

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS

**Hidroponik Ispanak (*Spinacia Oleracea*) Yetiştiriciliğinde
Vermikompost, Deniz Yosunu ve Kitosan Kullanımı**

Alişen Ahmet GAYGISIZ

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Eylül, 2023

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VII
1. GİRİŞ	1
1.1. Topraksız Yetiştiricilik.....	1
1.2. Biyostimülantlar	3
1.2.1. Kitosan	4
1.2.2. Vermikompost.....	4
1.2.3. Deniz Yosunu.....	5
1.3. Ispanak Sebzesinin Önemi	5
1.4. Ispanak Sebzesinin Morfolojisi	7
1.5. Amaç	9
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Bitkisel Materyal	15
3.2. Biyostimülantlar	15
3.2.1. Kitosan.....	15
3.2.2. Deniz Yosunu	15
3.2.3. Vermikompost	16
3.3. Stok Besin Materyalleri.....	16
3.4. Deneme Yöntemi.....	17
3.4.1. Denemede Gerçekleştirilen Uygulamalar	20
3.5. Hasat	23
3.6. Denemede Yapılan Ölçüm ve Analizler	24
3.6.1. Bitki Yaprak Taze Ağırlığı (g/bitki).....	24
3.6.2. Yaprak Alanı (cm ² /bitki)	24
3.6.3. Yaprak Sayısı(adet/bitki)	25
3.6.4. Kuru Madde Üretimi (%).....	25
3.6.5. Kök Boyu (cm).....	25
3.6.6. Bitki Yeşil Aksam Boyu(cm).....	25
3.6.7. Toplam Fenolik Madde Tayini (mg GA/100 g TA).....	25
3.6.8. Toplam Flavonoid Tayini (mg RU/100 g TA)	26

3.6.9. Nitrat Miktarı (mg/kg TA)	26
3.6.10. C vitamini (L-Askorbik Asit).....	26
3.6.11. Toplam Verim (g/m^2) (g/bitki)	26
3.6.12. Ispanak Yapraklarında SÇKM (Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı) Tayini (%)	26
3.6.13. Ispanak Yapraklarında EC ve pH Tayini	26
3.6.14. Ispanak yapraklarında SPAD Okumaları	26
3.6.15. Yaprakta Besin Elementi Analizleri.....	27
3.6.16. Verilerin Değerlendirilmesi.....	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
4.1. Ispanak Bitkisi Verim.....	33
4.2. Ispanak Bitkilerinde Yaprak Alanı (cm^2 /bitki).....	35
4.3. Ispanak Bitkilerinde Yaprak Sayısı	37
4.4. Ispanak Bitki Boyu Uzunluğu	38
4.5. Ispanak Yapraklarında Kuru Madde Oluşumu	39
4.6. Ispanak Bitkisinde Kök Taze Ağırlığı	40
4.7. Ispanak Bitkisinde Kök Kuru Ağırlığı.....	41
4.8. Ispanak Bitkisinde Kök Kuru Madde Oranı	42
4.9. Ispanak Bitkisinde Kök Uzunluğu.....	43
4.10. Ispanak Yapraklarında pH, EC, SÇKM ve Asitlik	43
4.11. Ispanak Yapraklarının Fenol ve Flavonoid İçerikleri.....	44
4.12. Ispanak Yapraklarında C Vitamini Miktarı	45
4.13. Ispanak Yapraklarında Nitrat Miktarı.....	46
4.14. Ispanak Yapraklarında Toplam Klorofil Miktarı (SPAD).....	47
4.15. Ispanakta Besin Maddeleri Analizleri	48
4.15.1. Yaprakta Azot (N) Konsantrasyonu.....	48
4.15.2. Yaprakta Fosfor (P) Konsantrasyonu.....	49
4.15.3. Yaprakta Potasyum (K) Konsantrasyonu.....	50
4.15.4. Yaprakta Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonu	51
4.15.5. Yaprakta Magnezyum (Mg) Konsantrasyonu.....	52
4.15.6. Yaprakta Mikro Element Konsantrasyonları	53
4.16. Biyostimülantların Maliyetleri	54
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	57
KAYNAKÇA.....	61
ÖZGEÇMİŞ	67

Hidroponik Ispanak (*Spinacia Oleracea*) Yetiştiriciliğinde Vermikompost, Deniz Yosunu ve Kitosan Kullanımı

Alişen Ahmet GAYGISIZ

Danışman: Prof. Dr. Hayriye Yıldız DAŞGAN

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

ÖZ

Hidroponik sistem (durgun su kültürü) ıspanak yetiştiriciliğinde kimyasal gübrelere ek olarak farklı biyostimülant kullanımının etkisi araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmada biyostimülant olarak deniz yosunu, kitosan ve vermikompost biyostimülantlarının iki farklı dozu kullanılmıştır. Araştırmada Ranchero F1 ıspanak çeşidi kullanılmıştır. Deneme bir kontrol grubu ve altı biyostimülant grubu şeklinde toplamda yedi uygulama olarak kurulmuştur. Her uygulamada dört tekerrür ve her tekerrürde 45 bitki kullanılmıştır. Deneme sonunda vermikompost uygulamaları diğer uygulamalara göre 5 gün erken hasata gelmiş olup erkencilik sağlamıştır. Toplam verimde kontrole göre %49,2 artış ile en çok verim alınan uygulama vermikompost 1000µl/L olmuştur. Yaprak alanı ve tam boy ölçümlerinde de vermikompost 1000µl/L uygulaması en yüksek sonuçları vermiştir. 44 ile kitosan 300µl/L uygulamasında bulunmuş olup kontrole göre %7,36 artış göstermiştir. Kök taze ve kuru ağırlığında tüm biyostimülant uygulamalarının kontrolden aşağıda kaldığı gözlenmiştir. Biyostimülant uygulamalarının bitkileri köküne nazaran yeşil aksama daha çok çalıştırdığını söyleyebiliriz. Nitrat birikimi bakımından sonuçlar orta seviye grubunda yer almış olup ıspanak bitkilerimizdeki nitrat miktarı normal seviyededir. Makro ve mikro element sonuçlarında biyostimülantların özellikle vermikompost ve deniz yosunu uygulamalarının olumlu etkileri saptanmıştır. pH, EC, SÇKM ve Asitlik oranlarında da biyostimülantların olumlu etkileri gözlenmiştir. Çalışmamızda yapılan tüm gözlem, ölçüm ve analiz sonuçlarının ışığında biyostimülant uygulamalarının genel anlamda vermikompost, deniz yosunu uygulamaları başarılı bulunmuştur ve en iyi uygulama vermikompost 1000µl/L olarak tespit edilmiştir. Bu biyostimülantların yetiştiricilikte kullanılması gerektiğini, kitosan uygulamalarının da bazı parametrelerde olumlu etkileri olduğunu fakat diğer biyostimülantlara kıyasla geride kaldığını ve farklı dozlarda yeni denemeler yapılabileceğini söyleyebiliriz.

Anahtar Kelimeler: Su kültürü, Ispanak, Vermikompost, Deniz Yosunu, Kitosan

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MSc THESIS

**Hidroponik Ispanak (*Spinacia Oleracea*) Yetiştiriciliğinde
Vermikompost, Deniz Yosunu ve Kitosan Kullanımı**

Alişen Ahmet GAYGISIZ

Advisor: Prof. Dr. Hayriye Yıldız DAşGAN

Department of Horticultural Plants

ABSTRACT

The effect of using different biostimulant in addition to chemical fertilizers in hydroponic system (still water culture) spinach cultivation was investigated. In this study, two different doses of seaweed, chitosan and vermicompost biostimulants were used as biostimulant. Ranchero F1 spinach variety was used in the study. The experiment was set up as a control group and six biostimulant groups, with a total of seven applications. There are four replications in each application and 45 plants in each replication. At the end of the experiment, vermicompost applications came to harvest 5 days earlier than other applications and provided earliness. Vermicompost 1000µl/L was the application with the highest yield, with an increase of 49.2% in total yield compared to the control. Vermicompost 1000µl/L application gave the highest results in leaf area and full length measurements. Chitosan was found in 300µl/L application with 44 and showed an increase of 7.36% compared to the control. It was observed that all biostimulant applications remained below control in root fresh and dry weight. We can say that biostimulant applications make the plants work more on the green parts than the roots. In terms of nitrate accumulation, the results were in the intermediate level group, and the nitrate amount in our spinach plants was at a normal level. The positive effects of biostimulants, especially vermicompost and seaweed applications, were determined in the macro and micro element results. Positive effects of biostimulants were also observed in PH, EC, SÇKM and Acidity ratios. In the light of all the observations, measurements and analysis results in our study, the biostimulant applications were generally found to be successful in vermicompost and seaweed applications and the best application was determined as 1000µl/L vermicompost. We can say that these biostimulants should be used in aquaculture. Also chitosan applications have positive effects on some parameters too. But they are left behind compared to other biostimulants and new trials can be made at different doses.

Keywords: Hydroponic, Spinach, Vermicompost, Chitosan, Seaweed.

TEŞEKKÜR

Başta danışmanım Sayın Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN hocama tüm emeklerinden, anlayışından, sahiplenici oluşundan, fedakarlığından dolayı teşekkür eder ve bilgi birikimini, tecrübelerini esirgemediği için saygılarımı sunarım.

Çalışmamın her aşamasında yanımda olan, pratik zekasıyla, fedakarlığıyla destek olup bana ağabeylik yapan Ar. Gör. Boran İKİZ'e çok daha iyi yerlere gelmesini temenni ederek sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Gerek arazi çalışmalarımda gerekse laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen doktora, yüksek lisans ve lisans öğrencisi tüm kardeşlerime hayatlarında başarılar diler, emeklerinden dolayı hepsine tek tek teşekkür ederim. Desteklerinden dolayı iş arkadaşlarıma, ekibime çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi manevi yanımda olan sevgili anneme, babama, kardeşlerime ve arkadaşlarıma emeklerinden, desteklerinden dolayı en içten duygularıyla saygılarımı sunar, çok teşekkür ederim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	100 g ıspanakta bulunan besin değerleri.	6
Çizelge 1.2.	İspanak bitkisinin sınıflandırılması.	7
Çizelge 3.1.	Atocrop deniz yosunu biyostimülantının içeriği	16
Çizelge 3.2.	Ekosolfarm sıvı solucan gübresinin içeriği	16
Çizelge 3.3.	Stok çözeltilerde yer alan gübreler ve kullanılacak besin çözeltisi reçetesi.....	17
Çizelge 4.1.	Farklı biyostimülantlar ile yetiştirilen ıspanak bitkilerinde üç hasat tarihinde yaprak verimleri (kg/m ²).....	34
Çizelge 4.2.	Farklı biyostimülantlar ile yetiştirilen ıspanak bitkilerinde toplam verim (kg/m ²)	35
Çizelge 4.3.	Farklı biyostimülant gübrelerinin ıspanak toplam yaprak alanı üzerindeki etkileri (cm ² /bitki).....	36
Çizelge 4.4.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak bitkisinde yaprak sayısı üzerine etkisi (adet/bitki)	38
Çizelge 4.5.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak bitkisinde bitki boyu üzerine etkisi (cm/yaprak)	39
Çizelge 4.6.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak bitkisinde yaprak kuru madde oranına etkisi (%).	40
Çizelge 4.7.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak kök taze ağırlığına etkisi	41
Çizelge 4.8.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak kök kuru ağırlığına etkisi	42
Çizelge 4.9.	Farklı biyostimülant uygulamalarının kök kuru madde oranına etkisi	42
Çizelge 4.10.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak kök uzunluğuna etkisi	43
Çizelge 4.11.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta pH, EC, SÇKM ve Asitlik üzerine etkileri	44
Çizelge 4.12.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta toplam fenol ve flavonoid üzerine etkileri	45
Çizelge 4.13.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta C vitamini üzerine etkileri	46
Çizelge 4.14.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta nitrat miktarı üzerine etkileri	47
Çizelge 4.15.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta SPAD değerlerine etkileri	48
Çizelge 4.16.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta Azot (N) değerlerine etkileri	49
Çizelge 4.17.	Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta Fosfor (P) değerlerine	

etkileri	50
Çizelge 4.18. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta Potasyum (K) değerlerine etkileri	51
Çizelge 4.19. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta Kalsiyum (Ca) değerlerine etkileri	52
Çizelge 4.20. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta Magnezyum (Mg) değerlerine etkileri	53
Çizelge 4.21. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta mikro elementler üzerindeki etkisi (ppm)	54
Çizelge 4.22. Biyostimülantların Maliyet Raporu (TL-Dolar)	55



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Hidroköltür Sistemleri.	2
Şekil 1.2.	Türkiye 2012-2021 yılları arası ıspanak üretim miktarı (ton).....	7
Şekil 3.1.	Ekilen ıspanak tohumlarının çimlenme aşaması ve fide gelişimi	18
Şekil 3.2.	Transfer aşamasına gelen ıspanak fideleri	19
Şekil 3.3.	ıspanak fidelerinin durgun su költürüne transferi	20
Şekil 3.4.	ıspanakların deneme sürecinde gelişiminden genel görüntüler	22
Şekil 3.5.	Hasat aşamasına gelen ıspanak bitkileri ve hasat ediliş aşaması	23
Şekil 3.6.	Hasat sırasında ıspanak yaş ağırlık ölçümü	24
Şekil 3.7.	Alan ölçümü yapılmak üzere hazırlanan ıspanak yaprakları	25
Şekil 3.8.	ıspanak yapraklarının kurutma ve öğütme işlemleri	28
Şekil 3.9.	Köl fırını ve azot analizi yapılırken görüntüler.....	29
Şekil 3.10.	Farklı analiz aşamalarından görüntüler	30
Şekil 3.11.	Mineral elementlerin analizi yapılırken görüntüler	31
Şekil 4.1.	ıspanak yetiştiriciliğinde kümülatif veya yığılımlı hasat verim değerleri	35
Şekil 4.2.	ıspanak yetiştiriciliğinde toplam yaprak alan değerleri	37
Şekil 4.3.	ıspanak yetiştiriciliğinde yaprak sayı değerleri	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
Ca	: Kalsiyum
cm	: Santimetre
Cu	: Bakır
ÇÜ	: Çukurova Üniversitesi
da	: Dekar Alan
DY 1	: Deniz Yosunu 250mg/L
DY 2	: Deniz Yosunu 500mg/L
EC	: Elektirksel İletkenlik
EM	: Etkin mikroorganizmalar
Fe	: Demir
g	: Gram
K	: Potasyum
kg	: Kilogram
KT 1	: Kitosan 150µl/L
KT 2	: Kitosan 300µl/L
L	: litre
m	: Metre
m ²	: Metrekare
Mg	: Magnezyum
ml	: mililitre
mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
N	: Azot
Na	: Sodyum
P	: Fosfor
ppm	: Milyonda Bir Birim
SÇKM	: Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı
TA	: Taze Ağırlık
VK 1	: Vermikompost 1000µl/L
VK 2	: Vermikompost 2000µl/L
Zn	: Çinko

1. GİRİŞ

Artan nüfusun besin ihtiyaçları, değişen iklim faktörleri doğrudan tarımsal üretimi etkilemekte olup, daha verimli kaliteli besin üretimini gerçekleştirmek adına tarımsal gelişmeler gerçekleşmektedir. Bunlardan en önemli gelişmelerden birisi de örtüaltı yetiştiriciliğidir. Örtüaltı yetiştiriciliği; çevre ve iklim koşullarını kısmen veya tamamen kontrol altına alındığı bir sistemdir. Örtüaltı yetiştiriciliği teknikleri, kuzey Avrupa ülkelerinden Akdeniz ülkelerine yayılmıştır. Örtüaltı yetiştiricilik yöntemi, olumsuz iklim koşullarından, hastalık ve zararlılardan arı ortam sağlayarak yıl boyu kalite oranı yüksek ürünler ortaya koymayı sağlamaktadır. Çin, Güney Kore, İspanya ve Türkiye örtüaltı yetiştiriciliğinde lider ülkelerdir. Akdeniz ülkeleri başta olmak üzere gelişerek yayılan örtüaltı yetiştiriciliği sera teknolojilerinde bir atılım olmuştur. (Daşgan ve ark., 2009; Can, G., 2022).

