır. Hidroponik marul üretiminde kullanılan mineral gübrelerin, besin çözeltisinde yaşayan *Chlorella vulgaris* kullanılarak %60'a kadar azaltılabileceğini saptanmışlardır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR Sevda KAÇMAZ



3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu deneme, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait "Topraksız yetiştiricilik" için belirlenen 500 m² cam seranın belirli bir bölümünde 2019 yılı sonbahar-kış sezonunda gerçekleştirilmiştir. Su kültüründe ıspanak yetiştiriciliğinde mineral gübrelerin azaltılması amacı ile sisteme biyo-gübreler entegre edilmiştir. Mineral gübrelerin %50 azaltıldığı durumda, mikroalg, mikoriza ve bakteri biyo-gübreleri kullanılmıştır.

3.1. Bitkisel Materyal

Bitkisel materyal olarak Enza Zaden tohum firmasına ait Ranchero F₁hibrit ıspanak çeşidi kullanılmıştır.

Ranchero F₁ Hibrit Çesidinin Özellikleri: Serin yayla bölgelerinde ilkbahar, yaz, sonbahar; ılıman sahil bölgelerinde sonbahar, kış, ilkbahar üretimlerine uygundur. Güçlü bitki yapısına sahiptir. Sapa kalkmaya dirençli, koyu yeşil yapraklıdır. Yapraklar kırılmaya dayanıklı, kalın etlidir. Yaprakları şekli ovaldir. Bağ yapmaya uygundur.Dik büyüme gösteren bitki yapısı nedeniyle makinalı hasada uygundur.Taze pazar ve endüstriyel üretimde değerlendirilebilir.Kök rengi pembedir.Ispanak mildiyösünün 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,15 ırklarına dayanıklıdır.

3.2. Biyo-gübre Materyalleri

3.2.1.Mikroalg Biyo-gübres

Araştırmada kullanılanmikroalg biyo-gübres,Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden temin edilmiştir. İçerisinde 2x10⁷mikroalg ml⁻¹ bulunan, solüsyon su kültüründe bitki kök bölgesinde 40 kez seyreltilerek kullanılmıştır (Ergün ve ark., 2020).

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ

3.2.2. Bakteri Biyo-gübre

Araştırmada NGB firmasına ait ticari ismi “Rhizofill” olan ve içeriği Çizelge 3.1.’de gösterilen 3 bakteri karışımı kullanılmıştır. Bu amaçla 50 ml Rhizofill biyo-gübre, 50 L besin çözeltisi içerisinde olacak şekilde (1 ml bakteri 1 L besin) her 10 günde bir sisteme bakteri aşılması yapılmıştır (Yılmaz, 2020).

Çizelge 3.3. Mikrobiyal gübre Rhizofill’in içeriğindeki bakteri türleri ve konsantrasyonları

Bakteri tür ismi	Koloni oluşturan birim (KOB/ml)
<i>Bacillus subtilis</i>	1×10^9
<i>Bacillus megaterium</i>	1×10^9
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1×10^{10}

3.2.3. Mikoriza Biyo-gübre

Mikoriza uygulamalarında Bioglobal Anonim Şirketinin ERS ticari gübresi kullanılmıştır. ERS ticari biogübrenin içeriği toplam canlı organizma 1×10^4 (W/W) *Glomus intraradices*, *Glomus aggregatum*, *Glomus mosseae*, *Glomus clarum*, *Glomus monosporus*, *Glomus deserticola*, *Glomus brasilianum*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita* mantarlarının karışımından oluşmaktadır. Mikoriza uygulaması tohum ekimi sırasında bitki başına 1000 adet spor olacak şekilde uygulanmıştır.

3.3. Denemede Gerçekleştirilen Uygulamalar

Çalışmanın amacı, su kültürü ıspanak yetiştiriciliğinde mineral gübreleri azaltmak ve çeşitli biyo-gübreleri yetiştiricilik sistemine entegre etmektir. Böylece mineral gübrelerin %50 oranında azaltılması, biyo-gübrelerin ıspanağın bitki büyüme ve gelişimi ile insan sağlığı için önemli olan bileşen içerikleri üzerine etkisinin araştırılması planlanmıştır. Bu amaçla mineral gübre konsantrasyonlarını

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ

ve miktarlarını içeren “%100 Mineral Gübre” uygulaması, klasik su kültürü bitki besleme uygulaması olarak kontrol amacı ile kullanılmıştır. Kontrolün yarısı “%50 Mineral Gübre” uygulaması tam besleme uygulamasının yarısı mineral gübreleri içeren bir uygulamadır. Bu azaltılmış mineral gübreli uygulamasında, bütün mineral gübreler eşit oranda %50 azaltılmıştır. Daha sonra %50 azaltılmış mineral gübrelemeye mikroalg, bakteri ve mikoriza biyo-gübreleri entegre edilmiştir. Bu şekilde oluşturulan uygulamalar Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Denemede yer alan uygulamalar

1. %100 Mineral Gübre
2. % 50 Mineral Gübre
3. %50 Mineral Gübre+Alg
4. %50 Mineral Gübre+Bakteri
5. %50 Mineral Gübre+Mikoriza

3.4. Yöntem

Bitki materyali olarak kullanılan ıspanak tohumları kayayünü içeren viyollere, 26 Eylül 2019 tarihinde ekilmiştir (Şekil 3.1). Fideler 26 Ekim 2019 tarihinde su kültürüne transfer edilmiştir. Transferle beraber azaltılmış besin çözeltisi,alg, mikoriza ve bakteri uygulanmıştır. Bitkiler 50 litre hacimdeki sert plastikten yapılmış 105 x 55 cm ebatlarındaki dış kısımları siyah renkli ve üst kısım ışık geçiren şeffaf PVC kaplarda, bitki kökleri havalandırılan besin çözeltisi içerisinde olacak şekilde “Yüzen su kültürü” (Floating Culture) yöntemi ile yetiştirilmiştir (Şekil 3.2). Her kap bir tekerrür olarak kullanılmıştır. Denemede yer alan farklı uygulamalar için, 4 tekerrür ve her tekerrürde 15 bitki olacak şekilde (60 bitki/uygulama) tesadüf blokları deneme desenine göre bitkiler su kültürü sisteminde yetiştirilmiştir (Şekil 3.3;Şekil 3.4; Şekil 3.5).

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ



Şekil 3.1. Mini kayayünü bloklarına ekilen ıspanak tohumlarının çıkışından görüntüler



Şekil 3.2. Durgun su kültüründe ıspanak yetiştirilen küvetlerin görüntüsü

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ



Şekil 3.3. Su kültüründe 45 günlük ıspanak bitkilerinden %100 Besin ve %50 Besin uygulamalarından görüntüler

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ



Şekil 3.4. Su kültüründe yetiştirilen 45 günlük ıspanak bitkilerinin %50 mineral gübre+mikroalg, %50 mineral gübre+mikoriza, %50 mineral gübre+bakteri uygulamalarından görüntüler

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ



Şekil 3.5. Hasat aşamasına gelmiş ıspanaklar ile denemeden genel görüntüler

3.5. Bitki Besleme

Stok A ve stok B olmak üzere 2 tip stok besin çözeltileri hazırlanmıştır. Stoklarda çökme olmaması için kalsiyumlu gübre Stok A’da ayrılmıştır (Çizelge 3.3.) Ispanak bitkisi için su kültürü besin çözeltisi element konsantrasyonları (Çizelge 3.4.)’de verilmektedir. Ispanak bitkileri dört defa biçilerek hasat edilmiş ve 90 gün su kültürü sisteminde yetiştirilmiştir (Şekil 3.6). Bu süreçte yetiştiricilik yapılan özel kuvvetlerde besin çözeltisi seviyesi eksildikçe biyo-gübre uygulamaları dikkate alınarak besin çözeltisi tamamlaması yapılmıştır. Kaplarda su seviyesi 50

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ

litre altına düşürülmemiş sabit tutulmuştur. Hasada bir hafta kala besin çözeltisi ilavesi kesilmiştir. Günlük pH ve EC ölçümleri yapılarak çözelti pH seviyesi 6.0-6.2 civarında tutulmuştur. Besin çözeltisi EC değerleri %100 mineral gübre kontrol uygulamasında bitki büyümesi ile beraber kademeli olarak 1.3, 2.3 ve 2.5 dS/m seviyelerinde artırılmıştır. Mineral gübrelerin %50 azaltıldığı diğer uygulamalarda ise, %100 mineral gübre kontrol uygulamasına göre yarı yarıya azaltılarak işlemler yapılmıştır.

Çizelge 3.5. Denemede kullanılmış olan gübrelerin isimleri ve besleme sisteminde stok çözeltilerde yer alma şekilleri

STOK A	STOK B
Kalsiyum Nitrat	Potasyum sülfat
Potasyum Nitrat	Mono potasyum fosfat
Amonyum Nitrat	Magnezyum sülfat
Fe – EDDHA (sequestrene)	Mikro elementler
	Çinko sülfat yerli
	Borik asit yerli
	Mangan sülfat yerli
	Bakır sülfat yerli
	Amonyum molibdat

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ

Çizelge 3.6. Denemede %100 mineral besleme kontrol uygulamasında kullanılan besin maddeleri konsantrasyonları

Element	mg/L
N	227.00
P	45.00
K	315.00
Ca	205.00
Mg	75.00
Fe	4.62
Zn	0.19
B	0.41
Cu	0.23
Mo	0.18
Mn	0.78

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ



Şekil 3.6. Ispanak bitkisinin köklerine oksijen vermek amacıyla besin çözeltisi periyodik olarak havalandırılmıştır

3.6. Hasat

İlk hasat dikimden 45 gün sonra 23.01.2020 tarihinde yapılmıştır. Ispanak bitkileri büyüme ucu koparılmadan hasat edilmiştir. Ardından iki hafta arayla toplam dört kez hasat yapılmıştır. Her tekerrürdeki ıspanak ağırlıklarına göre toplam verim değerleri ve bitkilerin yeşil aksam ve kök ağırlıkları bireysel olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.7; Şekil 3.8.). Aşağıda hasat sonrasında gerçekleştirilen; yaprak ve kökte bitki ölçümleri, ıspanakta bazı kalite ve insan beslenmesinde öne çıkan bazı besin öğeleri analizleri ile bitki besin maddeleri analizleri anlatılmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ



Şekil 3.7. Ispanak yapraklarının biçilerek hasat edilmesi



Şekil 3.8. Ispanak bitkilerinde hasat görüntüsü(23.01.2020)

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ

3.7. Denemede Yapılan Ölçüm ve Analizler

Bu amaç için her tekerrürden 10 bitkidebitki boyu, yaprak sayısı, yaprak alanı, bitki/yaprak taze ağırlığı, bitki/yaprak kuru ağırlıkları, bitkilerin çevresi, kuru madde üretimi, klorofil miktarı, nitrat miktarı,c vitamini klorofil miktarı, toplam fenolik madde, toplam flavonoid, yaprak EC ve pH'sı, yaprakta besin elementi analizleri yapılmıştır.