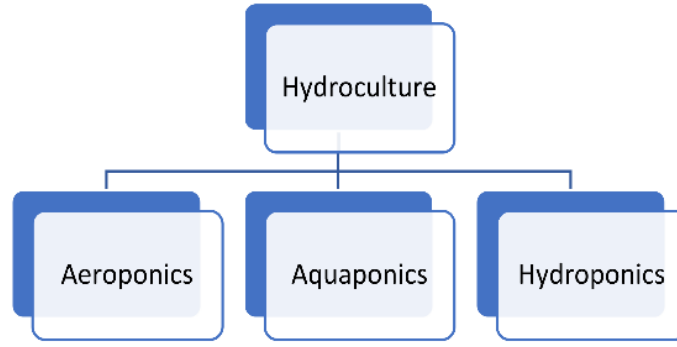
1.1. Topraksız Yetiştiricilik

Toprakların kirletilmesi, bilinçsiz kentleşme sonucu verimli toprakların betonlaşması gibi olumsuz sebeplerin yanı sıra artan nüfusa yeterli üretimin gerçekleştirilebilmesi için birim alandan yüksek verim alınmasını sağlayan yöntemlerden biri olan topraksız tarım büyük önem kazanmıştır (Meriç ve Öztekin, 2008).

Yaprakları tüketilen sebze türleri toprakta yetiştirildiğinde, toprak kökenli hastalıklar, yabani otlar, yaprakların topraklı olması gibi birçok sorun söz konusu olmakta ayrıca bu sorunlar dolayısıyla ilaç kullanımı gerekmekte böylece hem maddi masraf hem de kalıntı durumları ortaya çıkabilmektedir. Bu sebzelerin pazara sunulmadan topraklarından arındırılması için yıkanması ve kurutulması gerekmektedir. Yıkama sonucunda yapraklar kurutulmadan pazara sunulduğunda yapraklarda bozulma ve deformasyon meydana gelmekte, bu da ciddi ürün kayıplarına neden olabilmektedir. Oysa topraksız tarım yetiştiriciliğinde toprak kökenli hastalıklardan ve ilaçlarından arı, yabancı otlardan ve ilaçlarından arı olarak daha sağlıklı sebze yetişmektedir. Ayrıca sebze yapraklarının topraklı olma riski ortadan tamamıyla kalkmakta ve hasat sonrası yıkama gerektirmediğinden önemli ölçüde işgücü ve su tasarrufu sağlanmaktadır. Gerek üretim aşaması gerekse üretim sonrasında sağlanan su tasarrufu, suyun kısıtlı ve giderek daha da önemli olduğu günümüz koşullarında topraksız yetiştiricilik sisteminin önemi artmaktadır (Öztekin ve ark. 2019).

Seralarda topraksız tarım yetiştiriciliği ticari olarak 1970’li yıllardan sonra yaygınlaşmıştır ve iki yöntem önem kazanmıştır. Birincisi su kültürü (hydroculture), ikincisi ise katı ortam (Agregat) kültürüdür (Talaz ve Naz, 2019).

Hidro kültür; ortam olarak toprağın kullanılmadığı, temelde su ve sıvı gübreyle dayalı, bitkiyi sabit tutmak için çeşitli substratların da kullanıla bilindiği bitki yetiştirme sistemidir (McGuigan B., 2022).



Şekil 1.1. Hidrokültür Sistemleri

Aeroponik sistem; bitki köklerinin havada asılı tutulduğu, su ve besin maddelerinin hazırlanmış olan besleme tanklarından sürekli veya sabit aralıklarla mistleme şeklinde bitki köklerine püskürtüldüğü, hidrokültür bitki yetiştirme tekniklerinden birisidir. Bu teknik, NASA tarafından bitkilerin araştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır; ancak daha yeni bir teknik olduğu için hidroponik kadar yaygın olarak kullanılmamaktadır (Lakhiar ve ark., 2018; Li ve ark., 2018)

Akuaponik sistem; su ürünleri yetiştiriciliği ile hidroponik bitki yetiştiriciliğinin döngüsel olarak birbirine entegre olduğu bir yetiştiricilik sistemidir. Nehirlerde, göllerde kendiliğinden oluşmuş küçük birikintilerdeki balık ve bitki ekosisteminden ilham alınarak geliştirilmiştir. Yetiştiriciler tarafından oluşturulan akvaryumdaki balıklar belirli bir diyetle beslenerek bitkilerin ihtiyacı olan besinlerin balıkların dışkılarından bitkilerin en faydalı şekilde beslenmesi amaçlanır. Elbette ki toksisitenin önlenmesi amacıyla filtrasyon sistemleri kullanılmaktadır (Panigrahi ve ark., 2016).

Hidroponik sistem; topraksız tarım uygulamaları içerisinde en eski ve en yaygın olan yetiştiricilik sistemidir. Günümüzde kullanılan pek çok topraksız tarım uygulamaları da bu sistemin geliştirilmesi ve kombinasyonu ile ortaya çıkmıştır. Hidroponik sistemde su ortamında eriyik haldeki bitki besin maddeleri ile bitkisel üretim yapılmaktadır. NFT, durgun su, gel-git sistem gibi farklı şekillerde olabilmektedir. Çalışmada kullanılan sistemimiz besin eriyikli kaplarda belirli aralıklarla oksijen verilip bitki yetiştirilen durgun su sistemidir. Hidroponik sistemde bitkiye sadece ihtiyacı kadar besin takviyesi yapıldığı için tarımsal girdilerde ve su tüketiminde ciddi anlamda tasarruf sağlanmaktadır (Specht, 2014).

Hidroponik Sistemin Avantajları;

- Topraksızdır, toprak kaynaklı hastalıklara rastlanmaz.
- Gübre tasarrufu sağlar.
- Su tasarrufu sağlar.
- Hızlı büyüme ve mahsul artışı sağlar.
- Daha iyi alan tahsisi imkânı verir.
- pH ve EC üzerinde daha fazla kontrol sağlar.

- Yabancı ot mücadelesi gerekmez.
- Daha az herbisit ve pestisit kullanımı görülür.
- Emek ve zamandan tasarrufu sağlar.

Hidroponik Sistemin Dezavantajları;

- Yükske tekonomjik sera veya bitki fabrikalarında sistemi kurmak maliyetlidir, ancak orta veya düşük teknoloji kullanılan yapılar için daha uygun maliyetle kurulum yapılabilir,
- Hassas bir üretim sistemidir ve sürekli takip gerektirir.
- Teknik bilgi gerektirir.
- Geri-dönüşümlü sistemlerde hastalık ve zararlılar hızla yayılabilir.
- Bütün bitkilerin üretimi için uygun değildir (Bingöl, 2019).

1.2. Biyostimülantlar

Gelecek yıllarda tarım, iki zorlukla daha fazla karşı karşıya kalarak çözüm üretmek ile yüzleşecektir. Bunların ilki gübre, pestisit vb. kullanımları ile tarımın insan sağlığına ve çevreye olan kümülatif olumsuz etkisini en aza indirmek için çözümler geliştirmek, ikincisi ise büyüyen küresel nüfusu beslemenin zorluğunu karşılamaktır (Searchinger, 2013). Küresel beslenme talebini karşılamak için çeşitli çözümler önerilmiştir; bunlardan birisi daha fazla verim potansiyeline sahip yeni bitki çeşitlerinin geliştirilmesidir. Ancak odaklanılan bu çözüm, pek çok tarımsal ürün türünün genetik potansiyelinin sınırlarına neredeyse erişilebildiği göz önüne alındığında sınırlı faydalar sağlayacaktır. Alternatif olarak tarımsal ürün veriminin güvenilirliğini ve istikrarını arttırmak, ürün yönetimini optimize etmek ve farklı tarımsal ekolojik şartlar altında kaynak kullanım verimliliğini (gübreler ve su) geliştirmek, farklı ortamlardaki verimi sürdürülebilir bir şekilde arttırmanın anahtarı olduğu varsayılmıştır. Bu kritik zorluklarla yüzleşmek için umut verici uygulama potansiyeline sahip yenilikçi, çeşitlilikte zengin, canlı, doğa ve çevre dostu, sürdürülebilir ve çok çeşitli teknolojileri de içeren, “Biyostimülantların kullanımının” devreye girmesi gerektiği düşünülmektedir (Colla and ark., 2017).

Biyostimülantlar; bitkilerin gelişimini, beslenmesini, kalitesini ve verimini iyi yönde etkilemek, strese karşı direncini arttırmak amacıyla bitkilere yapraktan, kökten veya tohumla uygulanan ve içeriğinde organik veya inorganik bileşikler, mikroorganizmalar bulundurabilen materyallerdir (Kulahtaş ve Çokuysal, 2016). Türkiye’de 2002 yılından itibaren izinli olarak tüketilmektedir. Sınıflandırılmaları kesinleşmemekle birlikte, bazı araştırmacılar tarafından; hümit ve fulvik asitler, amino asitler ve diğer azotlu bileşikler, deniz yosunu ve bitki ekstraktları, kitin ve kitosan benzeri polimerler, inorganik bileşikler, yararlı mantarlar ve faydalı bakteriler şeklinde kategorize edilmiştir (du Jardin 2015).

Denemede kullanılan biyostimülantlar; kitosan, deniz yosunu ve vermikomposttur.

1.2.1. Kitosan

Kitin, selülozdan sonra doğada en çok karşılaşılan; sert, beyaz, azotlu yapıda polisakkarit yapıda bir biyopolimerdir. Kabuklu deniz canlılarının dış iskeletlerinde, küf ve maya gibi mikroorganizmaların da hücre duvarlarında, kelebeklerin kanatlarında doğal olarak bulunmaktadır. Kitinin birçok türevi vardır ancak aralarında en önemlisi kitosandır. Kitinin deasetillenmiş formu olan kitosan doğal veya endüstriyel olarak farklı şekillerde üretilmektedir. Çeşitli poli ve oligomerler ile sentetik çeşitleri bitkilerde savunmayı uyarıcı elisitörler olarak kullanılmaktadır (Kumar, 2000., Oyar, 2015., Yıldırım ve ark., 2016).

Kitosan ve türevlerinin en önemli biyolojik özelliği antimikrobiyal aktiviteye sahip olmalarıdır. Gıda maddelerinin raf ömrünün uzatılmasında kitosanın bu aktivitesinin önemli bir rolü vardır. Bildirilen çalışmalarda çoğu mikroorganizmanın gelişimini inhibe ettiği ortaya konmuştur. Aynı zamanda antibakteriyel, antiviral ve antifungal aktiviteye de sahip olduğu, alglere karşı aktifliği de birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Rabea ve ark., 2003., Bostan ve ark., 2007., No ve ark., 2007., Kong ve ark., 2010).

Kitosanın herhangi bir toksisitesi bulunmamakta, alerji ve iritasyon oluşturmamaktadır. Bunların yanı sıra biyoparçalanabilir ve biyogeçirimli özelliğe sahip olması önemli, dikkat çekici bir biyomateryal olmasını sağlamaktadır (Duman ve Şenel, 2004). Doğada bol miktarda bulunması ve çoğu biyopolimere nazaran üstün nitelikler göstermesi sebebiyle başta gıda olmak üzere tıp, ziraat, biyoteknoloji vs. gibi birçok alanda yaygın bir şekilde biyofonksiyonel polimer olarak değerlendirilmektedir. Katyonik ve makromoleküler yapısı sebebiyle durultma ajanı olarak da kullanılabilmektedir (Prashanth ve Tharanathan, 2007; Kong ve ark., 2010; Muzzarelli ve ark., 2012).

1.2.2. Vermikompost

Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve organik üretim yöntemlerinin öneminin anlaşılmasına başlanıp yaygınlaşması sürecinde toprak solucanlarının; doğadaki organik atık/artıkları sindirim sistemlerinden geçirerek yüksek kalitede bir ürüne dönüştürebilmelerinin fark edilmesi ‘vermikültür’ adı verilen yeni bir üretim sektörünü ortaya çıkarmıştır. Vermikültür farklı amaçlarla toprak solucanlarının kültürünün yapılmasıdır (Erşahin, 2007).

Vermikompost; solucanların kullanıldığı organik atık/artıkları kompostlaştırma işlemi sonucu elde edilen çok kaliteli üründür. Eldesinde öncelikle organik atık/artıklar mikroorganizmalarca fermentasyona uğratılır ve sonrasında toprak solucanlarının sindirim sisteminden geçirilir. Böylece hızlandırılmış bir humifikasyon ve detoksifikasyon işlemi gerçekleşmiş olur. Vermikompost ürünü vermikest veya kısaca kest olarak da isimlendirilmektedir (Edwards ve Bohlen, 1996).

Vermikompost tarımda sürdürülebilirliği destekleyen yöntemlerin arasında en fazla ekonomik fayda sağlayan yöntem olmakla beraber gün geçtikçe büyük bir çevre sorunu haline gelen

katı organik atık/artıkların işlenmesini sağlayarak çok önemli geri dönüşüm faydası da sağlamaktadır. Çeşitli hayvan (sığır, koyun, at, vs.) dışkıları, orman ürünleri atıkları, mutfak atıkları, çim-meyve-sebze bahçelerindeki budama ve hasat atıkları, kâğıt atıkları ve diğer birçok organik atıklar solucanların sindirim sisteminde bulunan mikroorganizmalar tarafından sindirilerek kokusuz, zengin içerikli vermikomposta dönüşür. Ülkemiz, organik atıklar bakımından oldukça zengindir. Bu atıkların vermikompost olarak değerlendirilmesiyle kimyasal gübrelere bağımlılık azalır, ekonomik ve çevresel anlamda ülkemizde hatta tüm dünyada büyük faydalar sağlanır. Topraklarımızdaki organik maddenin giderek azalması (yaklaşık %1'in altına düşmesi) karşısında, ortalama %40-60 civarında organik madde barındıran vermikompost gübresinin kullanımı, topraklarımızın tarım açısından azalan verimliliğin artırılması ve sürdürülebilir yetiştiricilik için oldukça önemlidir. Vermikompost sağlık açısından risk oluşturmayan, ağır metal veya zararlı mikroorganizmalar içermeyen, üretim potansiyelini arttıran kıymetli bir organik gübredir. Ortalama N, P, K içerikleri % olarak sırasıyla; %1,5-2, % 2,5-4,1 ve % 1,4-9,2 civarındadır (Erşahin, 2007; Bellitürk, 2016).

1.2.3. Deniz Yosunu

Deniz yosunlarının organik madde ve gübre olarak denizler aracılığıyla kıyıya vuran bazı alglerin tarlalarda kullanılması çok eskiye dayanmakta olsa bile yapılan çalışmalarla biyostimülant etkilerinin farkına yeni varılmaya başlanmıştır. İçeriğinde polisakkaritleri, alginatları, karragenan ve bunların yan ürünlerini barındırmaları, deniz yosunlarını bitkisel yetiştiricilikte ön plana çıkarmıştır (Güner ve Aysel, 1996; Külahtaş ve Çokuysal, 2016).

Yosun ekstraktları; organik tarım, tohum çimlenmesi, stres faktörlerine karşı direnç, verim artışı, inorganik besin maddelerinin bitki bünyesine alımı, meyve depo kayıplarının azaltılması gibi birçok alanda özellikle de gelişmiş ülkelerde fazlaca kullanılmaktadır (Blunden, 1991). Bu ekstraktlar bitkilerde kuvvetli kök gelişimi sağlayarak daha fazla su ve besin maddesi alınmasını, klorofil oluşumunu hızlandırıp yeşil aksamın artmasını aynı zamanda hastalık, zararlı ve abiyotik stres (tuzluluk, kuraklık gibi) etmenlerine karşı direnç sağlarlar. Verimi ve kaliteyi yükselterek pazar değerini arttırmaları (Blunden ve ark., 1992; Hong ve ark., 1995; Khan ve ark., 2009; Craigie, 2011).

Deniz yosunu ekstraktları kökten uygulandıkları gibi yapraktan da uygulanmaktadır. Negatif yüklere sahip olduklarından toprakta bulunan ağır metaller gibi katyonları bağlayarak toprakların remediasyonuna yardımcı olurlar ve patojen mikroorganizmalarla da antagonistik etkileşime girerek, bitki gelişimini teşvik eden faydalı bakterileri desteklerler (Külahtaş ve Çokuysal, 2016).

1.3. Ispanak Sebzesinin Önemi

Türkiye sebze üretimi 2021 yılında bir önceki yıla göre %1,8 artarak yaklaşık 31,8 milyon tondur (TÜİK 2021). Çin, Hindistan ve ABD'den sonra Türkiye sebze üretiminde 4. sırada yer almaktadır. Sebzeler içerisinde yaprakları tüketilen sebze grubu üretimi önemli bir pay almakta ve sürekli artmaktadır (FAO, 2019).