3.7.1. Bitki Boyu (cm)

Bitki boyu 1cm duyarlılıkta metre ile cm cinsinden ölçülmüştür.

3.7.2. Yaprak Sayısı (adet / bitki)

Ispanak bitkilerinin yaprak sayısı sayılarak belirlenmiştir.

3.7.3. Yaprak Alanı (cm² / bitki)

Bitki başına yaprak alanı Şekil 3.9 da gösterilen LICOR marka tezgah üstü laboratuvar tipi yaprak alanı ölçer cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.9).

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ



Şekil 3.9. Yaprak alan ölçer cihazı ile yaprak alanı ölçülmesi

3.7.4. Bitki/Yaprak Taze Ağırlığı (g/bitki)

Bütün yaprak ağırlığı 0.1 hassasiyetteki bir terazide tartılarak kaydedilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Hasat edilen ıspanak bitkilerinin yaprak tartımından bir görüntü

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ

3.7.5. Bitki/Yaprak Kuru Ağırlıkları (g/bitki)

Bütün yaprak ağırlığı 0.01 hassasiyetteki bir terazide tartılarak kaydedilmiştir.

3.7.6. Bitki Çevresi (cm)

Ispanak bitkilerinin çevresi 1cm duyarlılıkta metre ile cm cinsinden ölçülmüştür.

3.7.7. Kuru Madde Üretimi (%)

Kaydedilen bitki taze ve kuru ağırlıklarından aşağıdaki formül yardımı ile uygulamalara göre % kuru madde oranı hesaplanmıştır. % kuru madde = $\frac{\text{Kuru Ağırlık (g)}}{\text{Yaş Ağırlık (g)}} \times 100$

3.7.8. Nitrat Miktarı (ppm)

Ispanak bitkilerinin eşit olarak ayrılmış ¼'lük kısmı kullanılarak nitrat analizi salisilik asitin nitritleşmesi yoluyla kolorimetrik olarak Cataldo ve ark. (1975)'nin yaptığı çalışmaya göre yapılmıştır.

3.7.9.C vitamini (L-Askorbik Asit) içeriği (mg/100g)

Ispanak bitkilerinin suyu katı meyve sıkacağından geçirilerek çıkarılmıştır. 1 ml ıspanak ekstraktı üzerine 45 ml %0.4 oksalik asit eklenip filtre kağıdından süzölmüştür. Elde edilen süzöntüden 1 ml alınarak üzerine 9 ml 2,6-diklorfenolindofenol boya çözeltisi eklenmişve spektrofotometrede (UV-1700 PharmoSpc Shimadzu, Japonya) 502 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Standart olarak 1 ml süzöntü üzerine 9 ml saf su eklenmiş çözelti kullanılmıştır. (Dündar, 1995).

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ

3.7.10. Klorofil miktarı tahmini için SPAD metre okumaları

SPAD-502 portatif klorofil metre cihazı ile yaprakların klorofil içeriğini tahmin etmek için her hasat öncesi SPADölçümü yapılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Ispanak yapraklarında SPAD klorofil metre cihazı ile ölçüm yapılması

3.7.11. Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde tayini Spanos ve Wrolstad (1990) tarafından tanımlanan spektrofotometrik yöntem modifiye edilerek yapılmıştır. Okumalar spektrofotometrede (UV-1700 PharmoSpc Shimadzu, Japonya) 765 nm dalga boyunda okunan absorbans değerinden ve gallik asit ile hazırlanarak kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak toplam fenolik madde miktarı hesaplanmıştır .

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevdâ KAÇMAZ

3.7.12. Toplam Flavonoid Tayini

Ispanak örnekleri Quettier ve ark (2000)', tarafından geliştirilen yöntemle göre 415 nm dalga boyunda spektrofotometre ile okunmuştur. Rutin ile hazırlanmış olan kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak toplam flavonoid madde miktarı hesaplanmıştır.

3.7.13. Ispanak Yapraklarında EC ve pH Ölçülmesi

Ispanak yapraklarının pH değeri ve içerdiği toplam mineral madde miktarı hakkında bilgiler veren EC (dS m^{-1}) değeri için 100 ml ıspanak yaprak suyu içerisine pH ve EC metre elektrotları daldırılarak okunmuştur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Ispanak yapraklarında pH ve EC ölçümünden görüntü

3.7.14. Yaprakta Besin Elementi Analizleri

Biyo-gübre uygulamalarının ıspanak bitkilerinin beslenme üzerine etkilerini ortaya koymak için makro ve mikro element analizleri yapılmıştır. Bu amaçla her tekerrürden 10 bitkide $\frac{1}{4}$ kısım alınarak analizler gerçekleştirilmiştir.

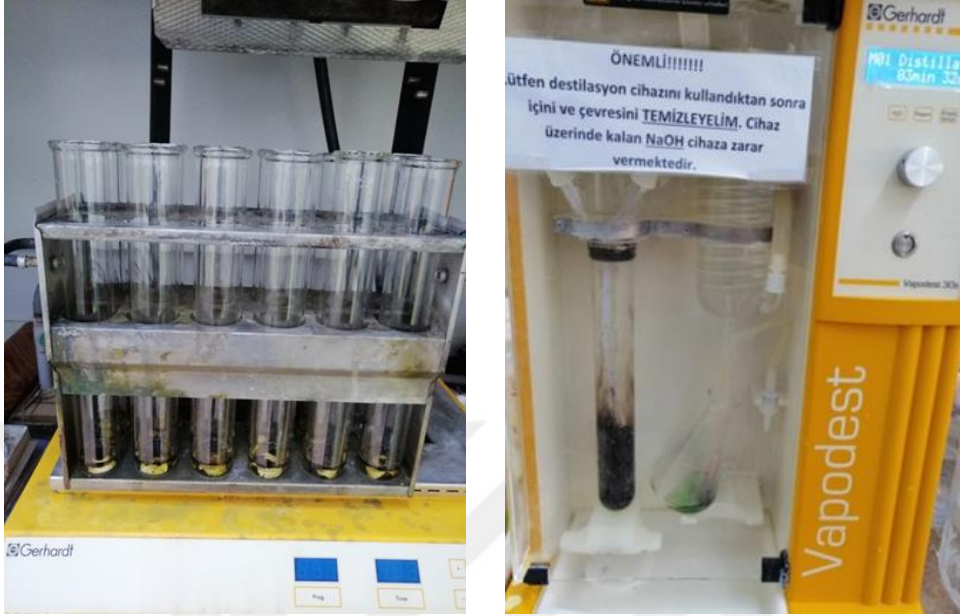
3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ

Azot (N), fosfor (P), potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), sodyum (Na), demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn) için analizler yapılmıştır. Seradan alınan yapraklar kontaminasyona karşı %0.1 lik deterjan ile yıkanarak ve durulanmış 3 kez saf su ile yıkanıp etüvde 48 saat 65°C'de kurutulmuştur. Kurutulan örnekler yaprak öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülmüş örnekler 550°C'de 8 saat süreyle yakılarakoluşan kül % 3.3'lük (hacim/hacim) HCl asitte çözülerek (Şekil 3.13) atomik absorpsiyon spektrometrede K, Ca, Mg ve Na okumaları emisyon modunda, Fe, Mn, Zn ve Cu okumaları ise absorpsans modunda okunmuştur. Fosfor analizleri yukarda hazırlanan ekstrakt kullanılarak Barton yöntemine göre spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Ispanak yapraklarındaki azot konsantrasyonları ise Khjeldal yöntemine göre yaş yakma ile belirlenmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.13. Ispanak yapraklarında besin elementi miktarlarını belirlemek için yapılan işlemlerden görünümeler.

3. MATERYAL VE YÖNTEM Sevda KAÇMAZ



Şekil 3.14. Ispanak yapraklarında azot analizlerinde yağ yakma ve destilasyon işlemlerinden görüntüler.

3.7.15. Verilerin Değerlendirilmesi

Deneme tamamlandıktan sonra elde edilen veriler JMP paket programına tabi tutularak istatistiksel analizleri yapılmıştır. Ortalamalar LSD testine göre karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Bitki Büyüme Parametreleri Üzerine Biyo-gübrelerin Etkileri

4.1.1.Yaprak Alanı

Yarı yarıya azaltılan mineral gübrelere mikoriza, alg ve bakteri biyo-gübreleri eklendiğinde, sadece %50 mineral gübre --uygulamasına göre yaprak alanını sırası ile %10.88,%7.75 ve %5.25 oranında artırmıştır. Deneme boyunca 4 hasatta kaydedilen yaprak alanı değerleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Mineral gübrelerin tam doz verildiği %100 besin uygulamasındaen yüksek toplam yaprak alanı (226.84 cm²/bitki) elde edilmiştir. Bunu mikoriza (186.65 cm²/bitki), alg (181.08 cm²/bitki) bakteriuygulaması (181.08 cm²/bitki)izlemiştir. Sadece %50 mineral gübreye göre, biyo-gübrelerin yaprak alanını artırıcı etkileri görülmüştür.