Anavatanı Orta Asya olan ıspanak, birçok ülkede yaprakları tüketilen ekonomik öneme sahip bir sebze türüdür. Pek çok çeşidi bulunan ıspanak taze veya işlenmiş (dondurulmuş ve konserve) olarak pazara sunulmaktadır (Lucier, G., 1993). Ispanak; içeriğinde bulunan mineral maddeler ve vitaminler nedeni ile tüketicilerin vazgeçemediği geleneksel ve kıymetli bir serin iklim sebzesidir. Karoten, C vitamini, Ca ve Fe bakımından oldukça zengindir (Goto ve ark 1996, Correll ve ark 2011). Salataların karışımlarında taze olarak ve birçok farklı şekilde pişirilerek tüketilebilmektedir. Ispanak en besleyici sebzelerdendir ve insan sağlığını koruyucu etkisi de vardır. Koyu yeşil yapraklı ıspanaklar diyet yemeklerinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Çünkü bu çeşitlerde beta karoten, folat, vitamin ve mineral içerikleri oldukça yüksektir (Nonnicke, 1989; Dicoteau, 2000; Hine, 2003; Morelock ve Correll 2008).

Dünyada genellikle 3 tip ıspanak yetiştiriciliği yapılmaktadır. Taze tüketim için (kıvrıkcık kabartılı yapraklılar), sanayiye yönelik (düz kıvrımsız yapraklılar) ve son olarak da bebek mamaları ve salatalarda hoş tadı, aroması ve nazik yapısı için kullanılmak üzere üretimi yapılanlardır. Ticari olarak genellikle kıvrıkcık olmayan düz yapraklı çeşitlerin üretimi; hasadı ve bitkilerin düzgün görünüşü için tercih edilmektedir (LeStrange ve ark. 1999).

Kuru madde ilkesine göre 100 g ıspanağın içerisinde bulunan besin değerleri, vitamin ve mineral maddeler (Bayraktar 1973) Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. 100 g ıspanakta bulunan besin değerleri.

Enerji	25 cal
Karbonhidrat	3,6 g
Protein	3 g
Yağ	0,3 g
Lif	2,1 g
K	500 mg
P	38 mg
Ca	170 mg
Na	50 mg
Fe	2,2 mg

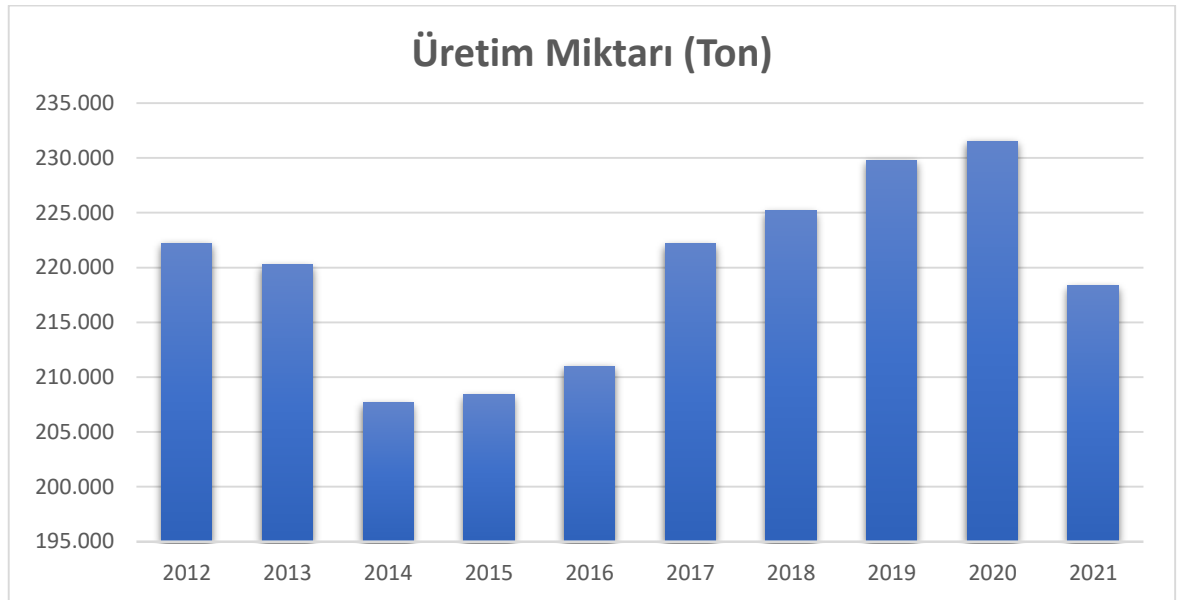
A	8100 IA
B1	0,07 mg
B2	0,14 mg
B3	0,5 mg
Folik Asit	150 mg
C	28 mg
E	1,7 mg

Ispanak çabuk sindirilen bir besin kaynağı olup bağırsakların çalışmasını rahatlatır. Sırt, boğaz ve bağırsak ağrılarının azalmasına yardımcıdır ve safra kesesine iyi gelir. Kurutulmuş ıspanak yaprakları badem yağıyla karıştırılıp yendiği zaman sıtma hastalığını tedavi eder. Bir gram ıspanak tohumu kaynatılıp suyu içilirse kalp ağrılarına iyi gelir (Günay 2005).

Ispanak yüksek düzeyde nitrat içeren ve depolayabilen sebzeler arasında yer almaktadır. Farklı nedenlere bağlı olarak yüksek oranda bitkide biriken nitrat, hasattan sonraki devrelerde nitrite

indirgenmesi sonucunda methemoglobine ve kansere yol açan nitrozaminlerin oluşumuna neden olabilmektedir. Birikime neden olan sebeplerin başında bilinçsiz ve aşırı azotlu gübrelemeler gelmektedir. Bu yüzden de ıspanak yetiştirilirken verilecek azotlu gübre miktarına çok dikkat etmek gerekmektedir (Güneş, 1994; Prasad and Chetty, 2008; Tamme and ark., 2009; Sezgin, 2009; Iammarino ve ark., 2013).

Ispanak; ülkemizin çok yağış alan Doğu Karadeniz Bölgesi sınırlı olmak üzere diğer tüm bölgelerinde yetişebilmektedir. Dünya ıspanak üretiminde ülkemiz; Çin, A.B.D ve Japonya'dan sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Üretimimiz 2019 yılında 229.793 tondan 2020 yılında 231.515 tona yükseliş gösterirken 2021 yılında %5,7'lik azalış ile 218.355 ton olmuştur. 2012-2021 arası yıllık üretim değişimimiz aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. Ispanak üretimimiz sürecinde her yıl ortalama %2,3'lik üretim kayıpları meydana gelmektedir. (Anonim, 2022).



Şekil 1.2. Türkiye 2012-2021 yılları arası ıspanak üretim miktarı (ton).

1.4. Ispanak Sebzesinin Morfolojisi

Ispanak (*Spinacia oleracea* L.) *Amaranthaceae* familyasına ait ticari tarımı yapılan tek yıllık bir bitkidir (Tablo 1.1). Serin iklim sebzesi olarak soğuk ve ılıman iklim kuşağına sahip bölgelerde kış aylarında yetişir ve vejetatif gelişmesi hızlıdır. Ülkemizde de yetiştirilmektedir (LeStrange and ark., 1999).

Çizelge 1.2. Ispanak bitkisinin sınıflandırılması.

Takım	<i>Centrospermae</i>
Familiya	<i>Amaranthaceae</i>
Cins ve Tür	<i>Spinacia oleracea</i> L.

Yaprakları tüketilen sebzelerden olan ıspanağın yaprakları 2-30 cm uzunluğunda ve 1- 15 cm genişliğinde olabilmektedir. Yaprakların büyüklüğü; çeşitlere, bakım ve ekolojik koşullara göre önemli farklılıklar gösterir (LeStrange and ark., 1999; Günay, 2005).

Ispanak çeşitleri yaprak tiplerine göre; kabarcıklı (savoy), oval-yuvarlak (baby leaf) ve doğu tipi (oriental) olarak ayrılmaktadır. Yaprak ayaları düz olabileceği gibi kıvrık da olabilmektedir. Ispanaklar; yapraklarının biçim, renk, etliliği bakımından ve yaprak ayasının düz veya kıvrık olması yönünden iki gruba ayrılmaktadır (Vural ve ark., 2000; Günay, 2005).

Ispanak güçlü bir kazık kök ve rozet gövde yapısına sahip otsu bir bitkidir. Gövde oluşumu generatif faza geçiş ile belirginleşir. Bitkinin bakım şartlarına, çeşide ve çiçek tipine göre gövde 40-80 cm'ye kadar boylanabilmektedir (Günay, 2005)

Ispanaklarda tohum, yeşilimsi kahverengi ve bej renkte olabilen yalancı bir meyvedir. Tohum çapı 3-3,5 cm olup dikenli veya pürüzsüz olabilmektedir. Ispanak tohumları uygun şartlarda 16-25°C'de 6-8 günde çimlenmektedir. Yüksek sıcaklık koşulları çimlenmeyi ve uzun gün koşullarında çiçeklenmeyi hızlandırmaktadır. Tohumlar çimlenme güçlerini 4-5 yıl süreyle koruyabilmektedir (Bayraktar, 1976; Vural ve ark., 2000; Günay, 2005).

Ispanak bitkisi genel olarak dioik yapıda bilinmesine rağmen beş ayrı çiçek formuna sahiptir. Bunlar:

1. Saf erkek çiçek içerenler (dioik): Bu bitkiler çabuk çiçeklenir ve çiçeklenmeden kısa bir sonra ölür. Yaprakları küçüktür ve sebzecilik bakımından pek bir önemleri yoktur.
2. Saf dişi çiçek içerenler (dioik): Bu bitkilerde çiçeklenme, erkek çiçek içeren bitkilere göre daha geç meydana gelir. Yapraklarının etli olmasından kaynaklı kaliteli bitkilendir.
3. Erkek ve dişi çiçekleri bir arada olanlar (monoik): Bu bitkilerin yaprakları küçük yapılı ve üzerinde açan erkek ve dişi çiçek sayısı, 1:1'dir. Daha çok saf erkek karakterine sahiptir.
4. Erkek ve erdişi çiçekleri aynı bitki üzerinde bulunanlar (andromonoik): Bu bitkilerde erkek ve dişi çiçek açma oranı 1:1'dir. Ancak saf dişi çiçekli bitkiler gibi etli yapraklıdır ve geç çiçeklenir.
5. Başlangıçta dişi çiçekleri içerip sonradan erkek çiçek oluşturanlar (monoik): Bu bitkiler gelişmenin başında saf dişi çiçek içeren bitkilere benzer ancak gelişmenin sonuna doğru tepe ucunda erkek çiçekler oluşur (Dilligen, 1956; Günay, 1973).

Thompson (1955), Snee (1962), Bayraktar (1970), bu tiplere ilaveten erselik çiçeklere sahip bitkilerin de bulunabileceğini belirtmiştir. Böylece ıspanaklar, çiçek biyolojisi bakımından tek evcikli (monoik), iki evcikli (dioik) ve erselik olarak üç grupta toplanmaktadır.

1.5. Amaç

Bu çalışma hidroponik (durgun su kültürü) sistemde yetiştirilen ıspanak bitkisinde farklı dozlarda biyostimülant (kitosan, deniz yosunu, vermikompost) kullanımının verim ve kaliteye olan etkilerini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.





2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Daşgan ve ark. (2017); sertifikalı organik gübreler ile topraksız perlit + torf (1:1) ortamında domates yetiştiriciliğinde kullandıkları vermikompost, mikoriza ve EM (etkin mikroorganizmalar: laktik asit bakterileri, fotosentez bakterileri ve mayadan oluşan sıvı karışık bir kültürdür) ile verim ve kaliteye etkilerini araştırmıştır ve sonuç olarak vermikompost verimi %8.3, mikoriza ise %2.5 artırırken, EM %12.4 azaltmıştır. EM mikroorganizmalarının bitkiler ile besin maddeleri için rekabete girebildiğini belirtmişlerdir.

Hınısh, N. (2014); çalışmasında kıvırcık marul bitkisinde vermikompost, inek ve koyun gübrelerini kullanarak verim ve kaliteye etkilerini araştırmıştır. Vermikompost gübresinin bitkilerde hızlı gelişim göstermesini sağlayarak erkencilik meydana getirdiğini ayrıca bitki bünyesi ile besin maddesi alımında da vermikompostun iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir.

Altuntaş ve ark. (2018); çalışmalarında ıspanak bitkisinde konvansiyonel ve vermikompost (1-2-3 ton/da) gübrelerinin bulunduğu toplamda 5 uygulama yapmışlar ve verime etkilerine bakmışlardır. Araştırma sonucu olarak vermikompost 3 ton/da uygulamasının en iyi sonucu verdiğini ve bu dozun konvansiyonele kıyasla %149 verim artışı sağladığını bildirmişlerdir.

Başdınç ve Kabay (2022); tuzlu koşullarda yetiştirilen ıspanak (Catrina ve Matador) bitkilerinde deniz yosunu ve vermikompost uygulamalarının etkilerini araştırmışlardır. Deneme; 1:1 bahçe toprağı + deniz yosunu, 1:1 bahçe toprağı + vermikompost ve sadece bahçe toprağı bulunan kontrol grubu olarak 2 litrelik saksı ortamlarına tohum ekimi yapılarak kurulmuştur. Tuz uygulaması ise 50 ve 100 mmol dozları olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak kontrol grubundaki ıspanaklar tuz dozlarından daha çok etkilenirken, vermikompostlu ve deniz yosunlu üretim ortamlarında tuzun olumsuz etkisinin azaldığı bildirilmiştir.

Bostancı, K. B. (2018); sera ve açık alanda topraklı ve hidroponik ıspanak üretimin etkilerini araştırmışlardır. Matador çeşidi ıspanak tohumları su kültüründe yetiştiricilik için strafor içine kaya yünü ortamına, topraklı yetiştiricilikte ise doğrudan toprağı ekilmiştir. Su kültüründe ıspanaklar 60-65 günde, toprakta yetişenler ise 90-95 günde hasada geldiğini bildirmişlerdir. Toprakta ve su kültüründe yetişen ıspanaklardan elde edilen verimler arasında önemli bir farkın olmadığı ortaya koyulmuştur.

Miceli ve ark. (2021); Palermo Üniversitesi, Tarım, Gıda ve Orman Bilimleri Bölümü'nde bir serada hidroponik sistemde yaprak marul bitkilerine dört konsantrasyonda deniz yosunu ekstraktı uygulaması (0, 1, 2 ve 4 mL L⁻¹) yapmış ve bitkilerin büyüme, verim ve hasat sonrası kalitesini incelemişlerdir. *Ecklonia maxima* ekstraktının özellikle 2 ila 4 mL L⁻¹ takviyesinin bitki büyümesini ve verimi arttırdığını, birçok morfolojik ve fizyolojik özelliğı geliştirdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca hasat öncesi deniz yosunu ekstraktı uygulamaları hasat sonrasında yaprak yaşlanmasını geciktirmede, raf ömrünü uzatmada etkili olmuştur.

Wang ve ark. (2022); Çin'deki Chengdu Tarım ve Ormancılık Bilimleri Akademisi'nde bir

serada iki marul (*Lactuca sativa* L.) çeşidi ile hidroponik sistem biyostimülant denemesi kurmuşlardır. Araştırmada kullandıkları biyostimülantlar; fulvik asit, deniz yosunu özü ve γ -PGA'dır. Sonuç olarak fulvik asit, deniz yosunu her iki çeşitte de besin alımını ve sürgün biyokütlesini arttırmıştır.

Daşgan ve ark. (2023a); çalışmasında yoğun mineral gübrelerin %50'si biyo-gübrelerle karşılanması amaçlamaktadır. Yüzen su kültüründe baby-ıspanak bitki beslemesinde mineral gübrelerin %50'sini faydalı bakteri ve mikoriza karışımı *Chlorella vulgaris* mikroalgleriyle desteklemiştir. Mikoriza, alg ve bakteri biyogübreleri, %50 oranında azaltılmış mineral gübre ile kullanıldığında, %100 mineral gübrele (5270 g m²) göre %17,5, %20 ve %21,9 daha az yaprak verimi elde edilmiştir. Bununla birlikte biyogübreler, topraksız ortamda yetiştirilen baby ıspanakların iç yapraklarının kalitesini artırmıştır. Mikoriza ile en yüksek miktarda fenolik (356,88 mg gallik asit 100g⁻¹), C vitamini (73,83 mg 100 g⁻¹), SÇKM (%9,4), fosfor (%0,68) ve demir (120,07 ppm) içeriği elde edilmiştir. Bakteriler ıspanak yapraklarında en düşük nitrat içeriğine (206 mg kg⁻¹) neden olurken, %100 mineral gübreleme en yüksek nitrat (623 mg kg⁻¹) konsantrasyonunu göstermiştir. Ayrıca bakteriler en yüksek SPAD-klorofili (73,72) ve titre edilebilir asitliği (%0,31) sağlamıştır. Mikroalg kullanımı *Chlorella vulgaris* en yüksek miktarda potasyum (%9,62), kalsiyum (%1,64) ve magnezyum (%0,58), çinko (75,21 ppm) ve mangan (64,33 ppm) alımını sağlamıştır.

Daşgan ve ark., (2023b); faydalı bakteriler ve mikorizanın kapa topraksız yetişen kapa biber bitkisinin büyümesi, verimi, meyve kalitesi ve beslenmesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Serada topraksız cocopeat sistemde mineral gübreler %20 azaltılmış ve yerine biyogübreler ikame edilmiştir. Mikoriza ve bakteri beraber kullanıldığında meyve verimi %32.4 ve tek bakteri kullanıldığında ise %24.2 daha yüksek bulunmuştur. Biyogübrelerle beslenen biber bitkilerinin yapraklarındaki N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu oranları kontrole göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca meyve ağırlığı, çapı, hacmi, meyve suyunun elektrik iletkenliği ve toplam çözünabilir katı madde gibi meyve parametreleri bu uygulamada kontrole göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak mineral gübreler bakteri ve mikoriza kullanılarak başarılı bir şekilde %20 oranında azaltılmıştır. Bu sonuçlar tarımsal üretimde sürdürülebilir ve çevre dostu bir yaklaşım sağlamaktadır.

Daşgan ve ark., (2022); yaptıkları çalışmada, mineral gübrelerin %50 oranında azaltıldığı üç biyogübrenin yüzen kültür sisteminde bakteri, mikro alg ve mikoriza olmak üzere üç biyogübrenin fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) yaprağı verimi ve kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirilmiştir. Toprak, bitkiyi beslenme, fitohormon üretme, fitopatojenleri kontrol etme ve toprak yapısını iyileştirme bakımından destekleyen zengin miktarda faydalı mikroorganizmalara sahiptir. Ancak topraksız kültür, eğer onları dahil edilmez ise genellikle hiçbir yararlı mikroorganizma içermez. Toplam hasat verileri dikkate alındığında bakteri, mikoriza ve mikro alg, fesleğen verimini %50 kontrole kıyasla sırasıyla yaklaşık %18,94, %13,94 ve %5,72 artırmıştır. Maksimum toplam verim ve yaprak alanı 2744 g m⁻² ve 1528 cm² bitki⁻¹ bakteri kullanılarak kaydedilmiştir. Biyo-gübrelerin kullanılması N (azot), P (fosfor), K (potasyum), Ca (kalsiyum), Mg (magnezyum), Fe (demir), Mn

(manganez), Zn (çinko) ve Cu (bakır) alımını artırmıştır. Biyo-gübrelerin kullanılması, daha az kaynakla ürün verimini artırma ve kaliteyi ve antioksidan bileşikleri iyileştirme konusunda umut verici ve çevre dostu bir yaklaşımı temsil etmektedir. Ayrıca bakterilerin fesleğen bitkilerinin yapraklarındaki fenol ve flavonoidlerin artışı üzerinde belirgin bir artırıcı etkisi olduğu görülmüştür.

Dewi ve ark. (2020); Endonezya, Ulusal Nükleer Enerji Ajansı'nın İzotop ve Radyasyon Uygulama Merkezi'nde hidroponik ıspanak yetiştiriciliğinde farklı şekillerde uygulanan oligo kitosanın etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada uygulamalar; 1. kontrol, 2. bitki yaprak ve gövdesine püskürtme yoluyla uygulama, 3. besin çözeltisinde çözündürerek kökten uygulama, 4. hem kökten besin solüsyonuna ekleme yaparak hem de yaprak ve gövdeye püskürtme yapılan uygulama şeklindedir. Kullanılan her oligo kitosan 100 ppm'dir. Sonuç olarak; 3. besin çözeltisinde oligo kitosan çözündürüp kökten uygulama, diğer uygulamalara kıyasla ıspanak bitki boyu, yaprak sayısı ve verim miktarında en iyi etkiyi gösterdiğini bildirmişlerdir. 2. yaprak ve gövdeye püskürtme uygulaması ise yapraklarda uzunluk ve genişlik konusunda en iyi sonucu vermiştir.

La Bella ve ark. (2021); İtalya, Palermo Üniversitesi Tarım, Gıda ve Ormancılık Bilimleri Bölümü'nün deneme serasında deniz yosunu ekstraktı ve Molibden besin elementinin ıspanakta verim, kaliteye etkisi konusunda çalışma yapmışlardır. Araştırmada *Ecklonia Maxima* kahverengi deniz yosunu ekstraktı (0 veya 3 ml L⁻¹) ve Molibden dozunun (0, 0.5, 2, 4 veya 8 µmol L⁻¹) kombinasyonu kullanılmıştır. Sonuç olarak deniz yosunu ve molibdenin 4 veya 8 µmol L⁻¹ kombinasyonu mahsul performansını, ıspanağın beslenme ve fonksiyonel kalitesini verimli bir şekilde artırabileceğini bildirmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu deneme Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait 500 m²'lik topraksız yetiştiricilik cam serasının bir bölümünde gerçekleştirilmiştir. Durgun su kültürü ortamında iki doz şeklinde kitosan, deniz yosunu ve vermikompost kullanımının ıspanak bitkisinin verim ve kalitesine olan etkisi araştırılmıştır.

3.1. Bitkisel Materyal

Enza Zaden firmasına ait Ranchero F₁ hibrit ıspanak çeşidi tohum olarak temin edilip denemede kullanılmıştır.

Ranchero F₁ zellikleri:

- Koyu yeşil, oval yaprak yapısına sahiptir.
- Yapraklar kalın etli olup kırılmaya, yıpranmaya dayanıklıdır.
- Sapa kalkmaya dirençlidir.
- Dik büyüme gösterir.
- Bağ yapmaya, makinalı hasada uygundur.
- Taze pazar ve endüstriyel üretimde değerlendirilebilir.
- Ispanak mildiysnn 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,15 ırklarına karşı dayanıklıdır.

3.2. Biyostimlantılar

Denemede; kitosan, deniz yosunu ve vermikompost biyostimlantılarının farklı iki dozu uygulanmıştır.

3.2.1. Kitosan

Adaga firmasına ait Nanowet isimli kitosan biyostimlantı kullanılmıştır. Bitki köküne transfer aşamasından itibaren iki farklı doz olarak uygulama yapılmıştır; birinci uygulama 50 L besinli suya 15 ml, ikinci uygulama 50 L besinli suya 30 ml şeklindeyir. Nanowet kitosan biyostimülantının içerisinde %2.5 N-Asetil-D-Glukozamin bulunmaktadır.

3.2.2. Deniz Yosunu

Doktor Tarsa Tarım firmasına ait Atocrop isimli deniz yosunu kullanılmıştır. Atocrop; *Ascophyllum Nodosum* isimli deniz yosunundan elde edilen doğal bir üründür. Bitki kök ortamına tranfer aşamasından itibaren iki farklı doz olarak uygulama yapılmıştır; birinci uygulama 50 L besinli suya 12.5g Atocrop, ikinci uygulama 50 L besinli suya 25g Atocrop şeklindeyir.

Çizelge 3.1. Atocrop deniz yosunu biyostimülantının içeriği

Organik Madde	%30
Potasyum Oksit(K ₂ O)	%12
Alginik asit	%1,5
Gibberallic Acid	1 Mg/Kg
Ph	9-11
Max EC	34,8 dS/m

3.2.3. Vermikompost

Ekosol Tarım A.Ş. 'ye ait, kırmızı Kaliforniya kültür solucanlarının dışkılarından elde edilen organik ekosolfarm isimli sıvı solucan gübresi kullanılmıştır. Bitki kök ortamına transfer aşamasından itibaren iki farklı doz olarak uygulama yapılmıştır; birinci uygulama 50 L besinli suya 50 ml Ekosolfarm, ikinci uygulama 50 L besinli suya 100 ml Ekosolfarm şeklindedir.

Çizelge 3.2. Ekosolfarm sıvı solucan gübresinin içeriği

Organik Madde	%7
Toplam Azot	%1
Hüyük-Fülvik Asit	%6
Ph	8,5-10,5
Max EC	10 dS/m

3.3. Stok Besin Materyalleri

Çökelme olmaması için makro, mikro besin elementleri A ve B olmak üzere iki ayrı stok tankında 100 kere konsantre edilerek çözeltiler hazırlanmıştır. Çözeltide kullandığımız gübreler hidroponik yetiştiricilik için özel üretilmiş olup suda kolayca çözünebilen gübre materyalleridir. Stok A ve B'de bulunan gübre isimleri ve kullanılan besin element miktarları çizelge 3.4.'te belirtildiği gibidir.

Çizelge 3.3. Stok çözeltilerde yer alan gübreler ve kullanılacak besin çözeltisi reçetesi

STOK A	STOK B	Element	mg/L
Kalsiyum Nitrat	Potasyum Sülfat	N	200
Fe-EDDHA	Potasyum Nitrat	P	50
	Monopotasyum Fosfat	K	300
	Magnezyum Sülfat	Ca	200
	Mikro Elementler	Mg	65
	Çinko Sülfat	Fe	19,6
	Borik Asit	Zn	0,552
	Mangan Sülfat	B	0,97
	Bakır Sülfat	Cu	0,12
	Amonyum Molibdat	Mo	0.2
		Mn	0.96

3.4. Deneme Yöntemi

Denemede kullanılan Ranchero F₁ ıspanak tohumları öncelikle; çıkış oranı, hızının artırılması, daha kuvvetli fideler oluşturmak amacıyla priming uygulamasına tabi tutulmuştur. Priming uygulaması için deniz yosunu (maxicrop) gübresi 2g/1L saf su oranıyla çözelti hazırlanmıştır ve plastik kaplara konulan tohumların üzerini 2 cm geçecek şekilde hazırlanan çözelti eklenmiştir. 20°C’de içerisinde hava verilerek tohumlar çözeltiyi tamamen içerisinde alana kadar bekletilmiştir. Uygulama sonrası tohumlar 5 dakika boyunca çeşme suyunda yıkanıp, 3 kez de saf suda durulanıp kağıt havlu ile kurularak oda sıcaklığında kurutulmuştur. 21.10.2021 tarihinde ıspanak tohumları torf içeren 9*5’lik viyollere ekilmiştir. 26.11.2021 tarihine kadar tohumlardan üç-dört yapraklı fideler gelişmiş olup transfer aşamasına gelmiştir (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Ekilen ıspanak tohumlarının çimlenme aşaması ve fide gelişimi



Şekil 3.2. Transfer aşamasına gelen ıspanak fideleri

Bitkilerimiz üç-dört yapraklı fide aşamasında 50 litre hacimdeki sert plastikten yapılmış 105 x 55 cm boyutundaki PVC kaplarda bitki kökleri besin çözeltisi içerisinde olacak şekilde su kültürü'ne transfer edilmiştir. Bitkiler; oksijen motoru ile belirli aralıklarla havalandırılan besin çözeltisi içerisinde, “Derin durgun su kültürü” (Deep Water Culture) veya “Yüzen su kültürü” (Floating Culture) yöntemi ile yetiştirilmiştir. Her kap bir tekerrür olarak belirlenmiştir. Her uygulama da 4 tekerrür olup, 7 uygulama için toplamda 28 kap kullanılmıştır. Her tekerrürde 15 ocak ve her ocakta 3 bitki olacak şekilde (540 bitki/uygulama) bitkiler, tesadüf blokları deneme desenine göre su kültürüne yerleştirilmiştir (Şekil 3.3). Kökten besin çözeltisi ile birlikte biyostimülant uygulamaları transferle birlikte başlamıştır.



Şekil 3.3. Ispanak fidelerinin durgun su kültürüne transferi

3.4.1. Denemede Gerçekleştirilen Uygulamalar

Hidroponik sistem durgun su kültüründe 7 farklı uygulama ile ıspanak sebzесinin yetiştiriciliği gerçekleştirilmiştir. Bunlar;

1. Kontrol: Kökten; yalnızca stok çözelti uygulaması.
Yapraktan; yalnızca su.
2. Kitosan 1. Doz: Kökten; 300µl/L kitosan uygulaması.
Yapraktan; 1,5 ml/L kitosan

3. Kitosan 2. Doz: Kökten; 600µl/L kitosan uygulaması.
Yapraktan; 1,5 ml/L kitosan
4. Deniz Yosunu 1. Doz: Kökten; + 250mg/L deniz yosunu uygulaması.
Yapraktan; 0,4 gr/L deniz yosunu
5. Deniz Yosunu 2. Doz: Kökten; 500mg/L deniz yosunu uygulaması.
Yapraktan; 0,4 gr/L deniz yosunu
6. Vermikompost 1. Doz: Kökten; 1000µl/L vermikompost uygulaması.
Yapraktan; 2 ml/L vermikompost
7. Vermikompost 2. Doz: Kökten; + 2000µl/L vermikompost uygulaması.
Yapraktan; 2 ml/L vermikompost, şeklindedir.

Hasata kadar bitkilerin besinli suyu düzenli olarak kontrol edilip gerektikçe eklemeler yapılmış ve 20 günde bir tamamen yenilenmiştir. Düzenli olarak pH ve EC kontrolleri yapılarak bitkilerin gelişimleri gözlenmiştir. Besinli suyun pH değeri 5,7 – 6,0 aralığında tutulmuş olup EC değeri 1.2'den başlanıp kademeli olarak 1.8'e kadar arttırılmıştır. 21.12.2021 tarihinde başlanarak 15 günde bir yaprak gübrelemeleri yapılmıştır. Ispanak bitkilerinin deneme sürecinde gelişiminden genel görüntüler aşağıda verilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Ispanakların deneme sürecinde gelişiminden genel görüntüler

3.5. Hasat

Denemede hasat aşamasına gelen yapraklar büyüme ucu bırakılarak etrafı daire şeklinde makasla hasat edilmiştir. Büyüme ucunun bırakılması ile oradan yeni yaprakların gelmesi ve aynı bitkiden birden fazla hasat yapılması sağlanmıştır. Hasat işlemi; 2022 yılının 9 Şubat, 14 Şubat, 4 Mart ve 26 Mart tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Hasat edilen bitkilerimiz ile analiz aşamasına geçilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Hasat aşamasına gelen ıspanak bitkileri ve hasat ediliş aşaması

3.6. Denemede Yapılan Ölçüm ve Analizler

Durgun su ortamında yetiştirilen ıspanak bitkilerine uygulanan biyostimülantların verim ve kaliteye etkisini ortaya koymak amacıyla aşağıdaki ölçüm ve analizler yapılmıştır.

3.6.1. Bitki Yaprak Taze Ağırlığı (g/bitki)

Her hasat için ıspanak taze yaprak ağırlığı hassas terazide tartılarak kaydedilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6.Hasat sırasında ıspanak yaş ağırlık ölçümü

3.6.2. Yaprak Alanı (cm²/bitki)

İspanak yapraklarının alanı her uygulamadan orta büyüklükteki yapraklar 15'er adet seçilerek 'Imagej' adı verilen program ile ölçülüp cm² cinsinden tespit edilmiştir (Şekil 3.7)



Şekil 3.7. Alan ölçümü yapılmak üzere hazırlanan ıspanak yaprakları

3.6.3. Yaprak Sayısı(adet/bitki)

İspanak bitkilerinin yaprak sayısı hasat sonrası teker teker sayılarak kaydedilmiştir.