Çizelge 4.19. Azaltılmış mineral gübreye eklenen biyo-gübrelerin ıspanak bitkisinin yaprak alanı üzerine etkileri (cm²/bitki)

Uygulamalar	1.Hasat	2.Hasat	3.Hasat	4.Hasat	Toplam Hasat
%100 MG*	70.33 a	40.58 a	52.17 a	63.75 a	226.84 a
%50 MG	45.67 b	28.12 c	40.88 c	53.64 b	168.32 c
%50 MG+Alg	42.17 c	27.94 c	46.80 b	64.14 a	181.08 b
%50 MG+Bakteri	37.53 d	35.41 b	52.64 a	51.58 b	177.17 bc
%50 MG+Mikoriza	46.96 b	29.24 c	53.88 a	56.55 ab	186.65 b
LSD _{0.05}	3.159	2.065	4.688	8.319	11.647
P	<.0001	<.0001	0.0003	0.0180	<.0001

*: Mineral Gübre

Shah ve ark., (2009) yaptıkları çalışmada Cooper besin çözeltisinde hidroponik yetiştirilen ıspanaklarda tam doz ve yarım doz besin çözeltisinde yaprak alanını sırasıyla 104.90 cm²/bitki ve 78.45 cm²/bitki olarak bildirmiştir.

Ergün ve ark (2020), su kültürü tekniği ile kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübreleri %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında kullanarak

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

mikroalg *Chlorela vulgaris* canlı hücrelerini beslemeye eklemiştir. Kıvırcık marul yaprak alanı üzerine alg uygulamalarının kendi kontrol gruplarına göre artırıcı etki yaptıklarını bildirmiştir.

Ceylan (2021), su kültürü tekniği ile kırmızı yapraklı Rosie fesleğen yetiştiriciliğinde mineral gübreleri %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında kullanarak, tohum ekiminde bitkilere mikoriza aşlamıştır. Mikoriza yaprak alanı üzerine artırıcı etki yaptığı, %60, %40 ve %20 mineral gübre uygulamalarında sırasıyla %17, %21 ve %14 oranlarında artırdığı bildirilmiştir.

Aldiyab (2020), su kültürü tekniği ile yaptığı çalışmada, yeşil yapraklı Dino fesleğen çeşidinde mineral gübreleri %50 azaltarak yerine mikroalg (*Chlorella vulgaris*), bakteri ve kokteyl mikoriza ilave etmiştir. Yaprak alanının, bakteri uygulamasında 1528 cm²/bitki ile en yüksek değere ulaştığı, bu uygulamayı 1431 cm²/bitki ile mikoriza ve 1256 cm²/bitki ile mikroalg biyo-gübrelerinin izlediğini bildirmiştir.

4.1.2. Yaprak Sayısı

%50 azaltılmış mineral gübreye biyo-gübre ilavesi ıspanağın yaprak sayısını artırmıştır. Azaltılmış besin çözeltisine alg ilave edilen ıspanak bitkilerinin toplam yaprak sayısı 11.82 adet/bitki mikoriza ilave edilen ıspanak bitkilerinin toplam yaprak sayısı 11.43 adet/bitki ve bakteri ilave edilen ıspanak bitkilerinin toplam yaprak sayısı 11.38 adet/bitki olarak belirlenmiş ve bu uygulamalar istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Toplam yaprak sayısının %50 besin uygulamasına göre artış oranları alg, mikoriza ve bakteri uygulamalarında sırası ile %10.67, %7.02, %6.55 olmuştur (Çizelge 4.2).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

Çizelge 4.20. Azaltılmış mineral gübreye eklenen biyo-gübrelerin ıspanak bitkisinin yaprak sayısı üzerine etkileri (adet/bitki) ve % 50 kontrole göre değişimi

Uygulamalar	Toplam Yaprak Sayısı (adet/bitki)	%50 Kontrole göre değişim (%)
% 100 MG*	13.94 a	30.52
% 50 MG	10.68 c	00.00
% 50 MG+Alg	11.82 b	10.67
% 50 MG+Bakteri	11.38 b	6.55
% 50 MG+Mikoriza	11.43 b	7.02
LSD _{0.05}	0.682	
P	<.0001	

*: Mineral Gübre

Ergün ve ark (2020), kıvrıkcık marul yetiştiriciliğinde su kültürü tekniği ile mineral gübreleri %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında azaltarak kullanmış ve bunun yerine mikroalgbiyo-gübresi *Chlorelavulgaris*'i eklemiştir. Mikroalgbiyo-gübresinin kıvrıkcık marul bitkisinde yaprak sayısını kontrol uygulamalarına göre arttırdığı bildirilmiştir.

Ceylan (2021),kırmızı fesleğenin su kültürü yetiştiriciliğinde %100 (kontrol), %80, %60, %40 ve %20 oranlarındaki mineral gübrelemelerde, mikorizanın yaprak sayısı üzerine sırasıyla%10.82, %4.80, %10.61, %16.07 ve %14.50 oranlarındaartırıcı etki yaptığını bildirmiştir.

Aldiyab (2020), yeşil yapraklı fesleğen çeşidinde su kültürü tekniği ile yaptığı çalışmada mineral gübreleri %50 azaltarak yerine mikroalg *Chlorella vulgaris*, bakteri ve mikoriza ilave etmiştir. Biyo-gübrelerin yaprak sayısı üzerinde artırıcı etkisinin olmadığınıbildirmiştir. %50 kontrol uygulamasına göre bakteri, mikroalg ve mikoriza biyo-gübre uygulamalarında toplam yaprak

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

sayısında sırasıyla %23.67, %19.67 ve %10.6 oranında azalış meydana gelmiş, sayı azalınca biyo-gübre uygulamalarının yaprak ağırlığı ve kalınlığını arttırdığını bildirmiştir.

4.1.3. Taze Yaprak Ağırlığı

Denemede ilk 3 hasat biyo-gübre uygulamaları arasında önemli bir fark görülmemiştir. Dördüncü hasatta ise biyo-gübre ilaveleri arasında en fazla yaprak verimi 90.14 g/bitki ile %50 mineral gübre+bakteri uygulamasından elde edilmiş diğer 2 biyo-gübre birbirine benzer yaprak ağırlığı oluşturmuştur (Çizelge 4.3.). %50 azaltılmış mineral besin maddelerine bakteri eklenmesi ile dördüncü hasatta %100 Kontrol uygulaması kadar ıspanak yaprağı hasat edilmiştir.

Çizelge 4.21. Azalan mineral besin maddeleri ve biyo-gübre ilave uygulamalarının ıspanak bitkisinin yaprak taze ağırlığı üzerine etkileri (g/bitki)

Uygulamalar	1.Hasat	2.Hasat	3.Hasat	4.Hasat
% 100 MG*	117.98	62.06	97.76 a	90.82 a
% 50 MG	104.74	72.18	89.30 ab	76.38 b
% 50 MG+Alg	106.71	55.00	81.63 b	74.06 b
% 50 MG+Bakteri	97.89	70.17	83.10 b	90.14 a
% 50 MG+Mikoriza	115.12	80.50	80.35 b	69.41 b
LSD _{0.05}	Ö.D	Ö.D	10.785	12.528
P	0.4851	0.5456	0.01157	0.0073

Topraklı ıspanak yetiştiriciliğinde 9 farklı organik gübre denenmiş ve bizim denemede olduğu gibi biçilmemiştir tek hasatta ıspanak bitki yaş ağırlığının 6.98 g/bitki ile 23.80 g/bitki arasındadeğiştiğibildirilmiştir (Kovacs ve ark., 2016).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevdâ KACMAZ

Ergün ve ark (2020),kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde su kültürü tekniği ile mineral gübrelerin %100 (kontrol), %80, %60 ve %40 oranlarında azaltıldığı veyerine *Chlorella vulgaris* eklediği çalışmalarında,algin devreye girmesi ile marul ağırlığının önemli bir şekilde arttığını gözlemlemişlerdir.

4.1.4. Kuru Madde Oranı

Farklı uygulamalar ile yetiştirilen ıspanak bitkilerinin biçilerek hasat yapılan 1., 2. ve 4. Hasatlarındayaprakta kuru madde oranı bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir (Çizelge 4.4). Üçüncü hasatta ıspanak yapraklarında en yüksek kuru madde oranı sırasıyla mikoriza ve mikroalg ilave edilen uygulamalardan elde edilmiştir. Bu uygulamalarda yapraktaki kuru madde oranı sırasıyla %10.35 ve %10.28 olarak belirlenmiştir. Üçüncü hasatta en düşük kuru madde oranı %9.28 ile sadece %50 mineral gübre uygulamasında yer almıştır.

Çizelge 4.22. Azaltılan mineral besin maddeleri ve biyo-gübre ilave uygulamalarının ıspanak yaprağında kuru madde oranı üzerine etkisi (%)

Uygulamalar	1.hasat	2.hasat	3.hasat	4.hasat
% 100 MG*	11.41	10.72	8.94d	8.55
% 50 MG	11.96	11.38	9.28c	9.23
% 50 MG+Alg	11.99	10.98	10.28ab	9.56
% 50 MG+Bakteri	12.64	11.44	9.98b	10.07
% 50 MG+Mikoriza	12.03	12.38	10.35a	9.53
LSD _{0.05}	Ö.D.	Ö.D.	0.333	Ö.D.
P	0.124*	0.2687	<.0001*	0.6557

Ceylan (2021), su kültüründe mikoriza ile yetiştirdiği kırmızı fesleğende %100, %80, %60, %40 ve %20 mineral gübre dozlarında yaprakta kuru madde artış oranları sırasıyla %4, %5, %8, %4 ve %3 olarak bildirmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

4.1.5. Yaprak Rengi

Ispanak yapraklarında renk ile ilgili özellikler incelendiğinde sadece parlaklık koordinatında L* (parlaklık) istatistiksel olarak bir fark görülmüştür. %50 mineral gübre+mikro alg uygulamasında ölçülen parlaklık değeri,%100 ve %50 mineral gübre uygulamaları ile aynı grupta yer almıştır. Bakteri ve mikoriza uygulamaları L* bakımından daha düşük değerlerde kalmıştır (Çizelge 4.5). Uygulamalar arasında a* (yeşillik) ve b*(sarılık) koordinatları değerleri bakımından fark görülmemiştir. Toplam klorofil miktarı hakkında bilgi veren SPAD cihazı okuma değerleri bakımından uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge4.5). Ancak, biyo-gübreler %50 mineral gübreye göre klorofilde artışlar sağlamıştır. En fazla artış %18.62 ile bakteri ve en az artış ise %4.16 ile mikro alg uygulamasında görülmüştür.