3.6.4. Kuru Madde Üretimi (%)

Bitki yeşil aksam (15 adet yaprak) ve kök (2 adet kök) kuru madde miktarı; yaş örnekten etüvde 65°C'de 48 saat kurutulmuş ıspanağın elde edilmesiyle bakılmıştır. Bitki taze ve kuru ağırlıklarından % kuru madde formülü ile uygulamalara göre hesaplanmıştır. Formül aşağıda verilmiştir.

$$\% \text{ Kuru madde} = \text{Kuru Ağırlık (g)} \div \text{Yaş Ağırlık (g)} \times 100$$

3.6.5. Kök Boyu (cm)

Deneme bittiği tarihte bitki kök boyları 1cm duyarlılıkta olan metre ile cm cinsinden ölçülmüştür.

3.6.6. Bitki Yeşil Aksam Boyu(cm)

Deneme bittiği tarihte bitki boyları yeşil aksam tam boy, sap boy olarak 1cm duyarlılıkta olan metre ile cm cinsinden ölçülmüştür.

3.6.7. Toplam Fenolik Madde Tayini (mg GA/100 g TA)

Toplam fenolik madde tayini hasat sonrası ıspanak bitkisinden elde edilen meyve suyuyla

Spanos ve Wrolstad, (1990) tarafından tanımlanan spektrofotometrik yöntem modifiye edilerek yapılmış ve okumalar spektrofotometrede (Perkin Elmer mve arka ve Lambda EZ201UV/VIS model) 765 nm dalga boyunda okunan absorbans değerinden ve gallik asit ile hazırlanmış kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

3.6.8. Toplam Flavonoid Tayini (mg RU/100 g TA)

Toplam flavonoid tayini Quettier ve ark (2000), bularak geliştirdiği yöntem kullanılarak bakılmıştır. Bu yöntemle göre 415 nm dalga boyunda spektrometrede okunmuştur. Rutin ile hazırlanmış kalibrasyon eğrisi baz alınarak toplam flavonoid madde miktarı tespit edilmiştir.

3.6.9. Nitrat Miktarı (mg/kg TA)

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

3.6.10. C vitamini (L-Askorbik Asit)

Ispanak bitkileri hasat sonrası katı meyve sıkacağından geçirilerek suyu çıkarılmıştır. 1 ml ıspanak ekstraktı üzerine 45 ml %0.4 oksalik asit eklenip filtre kâğıdı ile süzölmüştür. Elde edilen süzöntüden 1 ml alınarak üzerine 9 ml boya çözöltisi eklenerek 502 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Standart olarak 1 ml süzöntü üzerine 9 ml saf su eklenmiş çözölti kullanılmıştır (Dasgan ve ark., 2023a).

3.6.11. Toplam Verim (g/m²) (g/bitki)

Tüm yapılan hasatlardan elde edilen yaprak ağırlıkları belirlenmiştir. Deneme tamamlanınca elde edilen her tekerrürdeki 15 ıspanak bitkisinin toplam ağırlığı alınarak birim alana verim g/m² ve g/bitki olarak belirlenmiştir.

3.6.12. Ispanak Yapraklarında SÇKM (Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı) Tayini (%)

Ispanak bitkilerinin katı meyve suyu sıkacağında suyu çıkarılmış ve SÇKM dijital refraktometre ile ölçölmüştür.

3.6.13. Ispanak Yapraklarında EC ve pH Tayini

Ispanak bitkileri pH değeri ve içerdöği toplam mineral madde miktarı hakkında bilgiler veren EC (dS m-1) değeri için 100 ml Ispanak yaprak suyu içersine pH ve EC metre cihazlarının elektrotları daldırılarak okuma yapılmıştır.

3.6.14. Ispanak yapraklarında SPAD Okumaları

Hasat öncesi SPAD-502 portatif klorofil metre cihazı ile ıspanak orta yaşlı yapraklarından

klorofil miktarını tahmin etmek için ölçüm yapılmıştır.

3.6.15. Yaprakta Besin Elementi Analizleri

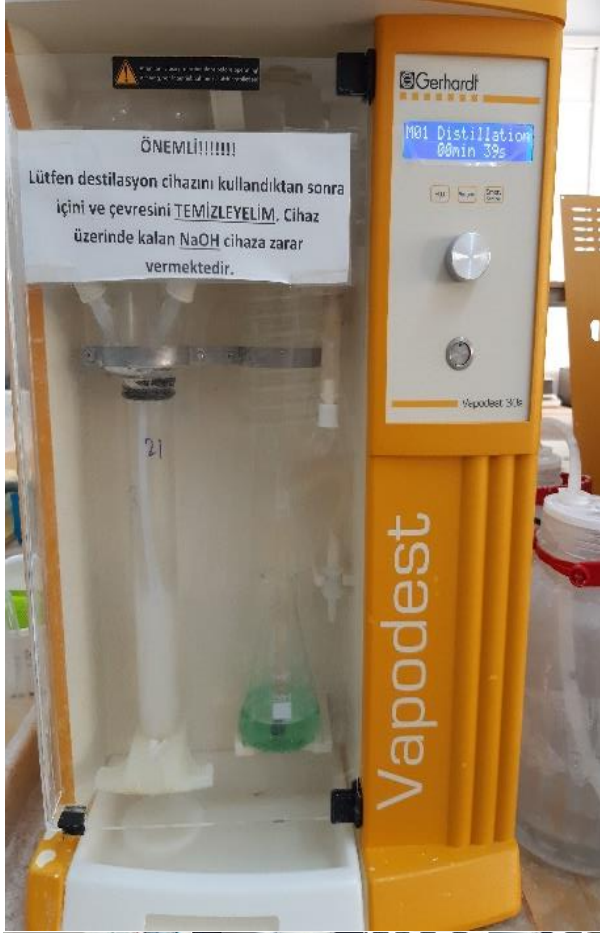
Farklı uygulamaların ıspanak bitkilerinde beslenme üzerine etkilerini ortaya koymak için makro ve mikro element analizleri yapılmıştır. Bu amaçla her tekerrürden 15 bitkiden yaprak örnekleri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir (Daşgan ve ark., 2023a). Azot (N), fosfor (P), potasyum (K), magnezyum (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 durulandıktan sonra sonra 3 kez saf su ile yıkanarak etüvde 48 saat 65 °C’de kurutulmuştur (Şekil 3.8). Kurutulan örnekler yaprak öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülmüş örnekler 550 °C’de 8 saat yakılarak ve oluşan kül % 3.3’lük (hacim/hacim) HCl asitte çözülerek atomik absorpsiyon spektrometrede K, Ca, Mg ve Na okumaları emisyon modunda Fe, Mn, Zn ve Cu okumaları ise absorpsiyon modunda okunmuştur. Fosfor analizleri yukarıda hazırlanan ekstrakt kullanılarak Barton yöntemine göre spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9, 3.10 ve 3.11).

3.6.16. Verilerin Değerlendirilmesi

Yürütülen bu tez çalışmasında deneme sonlandırıldığında veriler alınmış ve alınan veriler JMP paket programı ile istatistiksel olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen ortalamalar LSD testi ile karşılaştırılmıştır.



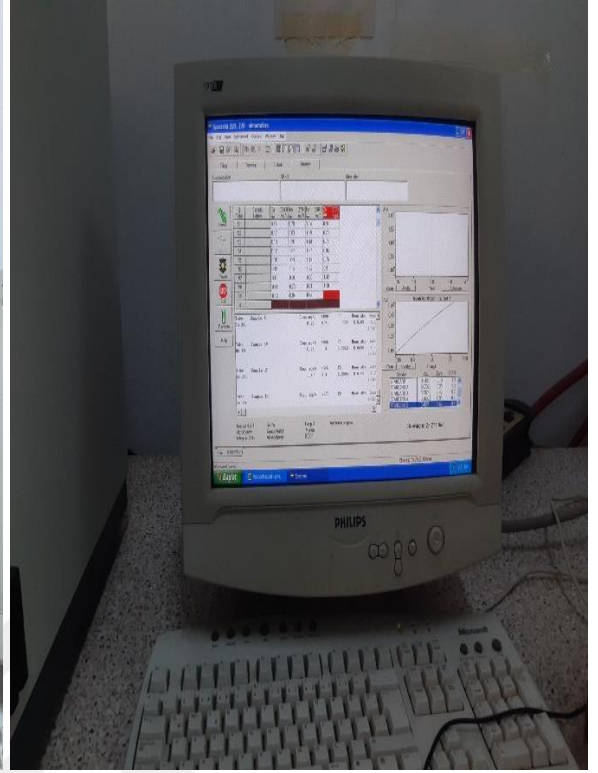
Şekil 3.8. Ispanak yapraklarının kurutma ve öğütme işlemleri



Şekil 3.9. Kül fırını ve azot analizi yapılırken görüntüler



Şekil 3.10. Farklı analiz aşamalarından görüntüler



Şekil 3.11. Mineral elementlerin analizi yapılırken görüntüler



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Ispanak Bitkisi Verim

Ispanak bitkisi yapraklarının toplam veriminde kontrol ile biyostimülant uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek toplam verim vermikompost 1000µl/L (6.04 kg/m²) uygulamasında iken en düşük toplam verim kitosan 600µl/L (3.56 kg/m²) uygulamasında bulunmuştur. Vermikompost uygulamaları diğer uygulamalara göre 5 gün erken (9 Şubat) hasata gelmiş olup erkencilik sağlamıştır. Toplam verimde kontrole göre artış gösteren biyostimülant uygulamaları yüzde olarak sırasıyla; %49.2 artış ile en çok toplam verim alınan vermikompost 1000µl/L, %19.5 ile deniz yosunu 250mg/L, %3.5 ile kitosan 300µl/L, %3.05 ile deniz yosunu 500mg/L şeklindedir. Vermikompost 2000µl/L ve kitosan 600µl/L uygulamaları ise kontrole göre sırasıyla %1.18 ve %16.24 azalış göstermiştir (Çizelge 4.2).

Hasatlar bazında uygulamaların verime etkisi değerlendirildiğinde tüm hasatlar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. 14 Şubat, 4 Mart ve 26 Mart tarihinde yapılan hasatların sonucunda elde edilen verim miktarları Çizelge 4.1’ verilmiştir. 14 Şubat tarihli hasattan vermikompost 1000µl/L uygulamasından en yüksek yaprak verimi (4.32 kg/m²) elde edilmiştir ve kontrole göre %66.80 artış sağlamıştır. Deniz yosunu 250mg/L uygulaması da kontrole göre %10.42 artış sağlamıştır. En düşük sonucu veren kitosan 600µl/L uygulaması olup kontrole göre %28.58 azalma gözlenmiştir. 4 Mart tarihli hasatta en yüksek yaprak verimi vermikompost 2000µl/L uygulamasından (0.96 kg/m²) elde edilmiştir ve kontrole göre %52.38 artış sağlamıştır. En düşük yaprak verimi ise kontrolden (0.63 kg/m²) elde edilmiştir. Tüm biyostimülant uygulamaları kontrole göre artış göstermiştir. Bunlar sırasıyla; %49.2 oranında deniz yosunu 500mg/L, %31.7 oranında deniz yosunu 250mg/L, %25.4 oranında vermikompost 1000µl/L, %12.7 oranında kitosan 600µl/L, %8 oranında kitosan 300µl/L şeklindedir. 26 Mart tarihinde yapılan son hasatta en yüksek verim deniz yosunu 250mg/L uygulamasından (1.38 kg/m²) elde edilmiştir ve kontrole göre %35.3 artış sağlamıştır. En düşük verim ise vermikompost 2000µl/L uygulamasından (0.87 kg/m²) elde edilmiştir ve kontrolden %14.7 azalma gözlenmiştir. Kümülatif veya yığılımlı hasat değerleri şekil 4.1’de verilmiştir.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullanmıştır. Denemede kontrole göre en yüksek toplam verimde %77.9, %65.7 ve %54.7 oranında artış sırasıyla bakterinin 500 ve 1000µl/L dozları, fulvik Asit 300mg/L dozundan elde edilmiştir. Kitosanın 150 ve 300µl/L dozlarından %48.9 ve %44.0, vermikompostun 1000 ve 2000µl/L dozlarından %44.0 ve %48.9 oranında kontrole göre daha yüksek verim alındığı bildirilmiştir.

Keskin (2022), hidroponik sistemde iceberg marul yetiştiriciliğinde aminoasit, fulvik asit ve vermikompost biyostimülantlarını kullandığı iki aşamalı deneme kurmuştur. Birinci denemede en yüksek toplam verim 12.57 kg/m² ile vermikompost 2ml/L uygulamasından elde edilmiştir. İkinci denemede ise en yüksek toplam verim 17.15 kg/m² ile fulvik asit 40ppm + vermikompost 2ml/L

uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir.

Can (2022), hidroponik sistemde maydanoz yetiştiriciliğinde amino asit, fulvik asit ve kitosan biyostimülantlarını kullandığı iki aşamalı deneme kurmuştur. İlk denemede kontrole göre en yüksek toplam verimde fulvik asit 80 ppm uygulaması %24, kitosan 25 ppm uygulaması %30 oranında artış sağlamıştır. İkinci denemede kontrole göre en yüksek toplam verimde fulvik 80ppm + kitosan 36ppm uygulamasında %74, aminoasit 40ppm + kitosan 36ppm uygulamasında %58, aminoasit 40 ppm + kitosan 36ppm + fulvik 80 ppm uygulamasında ise %41 oranında artış sağladığını bildirmiştir.

Başdinç ve ark. (2022), ıspanakta tuz stresini azaltmak için vermikompost ve su yosunu kullandıkları çalışmalarında ıspanak yaş ağırlıkları incelendiğinde, tuz olmayan kontrol gurubunda bitki ağırlığı Matador çeşidinde 6.71g, Catrina çeşidinde 6.06g çıkmıştır. Matador 100 mM tuz dozundaki kontrolde bitki ağırlığı 2.09g çıkarken, vermikompost ortamındaki 100 mM tuz uygulamasında 3.09g, su yosunlu 100 mM tuz uygulamasında 2.74g çıkmıştır. Catrina 100 mM tuz dozundaki kontrolde 1.91g çıkarken, vermikompostlu 100 mM tuz uygulamasında 2.63g, su yosunlu 100 mM tuz uygulamasında 2.28 g çıkmıştır. Sonuç olarak her iki ıspanak çeşidinde de tuz stresi altında vermikompost ve su yosunu uygulamalarının verimi arttırdığını stresi azalttığını bildirmişlerdir.

Hınıslı (2014), Kıvırcık marul yetiştiriciliğinde vermikompost, inek ve koyun gübrelerini uygulamıştır. Vermikompost uygulamasının kıvırcık marulda erkencilik sağladığını, bitki bünyesine besin maddesi alımında da iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı biyostimülantlar ile yetiştirilen ıspanak bitkilerinde üç hasat tarihinde yaprak verimleri (kg/m²)

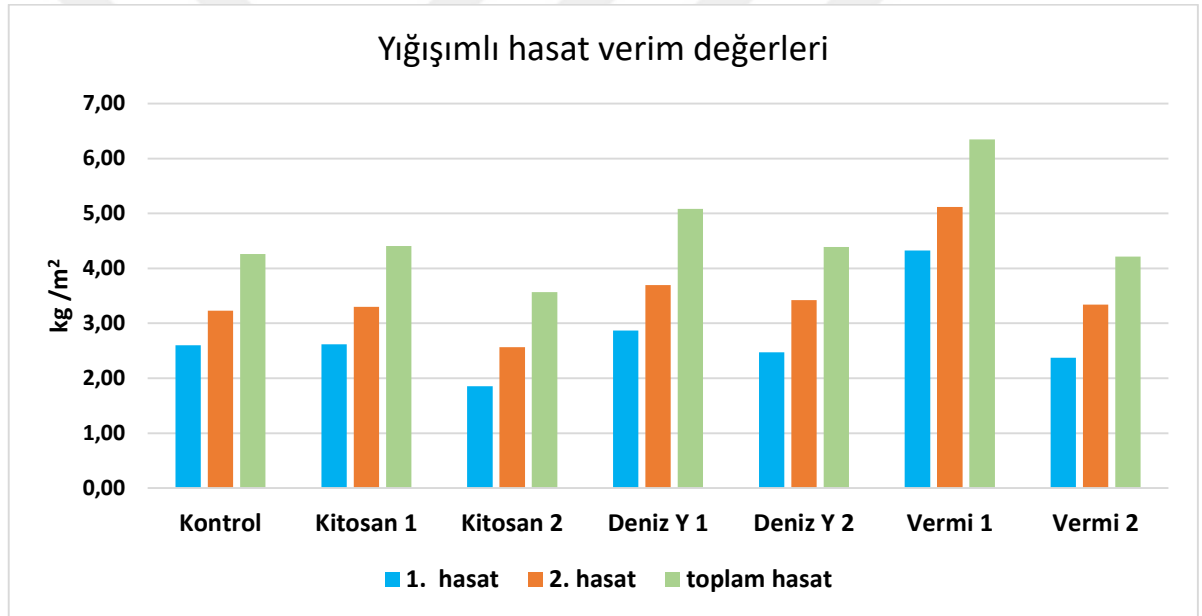
Uygulamalar	1.Verim (14 Şubat)	2.Verim (4 Mart)	3.Verim (26 Mart)
Kontrol	2.59 bc	0.63 c	1.02 bc
DY1	2.86 b	0.83 abc	1.38 a
DY2	2.47 bc	0.94 ab	0.96 bc
KT1	2.61 bc	0.68 c	1.10 abc
KT2	1.85 d	0.71 bc	0.99 bc
VK1	4.32 a	0.79 abc	1.23 ab
VK2	2.37 c	0.96 a	0.87 c
LSD	0.421	0.242	0.305
P	<,0001*	0,0581	0,0395*

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

Çizelge 4.2. Farklı biyostimülantlar ile yetiştirilen ıspanak bitkilerinde toplam verim (kg/m²)

Uygulamalar	Toplam Verim (kg/m ²)	Kontrole göre değişim (%)
Kontrol	4.25 cd	-
DY1	5.08 b	19.5
DY2	4.38 bc	3.05
KT1	4.40 bc	3.5
KT2	3.56 d	- 16.2
VK1	6.34 a	49.2
VK2	4.20 cd	- 1.2
LSD	0.774	-
P	<,0001*	-

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L



Şekil 4.1. Ispanak yetiştiriciliğinde kümülatif veya yığılımlı hasat verim değerleri

4.2. Ispanak Bitkilerinde Yaprak Alanı (cm²/bitki)

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yaprak alanı verileri (şekil 4.2) ve biyostimülant uygulamalarının kontrole göre yüzde artış azalış oranları Çizelge 4.3'te belirtildiği gibidir. Sonuçlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek veriler ve kontrole göre artış oranları sırasıyla vermikompost 1000µl/L uygulaması (619.80m²/bitki) %339.51, vermikompost 2000µl/L uygulaması %73.03, deniz yosunu 500mg/L uygulaması %69.35, deniz yosunu 250mg/L uygulaması %54.88 ve şeklindedir. Kitosan 300µl/L ve 600µl/L uygulamaları kontrole göre sırasıyla %17.54, %48.55 oranında azalış göstermiştir.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında toplam

yaprak alanını 226.84 cm² /bitki ile 168.32 cm² /bitki arasında bulunduğunu ve biyostimülantların, %50 azalttığı mineral gübre uygulamasına göre artış sağladığını bildirmiştir.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullandığı çalışmasında toplam fesleğen yaprak alanına bakıldığında en fazla yaprak alanını veren ilk üç uygulama 5382, 5335 ve 4875 cm² /bitki ile sırasıyla fulvik Asit 600mg/L, bakteri 1000µl/L ve fulvik Asit 300mg/L uygulamasıdır. Bakteri 500µl/L, kitosan 150µl/L ve Vermikompost 1000µl/L uygulamaları kontrole göre sırasıyla %26.78, %14.42 ve %20.68 oranında azalış olduğunu bildirirken, bakteri 1000µl/L, kitosan 300µl/L, fulvik asit 600mg/L, vermikompost 2000µl/L ve fulvik Asit 300mg/L uygulamalarında ise kontrole göre sırasıyla %22.75, %5.56, %23.83, %9.54 ve %12.17 oranında artış olduğunu bildirmiştir.

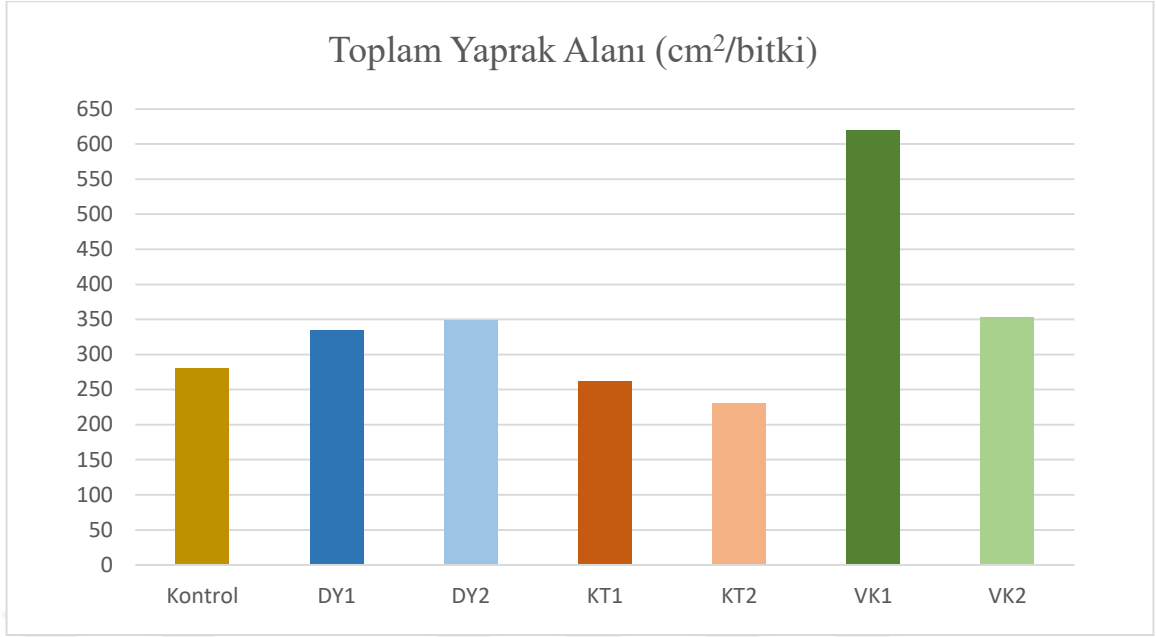
Keskin (2022), hidroponik sistemde iceberg marul yetiştiriciliğinde aminoasit, fulvik asit ve vermikompost biyostimülantlarını kullandığı iki aşamalı denemenin birincisinde en yüksek yaprak alanını 7585 cm² /bitki ile amino asit 75 ppm uygulamasından olduğunu bildirirken en düşük yaprak alanını kontrol uygulamasından 4793 cm² /bitki olarak bildirmiştir. İkinci denemede ise en yüksek yaprak alanını 13580 cm²/bitki Fulvik Asit 40 ppm + Vermikompost 2ml/L uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir.

Can (2022), hidroponik sistemde maydanoz yetiştiriciliğinde uyguladığı farklı biyostimülant (amino asit, fulvik asit ve kitosan) gübrelerinin yaprak alanı üzerindeki etkilerinin birinci denemede 1160 ile 1972 cm²/bitki arasında değişirken, ikinci denemede ise 3999 ile 5840 cm² /bitki arasında olduğunu istatistiksel olarak farklılık bulunmadığını bildirmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı biyostimülant gübrelerinin ıspanak toplam yaprak alanı üzerindeki etkileri (cm² /bitki)

Uygulamalar	Toplam Yaprak Alanı (cm ² /bitki)	Kontrole göre değişim (%)
Kontrol	280.29 bc	-
DY1	335.17 bc	54.88
DY2	349.64 bc	69.35
KT1	262.75 bc	- 17.54
KT2	231.74 c	- 48.55
VK1	619.80 a	339.51
VK2	353.32 b	73.03
LSD	119.907	-
P	<,0001*	-

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L



Şekil 4.2. Ispanak yetiştiriciliğinde toplam yaprak alan değerleri

4.3. Ispanak Bitkilerinde Yaprak Sayısı

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yaprak sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek yaprak sayısı kitosan 300µl/L uygulamasından (20.16 adet/bitki) elde edilirken en düşük yaprak sayısı vermikompost 1000µl/L uygulamasından (9.98 adet/bitki) elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına göre; kitosan 300µl/L ve 600µl/L uygulamaları sırasıyla %2.83, %1.23 oranında artış gösterirken deniz yosunu 250mg/L ve 500mg/L uygulamaları ile vermikompost 1000µl/L ve 2000µl/L uygulamaları sırasıyla %2.46, %3.23, %7.35, %4.88 oranlarında azalış göstermiştir (Çizelge 4.4). Yaprak sayısı sonuçları verim sonuçlarıyla ters orantılıdır. Bu gösteriyor ki yaprak sayısı az olanlar çok olanlara göre daha iri, kalın etli, ağır yani daha kaliteli yapraklar oluşturmuştur.

Aldiyab (2020), hidroponik sistem ile yeşil fesleğen yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Biyostimülantların yaprak sayısı üzerinde artırıcı etkisinin olmadığını bildirmiştir. %50 kontrol uygulamasına göre bakteri, mikroalg ve mikoriza uygulamalarında toplam yaprak sayısında sırasıyla %23.67, %19.67 ve %10.6 oranında azalış meydana gelmiştir. Yaprak sayısı azaldıkça biyostimülant uygulamalarının yaprak ağırlığı ve kalınlığını artırdığını bildirmiştir.

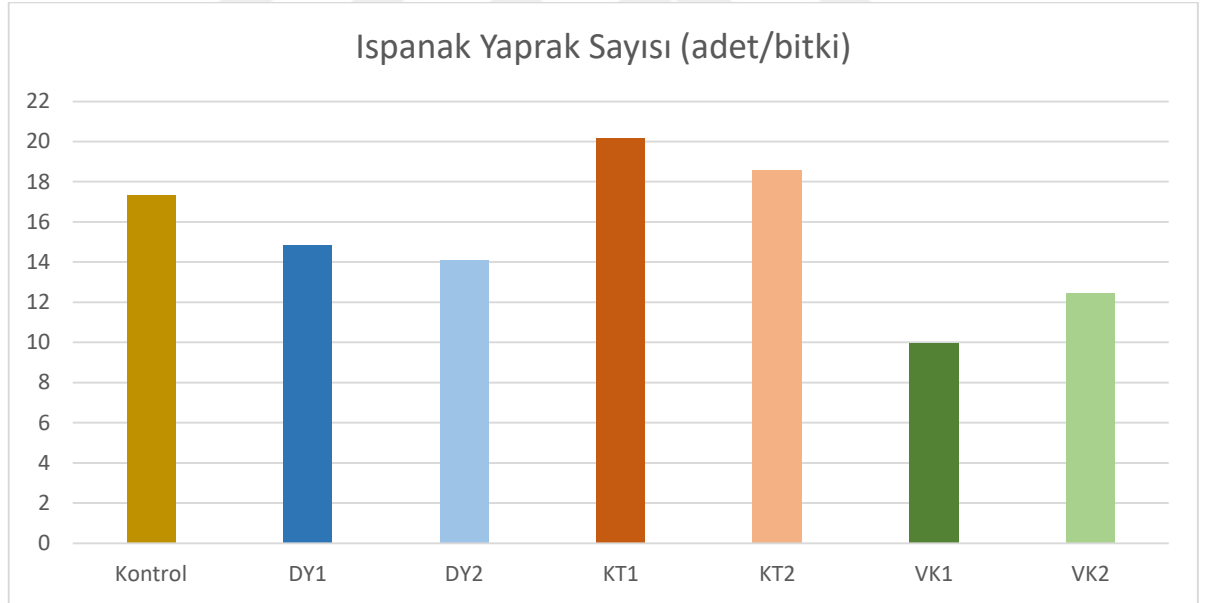
Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde mor fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullandığı çalışmasında toplam yaprak alanı sonuçlarına göre en fazla yaprak alanını veren ilk üç uygulama 5382, 5335 ve 4875 cm²/bitki ile sırasıyla fulvik asit 600mg/L, bakteri 1000µl/L ve fulvik Asit 300mg/L uygulamasında olduğunu bildirmiştir. Bakteri 500µl/L, kitosan 150µl/L, vermikompost 1000µl/L uygulamaları sırasıyla %26.78, %14.42, %20.68 oranında azalış gösterirken, bakteri 1000µl/L, kitosan 300µl/L, fulvik asit

600mg/L, vermikompost 2000µl/L ve fulvik Asit 300mg/L uygulamalarında sırasıyla %22.75, %5.56, %23.83, %9.54 ve %12.17 oranlarında toplam yaprak alanında artış olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak bitkisinde yaprak sayısı üzerine etkisi (adet/bitki)

Uygulamalar	Yaprak sayısı (adet/bitki)	Kontrole göre değişim (%)
Kontrol	17.33 b	-
DY1	14.87 bc	- 2.46
DY2	14.10 c	- 3.23
KT1	20.16 a	2.83
KT2	18.56 ab	1.23
VK1	9.98 d	- 7.35
VK2	12.45 cd	- 4.88
LSD	2.484	-
P	<, *0001	-

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L



Şekil 4.3. Ispanak yetiştiriciliğinde yaprak sayı değerleri

4.4. Ispanak Bitki Boyu Uzunluğu

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yapraklarında tam boy ve sap boya etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (çizelge 4.5). Yaprak tam boyda en yüksek sonucu deniz yosunu 250mg/L (18.27cm/yaprak) ile vermikompost 1000µl/L (18.48cm/yaprak) uygulamaları vermiştir. En düşük sonucu kitosan 600µl/L (13.88 cm/yaprak) uygulaması vermiştir. Kontrole göre deniz yosunu 250mg/L ve 500mg/L, vermikompost 1000µl/L ve 2000µl/L uygulamaları sırasıyla %1.29,

%0.92, %1.5, %0.65 oranlarında artış sağlarken kitosan 300µl/L ve 600µl/L uygulamaları sırasıyla %1.25, %3.1 azalış göstermiştir. Yaprak sap boyda ise kitosan 600µl/L uygulaması (5.54 cm/yaprak) en düşük sonucu verirken diğer uygulamalar 7.42 – 6.64 cm/yaprak arasında değer vermiştir ve aralarında istatistiksel fark olmadığı tespit edilmiştir.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde mor fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullandığı çalışmasında biyostimülant uygulamalarının bitkilerin boylarını arttırdığını ve en uzun bitki boyunun 45.75 cm ile vermikompost 1000µl/L uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir.

Aksu (2023), topraksız domates yetiştiriciliğinde aminoasit, faydalı bakteri, fulvik asit, kitosan ve vermikompost biyostimülantlarını kullanmıştır. Araştırmasında en uzun bitki boyu değeri 1.83 cm ile fulvik asit uygulamasından ikinci olarak ise 1.79 cm ile vermikompost uygulamasından elde edildiğini, en kısa boylu bitkilerin 1.70 cm ile kontrol uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak bitkisinde bitki boyu üzerine etkisi (cm/yaprak)

Uygulamalar	Yaprak tam boy (cm/yaprak)	Yaprak sap boy (cm/yaprak)
Kontrol	16.98 b	6.73 a
DY1	18.27 a	7.42 a
DY2	17.90 ab	7.40 a
KT1	15.73 c	6.64 a
KT2	13.88 d	5.54 b
VK1	18.48 a	7.17 a
VK2	17.63 ab	6.84 a
LSD	1.190	0.839
P	<,0001*	0,0028*

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.5. Ispanak Yapraklarında Kuru Madde Oluşumu

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yaprağında kuru madde oluşumu yüzde olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.6). En yüksek sonuç 10.70 ile kitosan 600µl/L uygulamasından en düşük sonuç ise 9.38 ile deniz yosunu 250mg/L uygulamasından elde edilmiştir. Kontrole göre kitosan 600µl/L, deniz yosunu 500mg/L, vermikompost 2000µl/L uygulamaları sırasıyla %7.1, %6.70, %1.60 artış sağlarken kitosan 300µl/L, deniz yosunu 250mg/L, vermikompost 1000µl/L uygulamaları sırasıyla %2.90, %6.1, %5.2 azalış göstermiştir. Yani biyostimülantların dozu arttıkça yüzde kuru madde oranları da artmıştır.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde mor fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan,

vermikompost, deniz yosunu biyostimülanlarını kullandığı çalışmada biyostimülant uygulamalarının yüzde kuru madde oluşumu üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemsiz bulunduğunu bildirmiştir.