Çizelge 4.23. Azaltılan mineral besin maddelerine biyo-gübre ilave uygulamalarının ispanaktayaprak renk özellikleri üzerine etkileri

Uygulamalar	L*	a*	b*	SPAD
%100 kontrol	35.38 ab	-8.98	21.35	66.33
%50 kontrol	37.84 a	-8.33	19.56	62.15
%50+Alg	31.58 abc	-7.38	18.03	64.64
%50+ Bakteri	24.15 c	-7.58	20.55	73.72
%50+Mikoriza	28.93 bc	-7.69	18.24	65.56
LSD _{0.05}	8.340	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
P	0.0285	0.0788	0.7078	0.1582

L* – Parlaklık koordinatı (L*=0 siyahı gösterir ve L*=100 beyazdır)

b* – sarı/mavi koordinatıdır ve +b* sarıyı, -b* ise maviyi belirtir.

a* – kırmızı/yeşil koordinatıdır, +a* kırmızıyı, – a* ise yeşili belirtir

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevdâ KACMAZ

Akkuş (2011)'a göre ıspanakta mikrobiyal ve inorganik gübre uygulamaları yaprakta klorofil içeriğini 20.50 ile 51.20 SPAD okuma değerleri arasında değiştirmiştir.

Cocetta ve ark (2007), ıspanakta, Alberici ve ark (2008), ıspanak ve rokada yürüttükleri çalışmalarında besin solüsyonu doz konsantrasyonunun yaprak toplam klorofil içeriğini etkilemediğini belirtirken; Vernieri ve ark (2005), rokada yürüttüğü çalışmalarında ise besin solüsyonu dozu azaldıkça toplam klorofil miktarının azaldığını belirtmiştir. Benzer şekilde Fallovo ve ark (2009), yüzen su kültüründe bahar ve yaz aylarında marul yetiştirdikleri denemelerinde besin solüsyonu uygulamalarının yaprak toplam klorofil miktarını arttırdığını belirtmişlerdir.

Kowalczyk ve ark (2016)'nın yaptığı araştırmada kıvrıkcık marul çeşidinde SPAD klorofil metre değerleri kokopitte 24.2, kaya yününde 19.6, ve NFT'de ise 19.6 olarak bildirilmiştir. Bu SPAD klorofil metre değerlerinin bizim bulgularımıza göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Ispanak türünün marula göre daha koyu yapraklara sahip olması nedeniyle değerler arasında farklılıklar olduğu düşünülmektedir.

4.1.6. Kök Uzunluğu

Farklı uygulamaların en uzun kök boyu üzerindeki etkilerinin yer aldığı Çizelge 4.6 incelendiğinde Kök boyunun 50.33 cm ile 43.07 cm arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 4.6). Denemede uygulamalar arasında kök uzunluğu bakımından önemli bir fark bulunmamıştır. Bu yüzden biyo-gübrelerin kök uzunluğu üzerine artırıcı bir etkisi olmamıştır. İstatiksel olarak %50 azaltılmış besin maddeleri +Alg uygulaması 46.66 cm ile biyo-gübreler arasında öne çıkmıştır. Aldiyap (2020), yeşil yapraklı fesleğen yetiştiriciliğinde ortama alg, bakteri, mikoriza ilavesinin %50 kontrol uygulamasına göre kök uzunluğunu sırası ile %7, %5.5, %10.5 oranında arttırdığını bildirmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

Çizelge 4.24. Azaltılan mineral besin maddelerine biyo-gübre ilave uygulamalarının ıspanakta kök boyu üzerine etkileri (cm)

Uygulamalar	Kök Boyu
% 100 MG*	50.33
% 50 MG	42.80
% 50 MG+Alg	46.66
% 50 MG+Bakteri	43.07
% 50 MG+Mikoriza	45.53
LSD _{0.05}	Ö.D.
P	0.0744

*: Mineral Gübre

4.1.7. Kök Taze ve Kök Kuru Ağırlığı

Ispanak bitkilerinin son hasadında, besin çözültisi içerisindeki kökler, gövde ile birleşme yerinden kesilerek taze ağırlığı tartılıp kaydedilmiştir. Kök taze ağırlığında en yüksek ve en düşük değerler %100 ve %50 mineral besin içeren kontrol uygulamalarında görülmüştür. Biyo-gübreler ise kendi aralarında istatistik olarak farklı bulunmamıştır. En ağır kökler mikro alg uygulamasında (21.59 g/bitki) elde edilmiştir (Çizelge 4.7). %50 kontrol uygulamasına göre %50 besin+alg,%50 besin+mikoriza ve %50 besin+bakteri uygulaması kök ağırlığını sırası ile%30.45, %24.29 ve %24.10 oranındaarttırmıştır. Aldiyap (2020), su kültürü tekniği ile fesleğen yetiştiriciliği yaptığı ortama alg, bakteri ve mikoriza ilavesinin %50 kontrol uygulamasına göre sırası ilekök taze ağırlığını %36,%29,%39 oranında artırdığını bildirmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

Çizelge 4.25. Biyo-gübrelerin ıspanak bitkisinde kök taze ağırlığı ve kök kuru ağırlığı üzerine etkileri(g/bitki)

Uygulamalar	Kök Taze Ağırlığı (g/bitki)	Kök Kuru Ağırlığı (g/bitki)
%100 kontrol	33.03 a	2.63 a
%50 kontrol	16.55 b	1.51 c
%50+Alg	21.59 b	1.87 bc
%50+ Bakteri	20.54 b	1.69 bc
%50+Mikoriza	20.57 b	2.17 ab
LSD _{0.05}	8.159	0.556
P	0.0094*	0.0070*

Kök kuru ağırlıkları 2.63g/bitki ile 1.51 g/bitki arasında değişmiştir. Uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre %50 kontrol uygulamasına göre %50 besin+alg,%50 besin+mikoriza ve %50 besin+bakteri uygulaması sırası ile %23.84,%43.70,%11.92 oranında artış sağlamıştır. Mikorizanın kök kuru ağırlığında öne çıktığı görülmüştür.

Aldiyap (2020),Yeşil yapraklı fesleğen yetiştiriciliğinde ortama biyo gübrelerden alg, bakteri ve mikoriza entegre ettiğinde %50 kontrol uygulamasına göre sırası ile kök kuru ağırlığında %30,%21,%47 oranında artış sağladığını tespit etmiştir. Mikoriza fesleğende de kök kuru ağırlığını en fazla artıran biyo-gübre olmuştur.

4.1.8. Birim Alanda Ispanak Verimi

Ispanak bitkileri mineral besin maddeleri %50 azaltılarak farklı biyo-gübre ilaveleri ile yetiştirilmiş ve 4 kez hasat edilmiştir. Birim alana verimlilik

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

g/m²olarak hesaplanmış ve Çizelge 4.8’de verilmiştir.Uygulamalara göre toplam verim değerleri istatistiksel olarak farklılıklar göstermiştir. En yüksek toplam verim 5270 g/m² ile %100 besin uygulanasından elde edilmiştir. Bunu %50besin+mikoriza (4347g/m²) ve %50besin+alg (4192 g/m²) uygulamaları izlemiştir. %50besin+bakteri uygulaması4112 g/m²verim değeri ile ayrı grupta yer almıştır. En düşük ıspanak verimi 3893 g/m² ile %50 besin uygulamasında kaydedilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.26. Azaltılmış mineral gübreleme koşullarındabiyo-gübrelerin ıspanak verimi üzerine etkileri(g/m²)

Uygulamalar	1.Hasat	2.Hasat	3.Hasat	4.Hasat	Toplam Verim
% 100 MG*	1621 a	940 a	1217 a	1492 a	5270 a
% 50 MG	1052 b	652 c	947 c	1243 b	3893 c
% 50 MG+Alg	977 c	644 c	1084 b	1486 a	4192 b
% 50 MG+Bakteri	869 d	828 b	1220 a	1195 b	4112 bc
% 50 MG+Mikoriza	1088 b	661 c	1248 a	1349 ab	4347 b
LSD _{0.05}	69.30	49.68	108.69	176.41	251.85
P	<.0001	<.0001	0.0003	0.0085	<.0001

*:Mineral gübre

Mineral gübreler %50 azaltılıp bunun yerine Mikoriza biyo-gübresi eklendiğinde birim alana verim, %50 gübreye göre %11 oranında artmıştır. Mineral gübrelerin %100 verildiği kontrol uygulamasına göre %21 oranında azalmıştır. %50 azaltılmış mineral gübrelere mikro alg eklendiğinde verim değeri, % 50 gübre uygulamasına göre %7 artmış ve bu verim değeri %100 mineral gübre uygulamasından %25 daha düşük bulunmuştur.Bunu takiben mineral gübreler %50 azaltılıp yerine bakteri biyo-gübresi eklendiğinde birim alana verim, %50 gübreye göre %5.6oranında artmıştır. Azaltılmış mineral gübreye bakteri eklendiğinde elde

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevdâ KACMAZ

edilen verim değeri, %100 mineral gübreye göre %28 oranında düşük bulunmuştur (Çizelge 4.8.)