Can (2022), hidroponik sistemde maydanoz yetiştiriciliğinde uyguladığı farklı biyostimülant (amino asit, fulvik asit ve kitosan) gübrelerinin yüzde kuru madde oranını birinci denemede toplam %16.07 ile %18.42 arasında, ikinci denemede ise %16.3 ile %22.3 arasında değiştiğini ve istatistiksel olarak önemsiz bulunduğunu bildirmiştir.

Keskin (2022), hidroponik sistemde iceberg marul yetiştiriciliğinde aminoasit, fulvik asit ve vermikompost biyostimülanlarını kullandığı iki aşamalı denemede yüzde kuru madde üretiminde birinci denemede en yüksek % 8.41 ile fulvik asit 40 ppm uygulamasından elde edildiğini ve diğer uygulamaların değerlerinin % 7.93-6.65 arasında olduğunu, ikinci denemede ise en yüksek değerin % 14.26 ile fulvik asit 40 ppm + amino asit 100 ppm + vermikompost 2 ml/L uygulamasından elde edildiğini, en düşük değerin ise % 7.43 ile fulvik asit 40 ppm + vermikompost 2 ml/L uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak bitkisinde yaprak kuru madde oranına etkisi (%).

Uygulamalar	Kuru Madde (%)
Kontrol	9.99 ac
DY1	9.38 c
DY2	10.66 ab
KT1	9.70 ac
KT2	10.70 a
VK1	9.47 bc
VK2	10.15 ac
LSD	1.200
P	0,1687

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.6. Ispanak Bitkisinde Kök Taze Ağırlığı

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak bitkisinin kök taze ağırlığına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.7). En yüksek değer 39g ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer ise 20g ile vermikompost 2000µl/L uygulamasından elde edilmiştir. Biyostimülant uygulamaları kontrole göre azalış göstermiştir. Deniz yosunu 250-500mg/L uygulamaları %30.77, %20.51, kitosan 300-600µl/L uygulamaları %25.64, %38.46, vermikompost 1000-2000µl/L uygulamaları %23.08, %48.72 oranında azalış göstermiştir.

Aldiyab (2020), hidroponik sistem ile yeşil fesleğen yetiştirdiği çalışmada mineral

gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında en yüksek kök taze ağırlığını %100 kontrol uygulamasında elde edildiğini kök taze ağırlıklarının 24.20g-14.03g arasında değiştiğini bildirmiştir.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında kök taze ağırlığında en yüksek (33.03g) ve en düşük (16.55g) değerlerin %100 ve %50 kontrol uygulamalarından elde edildiğini bildirmiştir. Biyostimülant uygulamaları ise kendi aralarında istatistiksel olarak farksız bulunduğunu ve değerlerin 21,59-20,54g arasında değiştiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak kök taze ağırlığına etkisi

Uygulamalar	Kök taze ağırlığı (g)
Kontrol	39 a
DY1	27 bc
DY2	31 ab
KT1	29 bc
KT2	24 bc
VK1	30 abc
VK2	20 c
LSD	9.574
P	0,0229*

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.7. Ispanak Bitkisinde Kök Kuru Ağırlığı

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak kök kuru ağırlığına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.8). En yüksek değer 2.71g ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer ise 1.25g ile vermikompost 2000µl/L uygulamasından elde edilmiştir. Deniz yosunu 250-500mg/L uygulamaları %50.18, %40.22, kitosan 300-600µl/L uygulamaları %19.55, %41.70, vermikompost 1000-2000µl/L uygulamaları %32.47, %53.87 oranında azalış göstermiştir.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında kök kuru ağırlıklarının 2.63g-1.51g arasında değiştiğini, en yüksek değerlerin %100 kontrol uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir. %50 kontrol uygulamasına göre ise %50 besin + alg, %50 besin + mikoriza ve %50 besin + bakteri uygulamalarının sırası ile %23.84, %43.70, %11.92 oranında artış sağladığını bildirmiştir.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde mor fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullandığı çalışmasında kök kuru ağırlıkları 1,99g

ile 7,62g arasında değişiklik gösterdiğini, en yüksek değerin fulvik asit 600mg/L uygulamasından elde edildiğini ve uygulanan biyostimülantların kök kuru ağırlığında arttırıcı etkisi olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak kök kuru ağırlığına etkisi

Uygulamalar	Kök kuru ağırlığı (g)
Kontrol	2.71 a
DY1	1.35 c
DY2	1.62 bc
KT1	2.18 sb
KT2	1.58 bc
VK1	1.83 bc
VK2	1.25 c
LSD	0.621
P	0,0014*

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.8. Ispanak Bitkisinde Kök Kuru Madde Oranı

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak kök kuru madde oranına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.9). En yüksek değer 7.44 ile kitosan 300µl/L uygulamasında bulunmuştur. En düşük değer ise 5.21 ile deniz yosunu 250mg/L uygulamasında bulunmuştur. Kontrole göre kitosan 300µl/L uygulaması %7.36 artış gösterirken diğer uygulamalar %5.19 ile %24.82 oranları arasında azalış göstermiştir.

Çizelge 4.9. Farklı biyostimülant uygulamalarının kök kuru madde oranına etkisi

Uygulamalar	Kök kuru madde oranı (%)
Kontrol	6.93 ab
DY1	5.21 c
DY2	5.30 c
KT1	7.44 a
KT2	6.57 ab
VK1	6.15 bc
VK2	6.09 bc
LSD	1.133
P	0,0054*

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.9. Ispanak Bitkisinde Kök Uzunluğu

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak kök uzunluğuna etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (çizelge 4.10). Uygulamaların değerleri 59,8 cm ile 49,95 cm arasında değişmektedir.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde mor fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullandığı çalışmasında kök boyu oranlarının 61,73 cm ile 19,80 cm arasında değiştiğini ve kullanılan biyostimülantların kontrole göre artış sağladığını bildirmiştir.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında kök uzunluğunun 50.33 cm ile 43.07 cm arasında değiştiğini ve uygulamalar arasında istatistiksel bir farkın olmadığını bildirmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak kök uzunluğuna etkisi

Uygulamalar	Kök uzunluğu (cm)
Kontrol	58.7
DY1	52.7
DY2	52.01
KT1	52.55
KT2	50.55
VK1	59.8
VK2	49.95
LSD	10.563
P	0,348 Ö.D

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.10. Ispanak Yapraklarında pH, EC, SÇKM ve Asitlik

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yapraklarında pH, EC, SÇKM ve asitlik ölçümlerinin hepsi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.11).

pH ölçümünde en yüksek sonuç 6.73 ile kitosan 600µl/L uygulamasından elde edilirken en düşük sonuç 6.51 ile vermikompost 1000µl/L uygulamasından elde edilmiştir.

EC ölçümünde en yüksek sonuç 2211ms/cm ile deniz yosunu 500mg/L uygulamasından elde edilirken en düşük sonuç kitosan 600µl/L uygulamasından elde edilmiştir.

SÇKM ölçümünde en yüksek sonucu veren uygulama %4.05 ile deniz yosunu 500mg/L iken en düşük sonucu veren uygulama ise %3.3 ile kitosan 300µl/L uygulaması olmuştur.

Asitlik ölçümünde ise en yüksek sonucu veren uygulama %2.36 ile deniz yosunu 500mg/L, en düşük sonucu veren uygulama %1.42 oranı ile kontrol olmuştur.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında EC ve SÇKM ölçümünde uygulamalar arasında istatistiksel bir farkın bulunmadığını kaydetmiştir. pH ölçümünde en yüksek değeri 6.54 ile %50 besin + alg uygulamasından, en düşük değeri ise 6.35 ile %100 besin uygulamasından elde ettiğini bildirmiştir.

Can (2022), hidroponik sistemde maydanoz yetiştiriciliğinde uyguladığı farklı biyostimülant (amino asit, fulvik asit ve kitosan) gübrelerinin etkilerini araştırdığı ikinci denemesinde yaprakların SÇKM ölçümlerinin %7.8 ile %9.5, pH ölçümlerinin 6.16 ile 6.65, asitlik ölçümlerinin ise %0.37 ile %0.57 arasında değer gösterdiklerini bildirmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta pH, EC, SÇKM ve Asitlik üzerine etkileri

Uygulamalar	pH	EC (ms/cm)	SÇKM (%)	Asitlik (%)
Kontrol	6.60 bc	2001.25 ab	3.97 a	1.42 b
DY1	6.56 cd	1501.00 ab	3.62 ab	2.08 a
DY2	6.64 b	2211.00 a	4.05 a	2.36 a
KT1	6.62 bc	1474.75 ab	3.3 b	1.93 ab
KT2	6.73 a	1256.75 b	3.72 ab	2.09 a
VK1	6.51 d	1930.50 ab	3.52 ab	2.32 a
VK2	6.60 bc	1467.25 ab	3.40 ab	1.93 ab
LSD	0.060	940.69	0.655	0.559
P	<,0001*	0,3327	0,1996	0,0445

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.11. Ispanak Yapraklarının Fenol ve Flavonoid İçerikleri

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yapraklarının toplam fenol ve flavonoid içeriklerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (çizelge 4.2). Yani kontrol ile biyostimülant uygulamalarının arasında fark yoktur.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında kullandığı biyostimülantların toplam fenol miktarını arttırdığını, özellikle mikorizanın toplam fenol içeriğini belirgin şekilde etkilediğini bildirmiştir. Toplam flavonoid içeriği üzerine ise biyostimülantların olumlu bir etkisinin görülmediğini bildirmiştir.

Keskin (2022), hidroponik sistemde iceberg marul yetiştiriciliğinde aminoasit, fulvik asit ve vermikompost biyostimülantlarını kullandığı iki aşamalı denemede toplam fenol değerleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. İlk denemede değerler 68.23 ile 32.09mgGA/100g arasındadır. İkincide ise değerler 85.30 ile 61.63mgGA/100g arasında değiştiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta toplam fenol ve flavonoid üzerine etkileri

Uygulamalar	Toplam Fenol (mg GA/100 g TA)	Toplam Flavonoid (mg RU/100g TA)
Kontrol	103.35	490.98
DY1	109.35	502.73
DY2	105.02	489.34
KT1	99.94	457.80
KT2	133.1	494.35
VK1	108.13	494.9
VK2	110.64	502.41
LSD	35.453	58.011
P	0,5628 Ö.D.	0,7193 Ö.D.

TA: Taze Ağırlık, GA: Gallik asit, RU: Rutin, DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.12. Ispanak Yapraklarında C Vitamini Miktarı

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yapraklarında C vitamini açısından istatistiksel olarak bir etki bulunamamıştır (çizelge 4.13). Uygulamaların değerleri 59.36 – 60.16mg/100g TA arasında bulunmuştur.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında C vitamini değerlerinin 57.27mg/100g %50 besin ile 73.83mg/100g %50besin + mikoriza arasında değiştiğini bildirmiştir.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde mor fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullandığı çalışmasında C vitamini değerlerinin 59.96 ile 37.28mg/100g arasında değiştiğini, en yüksek değeri veren uygulamanın fulvik asit 600mg/L, en düşük değer ise Kitosan 300µl/L uygulamasında görüldüğünü bildirmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta C vitamini üzerine etkileri

Uygulamalar	Vitamin C (mg/100g TA)
Kontrol	60.09
DY1	60.16
DY2	59.55
KT1	59.36
KT2	59.60
VK1	60.02
VK2	59.87
LSD	1.1376
P	0,7009 Ö.D.

TA: Taze Ağırlık, DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.13. Ispanak Yapraklarında Nitrat Miktarı

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yapraklarında nitrat miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.14). Nitrat birikimi sağlık açısından istenmeyen bir özelliktir. En yüksek değer 360.25mg/kg TA ile vermikompost 1000µl/L uygulamasından elde edilmiştir. Ardından vermikompost 2000µl/L uygulaması 340mg/kg TA değeri ile takip eder. Sırasıyla kontrole göre %12.49 ve %6.17 oranlarında artış gösterirler. Kontrole göre deniz yosunu 250mg/L, 500mg/L uygulamaları ile kitosan 300µl/L, 600µl/L uygulamaları sırasıyla %11.24, %13.50, %6.48, %18.11 oranında azalış gösterir.

WTO (2023), Dünya Sağlık Örgütü'nde ve Türkiye'de gıda bulaşanlar kodeksine göre maksimum nitrat oranı taze ıspanak bitkisinde 3500mg/kg olarak belirlenmiştir.

Certel ve ark. (2006), yeşil yapraklı bitkiler nitrat birikim durumuna göre düşük (0-200mg/kg), orta (200-600mg/kg) ve yüksek miktarda nitrat içerenler (600-4000mg/kg) olarak üç grupta sınıflandırılmaktadır.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde mor fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullandığı çalışmasında toplam nitrat miktarının 310.27 ile 207.02 ppm arasında olduğunu ve uygulanan biyostimülantlardan sadece bakteri 500µl/L ve kitosan 150µl/L uygulamalarında kontrole göre sırasıyla %19.22 ve %14.34 oranında artış olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta nitrat miktarı üzerine etkileri

Uygulamalar	Nitrat miktarı (mg/kg TA)
Kontrol	320.25 ac
DY1	284.25 bc
DY2	277.00 bc
KT1	299.50 ac
KT2	262.25 c
VK1	360.25 a
VK2	340.00 ab
LSD	73.618
P	0,1104

TA: Taze Ağırlık, DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.14. Ispanak Yapraklarında Toplam Klorofil Miktarı (SPAD)

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yapraklarında spad değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (çizelge 4.15). Uygulamaların 61.67 ile 65.32 değerleri arasında değişkenlik gösterdikleri saptanmıştır.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında baktığı spad okuma değerlerinin istatistiksel açıdan uygulamalar arasında fark olmadığını ortaya koymuştur. Değer aralığı 62.15 – 73.72 şeklindedir.

Can (2022), hidroponik sistemde maydanoz yetiştiriciliğinde uyguladığı farklı biyostimülant (amino asit, fulvik asit ve kitosan) gübrelerinin etkilerini araştırdığı çalışmasında spad ölçümlerinin iki denemede de istatistiksel olarak önemli bulunmadığını bildirmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta SPAD değerlerine etkileri

Uygulamalar	SPAD
Kontrol	62.57
DY1	65.32
DY2	65.05
KT1	63.65
KT2	63.40
VK1	62.22
VK2	61.67
LSD	8.507
P	0,9596 Ö.D.

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.15. Ispanakta Besin Maddeleri Analizleri

Bu çalışmada farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yapraklarındaki besin elementi içeriğine etkisi analiz edilip karşılaştırılmıştır.

4.15.1. Yaprakta Azot (N) Konsantrasyonu

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yapraklarında N miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.16). En yüksek değeri %6.23 ile vermikompost 2000µl/L uygulaması vermiştir. En düşük değeri ise %5.45 ile deniz yosunu 500mg/L uygulaması vermiştir. Kontrole göre vermikompost 2000µl/L uygulaması %0.81 oranında artış sağlarken diğer uygulamalar düşüş göstermiştir. Deniz yosunu 250mg/L – 500mg/L, kitosan 300µl/L - 600µl/L ve vermikompost 1000µl/L uygulamaları sırasıyla %2.91, %11.81, %4.53, %4.36, %6.15 oranlarında düşüş göstermiştir.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde mor fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullandığı çalışmasında bakteri 1000µl/L - 500µl/L, Kitosan 300µl/L - 150µl/L ve Vermikompost 2000µl/L uygulamalarının kontrole göre artış olmadığı bildirilirken diğer biyostimülant uygulamalarında kontrol uygulamasına göre artış olduğu bildirilmiştir. En yüksek azot içeriği %5.88 ile fulvik asit 300mg/L uygulamasında, en düşük azot içeriği ise bakteri 1000µl/L uygulamasında %5.19 oranında saptanmıştır.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında azot analizi sonucu en düşük değeri %7.24 olarak %50 besin uygulamasında, en yüksek değeri ise %8.18 olarak %50 besin + mikoriza uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir.