Ergün ve Daşgan (2020), su kültüründe yetiştirilen marulda %60 ve %40 mineral gübre içeren uygulamalara mikro alg eklediğinde, verim sırası ile 238 g/bitki ve 249 g/bitki olduğunu, %100 mineral gübre ile beslendiğinde ise verimin 242 g/bitki olduğunu bildirmiştir.

Yılmaz (2020), su kültürü kıvrıcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübreleri %50 azaltıp bunun yerine mikroalg, bakteri ve mikoriza biyo-gübreleri eklendiğinde, birim alana verimin, %50 gübre uygulamasına göre sırasıyla %13.6 %42 ve %20 oranında arttığını bildirmiştir.

Cocetta ve ark (2007), kuzey İtalya'da ısıtmasız sera koşulları altında yüzen su kültüründe besin solüsyonunda makro element konsantrasyonunun azaltılmasının ıspanakta verim ve kalite üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında Hoagland besin solüsyonu reçetesinin 3 farklı dozunu (%10, %25 ve %50) kullanmışlardır. Verim değerlerini %10 dozda 1100 g/m², %25 dozda 1400 g/m² ve %50 dozda 1500 g/m² olarak belirlemişlerdir. Makro besin solüsyonu konsantrasyonu arttıkça yaprak nitrat içeriği ve sukroz miktarında artışlar gözlemlenmiştir. Fakat nitrat içeriğinin uluslararası sınır olan 3000 mg/kg'ı aşmadığı bildirilmiştir. Bu besin elementi rejiminin klorofil, pigment içeriği ve lipid peroksidasyonunu etkilemediğini bildirmişlerdir.

Duyar ve Kılıç (2016), su kültüründe roka ve maydanoz yetiştirmişlerdir. Kontrol uygulaması olarak Hoagland çözeltisini ve bu solüsyonun besin elementlerinin %50 azaltılmış hali kullanmışlardır. Toplam verim her iki yetiştirme sezonunda da sırasıyla rokada 976-1612 g/m² ve maydanozda 876-1094 g/m² olarak değişmiştir. Elde edilen sonuçlar yüzen su kültürü sisteminde roka ve maydanozun başarılı bir şekilde yetiştirildiğini; besin solüsyonu dozunun azaltılabileceğini bildirmiştir.

Ceylan (2021), su kültürü tekniği ile yetiştirilen fesleğende mikorizanın yaprak verimini artırıcı etkisi olduğunu bildirmiştir. Buna göre fesleğen yaprak

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

veriminde %100, %80, %60, %40 ve %20 oranlarında mineral gübre içeren uygulamaların, mikorizalı olanlarının mikorizalı olmayanlara göre sırasıyla %2, %18, %3, %36 ve %58 verim artışı sağladığı tespit edilmiştir.

4.2.İspanak Yaprak Kalite Özellikleri ve İnsan Sağlığı Bakımından Besin Öğeleri İçerikleri

4.2.1. İspanak BitkisindeSuda Çözülebilir Kuru Madde (SÇKM)

İspanak bitkisinde SÇKM değerleri arasında uygulamalara göre istatistiksel olarak fark bulunmamıştır(Çizelge 4.9).Özbay ve ark., (2018) ıspanakta yaptıkları çalışmada SÇKM miktarı %2.77-3.13 arasında bulunmuştur. Ergün ve ark., (2020), su kültüründe kıvırcık marul yetiştiriciliğinde mineral gübreleri azaltarak bitki beslemeyi teşvik etmek üzere mikroalgbiyo-gübreleri *Chlorelavulgaris*'ieklediği çalışmada, alg uygulamalarının kıvırcık marul yapraklarında SÇKM'yi arttırdığını bildirmiştir.

4.2.2. İspanak BitkisindepH

İspanak yapraklarının suyu çıkarılarak pH ölçülmüştür. En yüksek pHdeğeri 6.54 ile %50 besin+alg uygulamasında tespit edilmiştir.%100 Besin uygulamasında 6.35 olarak ölçülmüştür.

4.2.3. İspanak BitkisindeEC

İspanak bitkisinde uygulamalar arasında EC değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

4.2.4. İspanak Bitkisinin Titre Edilebilir Asit Miktarı

İspanak yapraklarının laboratuvar koşullarında suyu alınarak asit miktarları ölçülmüştür. Uygulamalar arasında en yüksek asitmiktarı (%0.31)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

%50besin+bakteri uygulamasında görülmüştür. En düşük asit miktarı ise (% 0.21)
%100 besin uygulamasında gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.27. Su kültüründe yetiştirilen ıspanak bitkisinin bazı kalite özellikleri üzerine biyo-gübrelerin etkileri

Uygulamalar	SÇKM (%)	pH	EC (dS/m)	Asitlik (%)
% 100 MG*	8.05	6.35d	18.66	0.21c
% 50 MG	8.77	6.49b	17.49	0.27 b
% 50 MG+Alg	8.67	6.54a	17.52	0.24 bc
% 50 MG+Bakteri	7.92	6.43c	17.70	0.31 a
%50 MG+Mikoriza	9.2	6.49b	18.13	0.26 b
LSD _{0.05}	Ö.D.	0.430	Ö.D.	0.041
P	0.169*	<.0001*	0.0593	0.0021*

MG: Mineral gübre

4.2.5.İspanak Bitkisinin Fenol ve Flavonoid İçerikleri

Denemede en yüksek fenol miktarı %50 besin+mikoriza (356.88 mg GA/100 g) ve %50 besin (354.37 mg GA/100 g) uygulamalarında tespit edilmiştir. En düşük değer ise %100 besin uygulamasında (278.87 mg GA/100 g) bulunmuştur. %50besin+alg ve %50besin+bakteri uygulamalarında %50 kontrol uygulamasına göre %11.3 ve %9.4 oranında azalış göstermiştir.%50besin+mikoriza uygulaması ise %50 kontrol uygulamasına göre fenol miktarını %0.7 oranında artırmıştır (Çizelge 4.10). Yetiştirme ortamına eklenen biyo-gübreler su kültüründe yetiştirilen ıspanak bitkilerinin yapraklarında fenol miktarını artırmıştır. Özellikle biyo-gübreler içerisinde mikoriza, yaprak fenol içeriğini belirgin şekilde etkilemiştir.Denemede biyo-gübrelerin ıspanağın toplam flavanoid içeriği üzerine artırıcı olumlu bir etkisi görülmemiştir (Çizelge 4.10).

Ceylan (2021), su kültüründe yetiştirilen fesleğende, mikorizanın fenol içeriğini %100, %80 ve %60 mineral gübre uygulamalarında sırasıyla %3, %10, %13 azalttığını, %40 ve %20 mineral gübre dozlarında ise sırasıyla %33 ve %2

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

artırdığını bildirmiştir. Azaltılan mineral gübre dozlarında mikorizanın flavonoid içeriğini %80 ve %60 mineral gübre uygulamalarında sırasıyla %21 ve %33 oranlarında azalttığını, %40 ve %20 mineral gübre uygulamalarında ise sırasıyla %5 ve %10 artırdığını belirtmiştir.

Howard ve ark., (2002,) ıspanağın fenolik bileşikler ve antioksidanlarca zenginolduğunu ve patuletinler ve spinacetinler gibi özel fenolik bileşikler içerdiğini ıspanağın fenolik madde miktarının 230-480 mg/100g TA arasında değiştiğini belirlemiştir. Bu değerler çalışmamızla uyum içerisindedir.

Yılmaz (2020), su kültüründe yetiştirilen kıvırcık marulda mineral gübreleri %50 azaltarak yerine bakteri,mikroalg (*Chlorella vulgaris*) ve mikoriza eklemiştir. Marul yapraklarında toplam fenol ve flavanoid içeriği bakımından en yüksek değerleri mikoriza uygulamasında olduğunu tespit etmiştir.

Çizelge 4.28. Azaltılmış mineral gübre koşullarında su kültüründe yetiştirilen ıspanak bitkisinin fenol ve flavanoid içeriği üzerine biyo-gübrelerin etkileri

Uygulamalar	Toplam Fenol (mg GA/100 g TA)	ToplamFlavanoid (mg RU/100g TA)
% 100 MG*	278.87 c	598.65
% 50 MG	354.37 a	589.65
% 50 MG+Alg	314.04 b	587.46
% 50 MG+Bakteri	320.95 b	590.20
% 50 MG+Mikoriza	356.88 a	598.65
LSD _{0.05}	31.491	Ö.D.
P	0.0009	0.6951

MG : Mineral Gübre TA: Taze ağırlık, GA: Gallik asit, RU: Rutin

4.2.6. Ispanak Bitkisinin C Vitamini İçeriği

Su kültürü tekniği ile ıspanak yetiştirilen ortama biyo-gübreler eklendiğinde yapraklarda C vitamini miktarının arttığı görülmüştür. C vitamini değerleri 57.27 mg/100 g(%50 besin) ile 73.83 mg/100 g(%50besin+mikoriza)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

arasında değişmektedir. Alg ve bakteri uygulamasında da sırası ile 68.11 mg/100 g, 65.41 mg/100 g kaydedilmiştir (Çizelge 4.11). Mikoriza, mikroalg ve bakteri ilaveleri %50 besin uygulamasına göre sırası ile C vitamini miktarını %28.91, %18.92 ve %14.21 oranında arttırmıştır. (Çizelge 4.11)

Çizelge 4.29. Su kültürü tekniği ile yetiştirilen ıspanak yapraklarının vitamin C içeriği üzerine biyo-gübrelerin etkileri

Uygulamalar	C Vitamini (mg/100g TA)
% 100 MG*	58.29 c
% 50 MG	57.27 c
% 50 MG+Alg	68.11 ab
% 50 MG+Bakteri	65.41 b
% 50 MG+Mikoriza	73.83 a
LSD _{0.05}	6.784
P	<.0001

MG: Mineral gübre

Yapılan çalışmalar ıspanağın vitamin C içeriğinin 19.4 mg/100 g (Cocetta ve ark., 2014), 48 mg/100 g (Bangash ve ark., 2011), 25-71 mg/100 g aralığında (Berquist ve ark., 2007) ve Çıtak ve ark., 2010'a göre 120.0 mg/100 g'a kadar çıkabileceğini bildirmektedir.

Yılmaz (2020), su kültüründe yetiştirilen marul yapraklarında en yüksek vitamin C değerini 13.20 mg/100 g ile bakteri uygulamasından elde ederken, mikoriza (10.58 mg/100 g) ve mikroalg (9.70 mg/100 g) uygulamalarının bakteri uygulamalarının gerisinde kaldığını belirlemiştir.

Aldiyab (2020), yeşil yapraklı fesleğen su kültüründe mineral gübreleri %50 azaltarak yerine mikroalg *Chlorella vulgaris*, bakteri ve mikoriza ilave ettiği çalışmada, mikroalg ve mikoriza biyo-gübreleri uygulamalarında C vitamini içeriğinin %2 ve %4.17 artış gösterdiğini bakteride ise %22.65 oranında azalış gösterdiği belirlemiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

4.2.7. Ispanak Yapraklarında Nitrat Konsantrasyonu

%100 besin uygulaması tüm uygulamalar içerisinde yüksek nitrat içeriğini göstermiştir. Ispanak yapraklarında en düşük nitrat konsantrasyonu, %50besin+bakteri uygulamasında (205.55 mg/kg)görülmürken,alg uygulamasında 386 mg/kg ve mikoriza uygulamasında 361.65 mg/kgnitrat kaydedilmiştir. %50 besine göre bakteri uygulamasının nitrat içeriği üzerine azaltıcı etkisi olmuştur.İnsan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinden dolayı nitrat ve nitritgıdalarda belirli dozların üzerinde bulunması istenmeyen maddelerdendir. Bu maddeler kansızlığa yol açmaları ve insan vücudunda bulunan sekonder aminlerle tepkimeye girerek kanserojen maddeleri oluşturmaları nedeniyle toksik etkiye sahiptir.

Çizelge 4.30. Biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarında nitrat içeriği üzerine etkileri (mg/kg TA)

Uygulamalar	Nitrat içeriği
% 100 MG*	623.37 a
% 50 MG	323.15 bc
% 50 MG+Alg	386.63 b
% 50 MG+Bakteri	205.55 c
% 50 MG+Mikoriza	361.65 b
LSD _{0.05}	139.49
P	0.0005*

MG: Mineral Gübre, TA: Taze Ağırlık

Yaprakları tüketilen yeşil sebzelerin çoğu yüksek oranda nitrat içermektedir (Certel ve ark., 2006). Bitkiler nitrat birikim durumuna göre düşük miktarda (0-200 mg/kg), orta miktarda (200-600 mg/kg) ve yüksek miktarda nitrat içerenler (600-4000 mg/kg) olarak üç grupta sınıflandırılmaktadır. Bu

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

çalışmada ıspanak yapraklarında bulunan değerlerin ortanın düşük seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

Tüzel ve Öztek (2017), suda yetiştirilen bitkilerin nitrat içeriğini rokada 2825.3 mg/kg, ıspanakta 1138.8 mg/kg, kuzukulağında 254.6mg/kg ve semizotunda 455.9 mg/kg olarak belirlemiştir. Suda yetiştirilen bitkilerin yapraklarında saptanan nitrat içeriğinin kullanılan torftan ve pH'yı dengelemek için kullanılan nitrik asit kaynaklı olduğu ileri sürülmüştür. Bostancı ve ark., (2018) su kültüründe yetişen ıspanaklardaki nitrat birikiminin toprakta yetişenlere göre oldukça fazla olduğunu ileri sürmüşlerdir. Yılmaz (2020), su kültürü tekniği ile yetiştirilen kıvırcık marul yetiştiriciliğinde nitrat miktarlarını en düşük olarak 168 mg/kg ile %50 besin içeren uygulamada, en yüksek nitrat miktarının ise %50 besin+bakteri (536 mg/kg) ardından %50 besin+mikoriza (345 mg/kg) ve %50 besin+alg (320 mg/kg) uygulamalarında bildirmiştir.

4.2.8. Ispanak Yapraklarında Makro Element Konsantrasyonları

4.2.8.1. Yaprak Azot (N) Konsantrasyonu

Su kültüründe %50 azaltılmış mineral gübrelere biyo-gübre ilavelerinin ıspanak yapraklarının N konsantrasyonuna etkisi araştırılmıştır. Azot ıspanak yetiştiriciliğinde en önemli besin maddesidir. Analiz sonuçlarına göre yapraklarda azot konsantrasyonu en düşük %7.24 (%50 besin uygulaması) ile en yüksek %8.18 (%50 besin+mikoriza) arasında değişmiştir (Çizelge 4.13). Azot içeriklerine bakıldığında %50 besin+mikoriza, %50 besin+alg ve %50 besin+bakteri uygulamalarında, %50 besin uygulamasına göre artış oranları sırası ile %12.9, %12.4, %11.4 olmuş ve bu uygulamalar istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

Kacar ve Katkat (1998) bitkilerin toplam azot oranını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada bitkilerin % 0.1 – 10.0 oranında azot içerdiğini bildirmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

İspanak topraklı yetiştiricilikte azot konsantrasyonu %4 ile %6 arasında yeterli beslenmiş kabul edilmektedir.

Çizelge 4.31. Azaltılmış mineral gübre koşullarında biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarının azot (N) konsantrasyonuna etkileri (%)

Uygulamalar	Azot
% 100 MG*	7.78 a
% 50 MG	7.24 b
% 50 MG+Alg	8.14 a
% 50 MG+Bakteri	8.07 a
% 50 MG+Mikoriza	8.18 a
LSD _{0.05}	0.531
P	0.0118

*: Mineral Gübre

4.2.8.2. Yaprak Potasyum(K) Konsantrasyonu

Yaprak analiz sonuçlarına göre en yüksek potasyum konsantrasyonları(%9.96)%100 besin ve ardından%50besin+mikoriza uygulamalarından (%8.76) elde edilmiştir.Biyo-gübrelerin yaprak potasyum konsantrasyonunu artırdığı görülmektedir Potasyum içeriklerine bakıldığında %50besin+alg,%50besin+mikoriza,%50besin+bakteri uygulamalarının %50besin uygulamasına göre potasyum oranlarını sırası ile %8.03,%9.9,%6.5 oranında arttırdığıve biyo-gübre uygulamalarının %50 besin uygulaması ile istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı görülmektedir (Çizelge4.14).Kaynar ve ark., (2018) göre ıspanak yapraklarının element içeriklerini belirlemek amacıyla yürütülen araştırmada ıspanak yapraklarının % 2.32 ve %13.28 aralığında potasyum içerdiği bildirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

Çizelge 4.32. Azaltılmış mineral gübre koşullarında biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarının potasyum (K) konsantrasyonu üzerine etkileri (%)

Uygulamalar	K
% 100 MG*	9.96 a
% 50 MG	7.97 b
% 50 MG+Alg	8.61 b
% 50 MG+Bakteri	8.49 b
% 50 MG+Mikoriza	8.76 b
LSD _{0.05}	0.83
P	0.0029

4.2.8.3. Yaprak Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonu

İspanak yapraklarının kalsiyum içeriği %0.49 (%50 besin) ile %0.59 (%50 besin+alg) arasında değişmiştir. Biyo-gübrelerin her üçünün de %50 besine göre istatistiksel olarak fark oluşturan kalsiyum artırıcı etkileri görülmektedir (Çizelge 4.15). Denemede %50 besin+alg, %50 besin+bakteri, %50 besin+mikoriza uygulamalarının %50 besin uygulamasına göre oransal kalsiyum değişimleri sırası ile %20.4, %4.08 ve %16.3 olmuştur. İbrikçi ve ark., (1994)'a göre ıspanak bitkisinin kalsiyum konsantrasyonu % 0.60 – 1.20 aralığında bildirilmiştir.

Çizelge 4.33. Azaltılmış mineral gübre koşullarında biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarının kalsiyum (Ca) konsantrasyonu üzerine etkileri (%)

Uygulamalar	Ca
% 100 MG*	0.60 a
% 50 MG	0.49 c
% 50 MG+Alg	0.59 a
% 50 MG+Bakteri	0.51 bc
% 50 MG+Mikoriza	0.57 ab
LSD _{0.05}	0.072
P	0.0192

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

4.2.8.4. Yaprak Magnezyum(Mg) Konsantrasyonu

Biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yaprağı magnezyum konsantrasyonunu,%50 besin uygulamasına göre biraz yükselttiği görülmektedir (Çizelge 4.16). Buna göre magnezyum içerikleri,%50besin+alg,%50besin+bakteri,%50besin+mikoriza uygulamalarında sırası ile %18.1,%9.0,%15.9 oranında artmıştır. Ispanak yapraklarında %0.6 ile %1.0 aralığındaki Mg konsantrasyonu yeterli beslenme olarak bildirilmiştir.

Çizelge 4.34. Azaltılmış mineral gübre koşullarında biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarının magnezyum (Mg) konsantrasyonu üzerine etkileri (%)

Uygulamalar	Mg
% 100 MG*	0.56 a
% 50 MG	0.44 c
% 50 MG+Alg	0.52 ab
% 50 MG+Bakteri	0.48 bc
% 50 MG+Mikoriza	0.51 ab
LSD _{0.05}	0.067
P	0.0231

4.2.8.5. Yaprak Fosfor(P) Konsantrasyonu

Denemedeki fosfor içeriği %0.76 ile %0.85 arasında değişmektedir. En yüksek fosfor içeriği %0.85Mg ile %50besin+bakteri uygulamasındanelde edilmiştir ve bu değer %100besin uygulaması ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Biyo-gübre uygulamalarıfosfor içerikleribakımından %50kontroluygulaması ile karşılaştırıldığında %50besin+alg,%50besin+bakteri,%50besin+mikoriza uygulamalarının artış oranları sırası ile %3.9,%11.8,%6.5 olmuştur.Bakteri fosforu daha fazla artırmıştır. Cantiliffe (1972)'nın yaptığı çalışmaya göre ıspanak bitkisinin kuru madde esasına

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

dayalı yapılan analizler sonucunda % 0.76 – 0.93 arasında fosfor içeriği bildirilmiştir.

Çizelge 4.35. Azaltılmış mineral gübre koşullarında biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarının fosfor (P) konsantrasyonu üzerine etkileri (%)

Uygulamalar	P
% 100 MG*	0.81 ab
% 50 MG	0.76 c
% 50 MG+Alg	0.79 bc
% 50 MG+Bakteri	0.85 a
% 50 MG+Mikoriza	0.81 ab
LSD _{0.05}	0.047
P	0.0247

4.2.9.Yaprak Mikro Element Konsantrasyonları

Biyo-gübreler mikro element içerikleri üzerine artırıcı etkiler yapmıştır ve ıspanak bitkisinin su kültüründe beslenmesine katkıda bulunmuşlardır (Çizelge 4.18.)Denemedeki farklı uygulamaların ıspanak yaprak bakır konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş en yüksek yaprak bakır içeriği %50besin+mikoriza (20.30 ppm)ve % 100 besin (20.30 ppm)uygulamalarından elde edilmiştir. İbrikçi ve ark. (1994) ıspanak bitkisinin 7 - 15 mg kg⁻¹ aralığındabakır içerdiğini bildirmiştir.Ispanak bitkisinin Mn içerikleri 78.57 ppm ile 52.02 ppm arasında değişmiştir. Mikro alg, bakteri ve mikoriza uygulamalarına göre yaprak Mn içeriğini arttırmıştır.Jones ve ark., (1991)ıspanak bitkisinin mangan içeriğinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda yeterli mangan düzeyinin 30-250 mg kg⁻¹ değer aralığında olması gerektiğini belirtmiştir.

Ispanak bitkisinde biyo-gübre ve kontrol uygulamalarında Fe konsantrasyonu 118.10 ppm ile 93.07 ppm arasında değişmiştir. Denemedeki ıspanak bitkilerinin yapraklarındaki Fe konsantrasyonu mikoriza, bakteri ve alg

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KACMAZ

uygulamalarında %50 kontrolüne göre sırası ile %26.89, %7.62 ve %4.94 artış göstermiştir. Mikorizanın Fe artırımında öne çıktığı görülmektedir.

Kaynar ve ark .,(2018)demir konsantrasyonunu ıspanak yapraklarında 96.1 – 295.6 mg kg⁻¹arasındave ıspanak köklerinde ise 221.4-420.1 mg kg⁻¹arasında bildirmiştir.

Çinko konsatrasyonu uygulamalar üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek çinko konsantrasyonu %50besin+bakteri uygulamasında 76.84 ppm ve en düşük çinko konsantrasyonu ise %50 besin uygulamasında ise 55.90 ppm olarak belirlenmiştir. Biyo-gübreler birbirine yakın oranda yaprak çinko içeriğini artırıcı etki yapmıştır. %50 besinuygulamasına göre Zn artış oranı bakteri, alg ve mikorizada sırasıyla %37.45,%21.44 ve %10.92 olarak gerçekleşmiştir.

Kaya (2014) artan dozlarda çinko uygulamasının ıspanak bitkilerinin besin elementi içeriklerineetkisinin araştırıldığı çalışmasında ıspanak yapraklarının çinko içeriğinin 14.59-173.69 mgkg⁻¹ arasında belirtmişlerdir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA Sevda KAÇMAZ

Çizelge 4.36.Azaltılmış mineral gübre koşullarında biyo-gübre uygulamalarının ıspanak yapraklarının bakır (Cu), mangan (Mn), demir (Fe) ve çinko (Zn) konsantrasyonları üzerine etkileri (ppm)

Uygulamalar	Cu	Mn	Fe	Zn
% 100 MG*	20.30 a	82.80 a	105.75 b	65.95 bc
% 50 MG	15.40 b	52.02 b	93.07 c	55.90 c
% 50 MG+Alg	16.92 ab	78.57 a	97.67 bc	67.95 ab
% 50 MG+Bakteri	16.85 ab	63.70 ab	100.17 bc	76.84 a
% 50 MG+Mikoriza	20.30 a	57.30 b	118.10 a	62.06 bc
LSD _{0.05}	Ö.D.	20.43	10,88	10.84
P	0.1276	0.0264	0.0030	0.0151

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER Sevda KAÇMAZ

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Su kültürü tekniği ile yetiştirilen ıspanak bitkilerinin beslenmesi için kullanılan besin çözeltisindeki mineral gübre miktarı %50 azaltılarak bunun yerine biyo-gübrelerden mikroalg, bakteri ve mikoriza kullanıldığı bu tez çalışmasında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Biyo-gübrelerden mikoriza, bakteri ve mikro alg sırası ile %11, %5.6 ve %7 oranında toplam verimde artış sağlamıştır. Biyo-gübrelerden mikoriza, bakteri, alg eklendiği durumda ıspanak yaprak alanında sırası ile %11, %5.3 ve %7.8 oranında artırıcı etkisi olmuştur. Biyo-gübrelerin yaprak alanı üzerine etkisinin yaprak ağırlığına ve yaprak genişliğine etkisi ile paralel artışlar gösterdiği söylenebilir. Yaprakta kuru madde oluşturulmasında ise önemli bir etkisi olmamıştır. Azalan mineral gübre dozlarında biyo-gübre uygulamaları yaprakta EC ve SÇKM değerlerine etki etmemiştir. Mikoriza fenol içeriğini arttırmış mikro alg ve bakteri ise azaltmıştır. Toplam flavonoid içeriği üzerine uygulamalar arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Su kültürü ıspanak yetiştiriciliğinde sisteme mikoriza alg ve bakteri biyo-gübresini eklendiğinde C vitamini miktarı artmıştır. Biyo-gübre uygulamaları yaprak nitrat içeriğini azaltmış yaprak azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum içeriğini arttırmıştır. Bakır konsantrasyonlarını etkilememiş mangan ve çinko konsantrasyonunu arttırmıştır.

Sonuç olarak, ıspanak sebzesi su kültüründe yetiştirilirken mineral gübreleri %50 oranında azaltarak bitki beslemenin mikoriza, mikro alg ve bakteri biyo-gübreleri ile desteklenmesi önerilebilir, bulunmuştur. Biyo-gübreler ile %50 mineral gübreye göre verim artışı sağlanmıştır. Her üç biyo-gübrede de yaprakların vitamin C içeriğini artmıştır. Mikoriza kullanımı sayesinde fenol içeriği artmış ve bakteri kullanımı ile nitrat azalmıştır. Bitki beslenme bakımından biyo-gübrelerin makro ve mikro besin elementleri alımında olumlu artırıcı etkileri gözlenmiş yaprakların besin maddesi içerikleri artmıştır. Ayrıca toprakta yetiştirilen ıspanak bitkisine göre daha temiz, körpe ve gevrek yapraklar elde edilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER Sevda KAÇMAZ



KAYNAKLAR

- Akkuş, F., 2011. Mikrobiyal ve İnorganik Gübre Uygulamalarının Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Ispanak (*Spinacia oleracea*) ve Kök Kerevizde (*Apium graveolens*) Bitki Gelişimi ve Verim Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Alberici A., Quattrini E., Penati, M., Martinetti, L., Gallina, P.M., Ferrante, A., Schiavi, M., 2008. Effect of the reduction of nutrient solution concentration on leafy vegetables quality grown in floating system. ISHS Acta Horticulturae, 801, 1167-1175.
- Aldiyab A., 2020. Su Kültürü fesleğen yetiştiriciliğinde mikoriza mikroalg ve bakteri ile mineral gübrelerin azaltılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilimi Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kod no: 5698.
- Bostancı ve ark 2018. Açıkta ve örtüaltında yetiştirilen ıspanağın verim ve kalitesi üzerine durgun su kültürü tekniği ile topraklı yetiştiriciliğin etkilerinin araştırılması, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Bahçe Bitkileri Bölümü Kasım, 2018; 82 Sayfa
- Cantiliffe, D.J., 1972. Nitrate accumulation in spinach grown under different light intensities. J. Amer. Soc. Hort. Scie.. 97(2): 152-154.
- Cataldo, D.A., Haroon, M., Schrader, L.E., Youngs, V.L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun. Soil. Sci and Plant Analysis, 6(1): 71-80.
- Certel, M., Karakaç, B., Gök, B., Cengiz, F., 2006, Antalya yöresinde tüketilen yenilebilir bazı yabancı bitkilerin nitrat ve nitrit içerikleri. Türkiye 9. Gıda Kongresi (24-26 Mayıs 2006, Bolu) Bildirileri, 263-266.
- Ceylan E. 2021. Mikorizanin su kültürü fesleğen yetiştiriciliğinde mineral gübreleri azaltma üzerine etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilimi Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kod no: 5802.

- Cocetta, G., Quattrini, E., Schiavi, M., Martinetti, L., Spinardi, A., Ferrante, A., 2007, Nitrate and sucrose content in fresh-cut leaves of spinach plants grown in floating system. *Agricultural Medicine*, 137, 79-85.
- Correll, J.C., Morelock, T.E., Black, M.C., Koike, S.T., Brandenberger, L.P. and Dainello, F.J. 1994. Economically Important Disease of Spinach, Plant Disease, The American Phytopathological Society, United States of America, p. 653-659.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Şahin, F. 2001. Effect of N₂-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164, 527-531.
- Delgado-Vargas, F., Jiménez, A.R. and Paredes-López, O. 2000. Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains - Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(3): 173–289.
- Demir, H. 2007. Yaprığı Yenen Sebzeler. Hasad Yayıncılık, 49-68 s.
- Deveci, M., Şalk, A., Arın, L. ve Polat, S. 2008. Özel Sebzecilik. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Tekirdağ. s. 47-61.
- Duyar, H., Kılıç, C.C., 2016, A research on production of rocket and parsley in floating system. *Journal of Agricultural Science*, 8(7): 54-60.
- Ergün, O., Daşgan, H.Y., Işık, O., 2020. Effects of micromikroalgae *Chlorella vulgaris* on hydroponically grown lettuce. *Acta Horticulturae* 1273: 169-176. XXX IHC – Proc. II International Symposium on Soilless Culture, DOI 10.17660/ActaHortic.2020.1273.23
- Eşitken, A., Pırlak, L., Turan, M., Sahin, F. 2006. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. *Scientia Horticulturae*, 110, 324-327.
- Faheed, F.A., Fattah, Z.A. (2008) Effect of *Chlorella vulgaris* as Bio-fertilizer on Growth Parameters and Metabolic Aspects of Lettuce Plant. *Journal of Agriculture & Social Sciences*.

- FAOSTAT, 2019. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Günay, A. 2005. Sebze Yetiştiriciliği. Cilt 1, Ispanak, s. 466-481, İzmir.
- Haghighi M., Mozafariyan M., Abdolahi-pour B. Effect of Cucumber Mycorrhiza Inoculation under Low and High Root Temperature Grown on Hydroponic Conditions J. Crop Sci. Biotech. 2015 (June) 18 (2) : 89 ~ 96.
- Howard LR, Pandjaitan N, Morelock T and Gil. MI (2002). Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Spinach as Affected by Genetics and Growing Season. J. Agric Food Chem. 50:5891-5896.
- İbrikçi, H., Gülüt, K.Y., Güzel, N., 1994. Gübrelemede Bitki Analiz Teknikleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 95, Ders Kitapları Yayın No:8, S.16-17, Adana.
- İbrikçi, H., Gülüt, K.Y., Güzel, N., 1994. Gübrelemede Bitki Analiz Teknikleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 95, Ders Kitapları Yayın No:8, S.16-17, Adana.
- Jones, J. B. , B.Wolf and H. A. Mills 1991. I. Methods of Plant Analysis and Interpretation. *Plant Analysis Handbook*, p. 1-213. Micro-Macro Publishing Inc. USA.
- Kacar, B., Katkat, V. 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 127. Vıpaş Yayınları No: 3, Bursa.
- Kardüz, Y., Tüzel, Y., Öztekin G.B., 2015. Kapılar Sistemde Salata-Marul Yetiştiriciliğinde Mikoriza Uygulaması Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 52 (2):151-159.
- Kaya, S., 2014. Hümik Asit ve Çinko Uygulamalarının Ispanakta Bitki Gelişimi ve Besin Elementi İçeriklerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaynar, S., Hiçsönmez, Ü., Özdemir, A., Özdemir, C. 2018. Manisa’da Yetiştirilen Ispanak Bitkisinin (*Spinacia oleracea* L.) Toprak, Kök ve Yaprak Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.* 8(2): 131-140, 2018.

- Kloepper, J.W., Lifshitz, R., Zablotowicz, R.M. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Trends in Biotechnology, 7: 38-44.
- Kloepper, J.W., Lifshitz, R., Zablotowicz, R.M. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Trends in Biotechnology, 7: 38-44.
- Koh, E., Charoenprasert, S. and Mitchell. A.E. 2012. Effect of Organic and Conventional Cropping Systems on Ascorbic Acid, Vitamin C, Flavonoids, Nitrate and Oxalate in 27 Varieties of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). Journal Agricultural Food Chemistry, 60(12): 3144.
- Kovács, A.B., R. Kremper, I. Kincses, I. Leviczky, A., 2016. Influences of different organic fertilizers on nutrients of humic sandy soil and on the growth of Spinach (*Spinacia oleracea* L.), *Acta agrar. Debr.* 70: 23–28.**
- Kowalczyk, K., Mirgos, M., Bączek, K., Niedzińska, M., Gajewski, M., 2016. Effect of different growing media in hydroponic culture on the yield and biological quality of lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*). Acta Hort. 1142: 105-110.
- Kütevin, Z. ve Türkeş, D.1985. Ispanak, Genel Sebze Tarımı Prensipleri ve Sebzeçilik Yöntemleri. Yalova, 180s.
- Lee, S. and Lee, J. 2015. Beneficial Bacteria and Fungi in Hydroponic Systems: Types and Characteristics of Hydroponic Food Production Methods. Scientia Horticulturae. 195: 206-215.
- Lenzi, A., Baldi, A., Tesi, R., 2011, Farklı hacimlerde havalandırılmış veya havalandırılmamış besin çözeltisi içeren yüzen bir sistemde ıspanak yetiştirme. Bahçe Bitkileri Bilimindeki Gelişmeler, 25 (1): 21-25.
- Li, X.L., Marschner, H., George, E. 1991. Acquisition of phosphorus and copper by VAM hyphae and root to shoot transport in white clover. Plant and Soil 136: 49-57.
- Nautiyal, C.S., Bhadauria, S., Kumar, P., Lal, H., Mondal, R., Verma, D. 2000. Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from alkaline soils. FEMS Microbiology Letters 182:291-296.

- Okudur, E., Ercan, N., 2016. Farklı gübre uygulamalarının durgun su kültüründe yetiştirilen marullarda verim ve kaliteye etkileri. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD Özel Sayı 69-78.
- Ortaş, İ., Ergün, B., Ortakçı, D., Ercan, S., Köse, Ö., 1999. Mikoriza sporlarının üretilmesi ve tarımda kullanım olanakları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 23(4): 959-968.
- Ötleş, S. ve Atlı, Y. 1997. Karotenoidlerin İnsan Sağlığı Açısından Önemi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 3(1): 249- 254.
- Özbay N, Ergun M, Demirkıran A.R., 2018. Ticari Mikrobiyal Gübre Sim Derma(*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) Uygulamasının Ispanakta Çimlenme, Gelişme ve Verim Üzerine Etkisi, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5(4): 482-491.
- Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, J., Luyck, M., Cazin, M., Cazin, J. C., Bailleul, F., Trotin, F., 2000. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. Journal of Ethnopharmacology, 72: 35-40.
- Saha. S., Monroe, A., Day, M. R., 2016. Growth yieldplant quality and nutrition of basil (*Ocimum basilicum* L.) under soilless agricultural systems. Annals of Agricultural Sciences. 61(2). 181-186.
- Schwarz, M., 1995. Soilless culture management, Advanced series in agricultural sciences 24, ISBN 978-3-642-79093-5, 199p. Jerusalem, Israel.
- Sevgican, A., 1999. Örtüaltı sebzeciliği (Topraksız Tarım). Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 526, Bornova, İzmir.
- Shah, A.H., Shah, S.H., Muneer, S., and Rehman, M. 2009. Comparison of Two Nutrient Solution Recipes for Growing Spinach Crop in a Non-Circulating Hydroponic System. Sarhad Journal of Agriculture. 25(3): 405-418.

- Sinha, A., Singh, A., Kumar, S., Khare, S. K., Ramanan, A., 2014. Microbial mineralization of struvite: A promising process to overcome phosphate sequestering crisis. *Water research*, 54, 33-43.
- Smith, J. 1991. Food Additive User's Handbook. Blackie Academic& Professional, an Imprint of Chapman & Hall, Glasgow, UK, p. 106-107.
- Smoleń, S., Ledwozyw-Smoleń, I., Halka, M., Sady, W., Kováčik, P. 2017. The Absorption of Iodine from 5-Iodosalicylic Acid by Hydroponically Grown Lettuce. *Scientia Horticulturae*. 225: 716-725.
- Spanos, G. A., Wrolstad, R. E., 1990. Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson seedless grape juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38:1565-1571.
- TÜİK, 2013, 2014, 2016, 2017, 2019, Türkiye İstatistik Kurumu Erişim Tarihi: 15.07.2018, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>.
- Tüzel, Y., Oztekin, G.B., 2017, Organic seedling production. *Acta Horticulturae*, 1170, 1141-1148.
- Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman, İ. 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, s. 95-105.
- Wei Jin, C., Liu, Y., Mao, Q.Q., Wang, Q. and , Ting Du S. 2012. Mild Fe-Deficiency Improves Biomass Production and Quality of Hydroponic-Cultivated Spinach Plants (*Spinacia oleracea* L.). *Food Chemistry*, 138: 2188-2194.
- Winsor, G.W. and M. Schwarz. 1990. Soilless culture for horticultural crop production. FAO plant production and protection paper, No: 101, Rome, pages 188.
- Yıldız, A. 2009. Mikoriza ve arbusküler mikoriza bitki sağlığı ilişkileri. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 6(1): 91-101.
- Yılmaz, D., 2020. Su kültürü marul yetiştiriciliğinde mikoriza bakteri ve mikroalg ile mineral gübrelerin azaltılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Kod no: 5666

- Yılmaz, E., Gül, A., 2009. Topraksız Ortama Arbusküler Mikoriza Aşılamanın Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Yetiştiriciliği Üzerine Etkileri, GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(2), 55-61.
- Yolcu, H., Güneş, A., Güllap, M.K., Çakmakçı, R. 2012. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on some morphologic characteristics, yield and quality contents of Hungarian vetch. Turkish Journal of Field Crops, 17 (2) : 208- 214.



ÖZGEÇMİŞ

Sevda KAÇMAZ İlk ve Orta öğrenimini Şehit Teğmen Hakan Kabil okulunda tamamladı.Lise öğrenimini Diyarbakır Fatih Lisesinde tamamlamıştır.2014 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünde başladı.2018 yılında mezun oldu ve 2018 yılı sonbahar döneminde Çukurova Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında Yüksek Lisansa başlamıştır.