Keskin (2022), hidroponik sistemde iceberg marul yetiştiriciliğinde aminoasit, fulvik asit ve vermikompost biyostimülantlarını kullandığı iki aşamalı denemenin birincisinde en yüksek N oranını

%3.16 ile VK 2 ml/L uygulamasından, en düşük N oranını ise %2.36 ile AA 75 ppm uygulamasından alındığını bildirmiştir. İkinci denemede uygulamar arasında N oranı istatistiksel olarak önemsiz bulunduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.16. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta Azot (N) değerlerine etkileri

Uygulamalar	N (%)
Kontrol	6.18 ab
DY1	6.00 ab
DY2	5.45 c
KT1	5.90 ab
KT2	5.91 ab
VK1	5.80 bc
VK2	6.23 a
LSD	0.4075
P	0,0167*

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.15.2. Yaprakta Fosfor (P) Konsantrasyonu

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yapraklarında P oranının etkisi istatistiksel olarak önemli olup (çizelge 4.17) en yüksek değeri %0.60 oranında vermikompost 1000µl/L uygulaması vermiştir. En düşük değeri ise %0.47 oranında kitosan 600µl/L uygulaması vermiştir. Kontrole göre vermikompost 1000µl/L - 2000µl/L uygulamaları sırasıyla %7.14 ve %1.78 oranında artış sağlamıştır. Deniz yosunu 250mg/L – 500mg/L, kitosan 300µl/L - 600µl/L uygulamaları ise kontrole göre sırasıyla %5.36, %7.14, %3.57, %16.07 oranlarında azalma göstermişlerdir.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde mor fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullandığı çalışmasında fosfor değerleri % 1.17 ile % 0.78 arasında değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. En yüksek P içeriği kitosan 300µl/L uygulamasından %1.17 ile elde edilirken en az P değeri ise %0.78 ile kontrolde bulunduğunu bildirmiştir. Biyostimülant uygulamalarının kontrole göre %19.23, %30.76, %3.84, %16.66, %50, %25.64, %30.76 ve %14.10 oranında artış sağladığını bildirmiştir.

Çizelge 4.17. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta Fosfor (P) değerlerine etkileri

Uygulamalar	P (%)
Kontrol	0.56 a
DY1	0.53 ab
DY2	0.52 ab
KT1	0.54 ab
KT2	0.47 b
VK1	0.60 a
VK2	0.57 a
LSD	0.087
P	0,1239

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.15.3. Yaprakta Potasyum (K) Konsantrasyonu

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yapraklarında K oranı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.18). En yüksek değeri %12.67 oranıyla vermikompost 1000µl/L uygulaması vermiştir. En düşük değeri ise %9.11 ile deniz yosunu 250mg/L uygulaması vermiştir. Kontrole göre vermikompost 1000µl/L - 2000µl/L uygulamaları ile kitosan 300µl/L uygulaması sırasıyla %23.49, %13.25, %14.42 oranlarında artış sağlarken, deniz yosunu 250mg/L - 500mg/L uygulamaları ile kitosan 600µl/L uygulaması sırasıyla %11.21, %4.77, %0.78 oranında azalış göstermiştir.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde mor fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullandığı çalışmasında K oranında en yüksek değere sahip uygulama kitosan 300µl/L(%5.59) iken en düşük değere sahip uygulama ise fulvik asit 600mg/L (%3.81) olduğunu bildirmiştir. Bakteri 1000µl/L, fulvik asit 600mg/L - 300mg/L uygulamalarında kontrole göre sırasıyla %6.45, %15.14, %0.89'luk azalış gösterirken, bakteri 500µl/L, kitosan 300µl/L - 150µl/L, vermikompost 2000µl/L - 1000µl/L uygulamaları sırasıyla %12.91, %24.49, %13.36, %16.03 ve %16.24 oranında artış gösterdikleri saptanmıştır.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında en yüksek K oranını %9.96 ile %100 besin, ardından %8.76 ile %50besin + mikoriza uygulamalarından elde edildiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.18. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta Potasyum (K) değerlerine etkileri

Uygulamalar	K (%)
Kontrol	10.26 bc
DY1	9.11 c
DY2	9.77 c
KT1	11.74 ab
KT2	10.18 bc
VK1	12.67 a
VK2	11.62 ab
LSD	1.567
P	0,0017*

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.15.4. Yaprakta Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonu

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yapraklarında Ca oranının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.19). En yüksek sonuç %1.46 ile vermikompost 1000µl/L uygulamasından sağlanırken en düşük uygulama ise %0.85 ile kitosan 600µl/L uygulamasından elde edilmiştir. Kontrole göre sırasıyla vermikompost 1000µl/L ile deniz yosunu 500mg/L uygulamaları %23.73 ve %16.95 oranında artış gösterirken deniz yosunu 250mg/L, kitosan 300µl/L - 600µl/L, vermikompost 2000µl/L uygulamaları %26.27, %2.54, %27.97, %11.86 oranlarında azalış göstermiştir.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında ıspanak yapraklarının kalsiyum içeriğinin %0.49 (%50 besin) ile %0.59 (%50 besin + alg) arasında değiştiğini bildirmiştir.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde mor fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullandığı çalışmasında Ca oranlarının %2.89 ile %1.46 arasında değiştiğini ve en yüksek değerini bakteri 1000µl/L uygulamasından elde edilirken en düşük oranın ise fulvik asit 300mg/L uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.19. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta Kalsiyum (Ca) değerlerine etkileri

Uygulamalar	Ca (%)
Kontrol	1.18 bc
DY1	0.87 d
DY2	1.38 ab
KT1	1.15 c
KT2	0.85 d
VK1	1.46 a
VK2	1.04 cd
LSD	0.224
P	<,0001*

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.15.5. Yaprakta Magnezyum (Mg) Konsantrasyonu

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta magnezyum değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.20). En yüksek değer %3.57 ile kitosan 600µl/L uygulamasından alınırken en düşük değer ise %1.63 ile deniz yosunu 500mg/L uygulamasından alınmıştır. Kontrole göre kitosan 600µl/L, vermikompost 2000µl/L, deniz yosunu 250mg/L uygulamaları sırasıyla %65.28, %56.48, %11.57 oranında artış göstermiştir. Deniz yosunu 500mg/L, kitosan 300µl/L, vermikompost 1000µl/L uygulamasında ise kontrole göre %24.54, %3.70, %3.24 oranında azalış göstermiştir.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında biyostimülant uygulamalarının magnezyum oranını, %50 besin uygulamasına göre yükselttiğini bildirmiştir. Magnezyum içerikleri, %50besin + alg, %50besin + bakteri, %50besin + mikoriza uygulamalarında sırasıyla %18.1, %9.0, %15.9 oranında arttığını ve ıspanak yapraklarında %0.6 ile %1.0 aralığındaki Mg konsantrasyonunun yeterli beslenme olduğunu bildirilmiştir.

Çizelge 4.20. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta Magnezyum (Mg) değerlerine etkileri

Uygulamalar	Mg (%)
Kontrol	2.16 b
DY1	2.41 b
DY2	1.63 b
KT1	2.08 b
KT2	3.57 a
VK1	2.09 b
VK2	3.38 a
LSD	0.803
P	0,0005*

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.15.6. Yaprakta Mikro Element Konsantrasyonları

Farklı biyostimülant uygulamalarının mikro element konsantrasyonlarındaki etkilerine baktığımızda Cu ve Fe konsantrasyonlarında uygulamalar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Zn ve Mn ise istatistiksel olarak uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur (çizelge 4.21). Uygulanan farklı biyostimülant uygulamalarının Cu değerleri 23.25 ppm ile 15.25 ppm arasında değişiklik göstermekte olup Fe değerleri ise 106.25 ppm ile 91.25 ppm arasında değişiklik göstermektedir.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında en yüksek Cu içeriğini %50besin + mikoriza (20.30 ppm) ve % 100 besin (20.30 ppm) uygulamalarından elde ettiğini bildirmiştir. Fe konsantrasyonunda ise sonuçların 118.10 ppm ile 93.07 ppm arasında değişiklik gösterdiğini; mikoriza, bakteri ve alg uygulamalarında %50 kontrole göre sırasıyla %26.89, %7.62 ve %4.94 artış gösterdiğini saptamıştır.

Karacaoğlu (2023), hidroponik sistemde mor fesleğen yetiştiriciliğinde bakteri, kitosan, vermikompost, deniz yosunu biyostimülantlarını kullandığı çalışmasında en yüksek bakır oranının 8 ppm ile vermikompost 2000µl/L uygulamasından elde edilirken en düşük bakır oranının ise 4 ppm ile bakteri 500µl/L ve kitosan 150µl/L uygulamalarında elde edildiğini bildirmiştir. Demir konsantrasyonlarına bakıldığında ise sonuçların 153.5 ppm fulvik asit 600mg/L uygulaması ile 105 ppm kontrol uygulaması arasında olduğunu tespit etmiştir. Biyostimülantların bütün uygulamalarında fesleğen yapraklarındaki demir içeriğini arttırıcı etki yaptığını bildirmiştir.

Zn konsantrasyonunda uygulamalar arasından en yüksek değeri 86 ppm ile vermikompost 1000µl/L uygulaması verirken en düşük değeri 66.75 ppm ile deniz yosunu 250mg/L uygulaması vermiştir. Kontrole göre kitosan 300µl/L - 600µl/L, vermikompost 1000µl/L - 2000µl/L uygulamaları sırasıyla %8.11, %10.13, %16.21, %9.80 oranında artış sağlarken deniz yosunu 250mg/L - 500mg/L

uygulamaları sırasıyla %9.80, %7.43 oranında azalış göstermiştir.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında en yüksek çinko dozu %50besin + bakteri uygulamasında 76.84 ppm iken en düşük çinko dozunu ise %50 besin uygulamasında 55.90 ppm olarak bildirmiştir. Biyostimülantların birbirine yakın oranda çinko içeriğini artırıcı etki yaptığını belirtmiştir.

Mn konsantrasyonunda en yüksek sonucu veren 119.50 ppm ile deniz yosunu 500mg/L uygulamasıdır. En düşük sonucu ise %9.54 oranında kontrol uygulamasından tek düşük uygulama olan 83 ppm ile deniz yosunu 250mg/L uygulaması vermiştir. Deniz yosunu 500mg/L, kitosan 300µl/L - 600µl/L, vermikompost 1000µl/L - 2000µl/L uygulamaları sırasıyla kontrole göre %30.24, %0.54, %1.90, %13.35, %18.53 oranlarında artış sağlamıştır.

Kaçmaz (2021), hidroponik sistem ile ıspanak yetiştirdiği çalışmasında mineral gübreleri %50 azaltarak yerine biyostimülant (alg, bakteri, mikoriza) ilave etmiştir. Çalışmasında Mn içeriklerinin 78.57 ppm ile 52.02 ppm arasında değiştiğini, mikro alg, bakteri ve mikoriza uygulamalarının %50besin uygulamasına göre yaprak Mn içeriğini arttırdığını bildirmiştir.

Çizelge 4.21. Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanakta mikro elementler üzerindeki etkisi (ppm)

Uygulamalar	Cu	Zn	Fe	Mn
Kontrol	23.25	74 ab	91.25	91.75 ab
DY1	15.25	66.75 b	106.25	83 b
DY2	16	68.5 b	102.25	119.5 a
KT1	15.5	80 ab	98.5	92.25 ab
KT2	15.5	81.5 ab	100.25	93.5 ab
VK1	20.25	86 a	96	104 ab
VK2	16.5	81.25 ab	97	108.75 ab
LSD	9.983	15.26	32.66	28.46
P	0,5551 Ö.D.	0,1212	0,9758 Ö.D.	0,1834

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L

4.16. Biyostimülantların Maliyetleri

Yapılan çalışmamızda kullandığımız biyostimülantların maliyet raporu TL ve Dolar bazında Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Biyostimülanların Maliyet Raporu (TL-Dolar)

BİYOSTİMÜLANLAR	Toplam Maliyet (TL)	Toplam Maliyet (USD)
DY1	48.23	1.77
DY2	96.46	3.55
KT1	28.35	1.04
KT2	56.70	2.08
VK1	34.68	1.28
VK2	69.36	2.56

DY1: Deniz Yosunu 250mg/L, DY2: Deniz Yosunu 500mg/L, KT1: Kitosan 300µl/L, KT2: Kitosan 600µl/L, VK1: Vermikompost 1000µl/L, VK2: Vermikompost 2000µl/L



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hidroponik sistem ıspanak yetiştiriciliğinde besin çözeltilisine ek olarak Deniz Yosunu, Kitosan ve Vermikompost biyostimülantlarının farklı ikişer doz şeklinde kullanılarak yapılan bu tez çalışmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

İspanak bitkisi yapraklarının toplam veriminde kontrol ile biyostimülant uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup, en yüksek toplam verim vermikompost 1000µl/L (6.04 kg/m²) uygulamasında iken en düşük toplam verim kitosan 600µl/L (3.56 kg/m²) uygulamasında bulunmuştur. Vermikompost uygulamaları diğer uygulamalara göre 5 gün erken (9 Şubat) hasata gelmiş olup erkencilik sağlamıştır. Toplam verimde kontrole göre artış gösteren biyostimülant uygulamaları yüzde olarak sırasıyla; %49.2 artış ile en çok toplam verim alınan vermikompost 1000µl/L, %19.5 ile deniz yosunu 250mg/L, %3.5 ile kitosan 300µl/L, %3.05 ile deniz yosunu 500mg/L şeklindedir. Vermikompost 2000µl/L ve kitosan 600µl/L uygulamaları ise kontrole göre sırasıyla %1.18 ve %16.24 azalış göstermiştir. Verim noktasında verilere bakılarak biyostimülantların genel olarak verimde artışa yardımcı olduklarını özellikle içeriğinde faydalı mikroorganizmalar da barındıran vermikompost 1000µl/L uygulamasının hem verim artışı hem de erkencilik avantajı göze çarpmaktadır. Diğer verim artışı sağlayan biyostimülantların da yetiştiricilikte avantajlı olacağı gözlenmektedir.

İspanak yaprak alanı konusunda en yüksek veriler ve kontrole göre artış oranları sırasıyla vermikompost 1000µl/L uygulaması (619.80m²/bitki) %339.51, vermikompost 2000µl/L uygulaması %73.03, deniz yosunu 500mg/L uygulaması %69.35, deniz yosunu 250mg/L uygulaması %54.88 şeklindedir. Kitosan 300µl/L ve 600µl/L uygulamaları kontrole göre sırasıyla %17.54, %48.55 oranında azalış göstermiştir. Böylece kitosan uygulamaları dışındaki tüm biyostimülant uygulamalarının önemli ölçüde artış sağladığını net olarak söyleyebiliriz.

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak yaprak sayısı üzerine etkisine baktığımızda en yüksek yaprak sayısı kitosan 300µl/L uygulamasından (20.16 adet/bitki) elde edilirken en düşük yaprak sayısı vermikompost 1000µl/L uygulamasından (9.98 adet/bitki) elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına göre; kitosan 300µl/L ve 600µl/L uygulamaları sırasıyla %2.83, %1.23 oranında artış gösterirken deniz yosunu 250mg/L ve 500mg/L uygulamaları ile vermikompost 1000µl/L ve 2000µl/L uygulamaları sırasıyla %2.46, %3.23, %7.35, %4.88 oranlarında azalış göstermiştir. Yaprak sayısı sonuçları verim sonuçlarıyla ters orantılı olduğu gözlenmiştir. Bu gösteriyor ki yaprak sayısı az olanlar çok olanlara göre daha iri, kalın etli, ağır yani daha kaliteli yapraklar oluşturmıştır.

Yaprak tam boyda en yüksek sonucu deniz yosunu 250mg/L (18.27cm/yaprak) ile vermikompost 1000µl/L (18.48cm/yaprak) uygulamaları vermiştir. En düşük sonucu kitosan 600µl/L (13.88 cm/yaprak) uygulaması vermiştir. Kontrole göre deniz yosunu 250mg/L ve 500mg/L, vermikompost 1000µl/L ve 2000µl/L uygulamaları sırasıyla %1.29, %0.92, %1.5, %0.65 oranlarında artış sağlarken kitosan 300µl/L ve 600µl/L uygulamaları sırasıyla %1.25, %3.1 azalış göstermiştir.

Sonuçlara göre kitosan uygulamaları harici diğer uygulamaların yaprak boyunu arttırıcı etkisi görülmektedir. Yaprak sap boyda ise kitosan 600µl/L uygulaması (5.54 cm/yaprak) en düşük sonucu verirken diğer uygulamalar 7.42 – 6.64 cm/yaprak arasında değer vermiştir ve aralarında istatistiksel fark olmadığı tespit edilmiştir.

Ispanak yaprağı yüzde kuru maddede en yüksek sonuç 10.70 ile kitosan 600µl/L uygulamasından en düşük sonuç ise 9.38 ile deniz yosunu 250mg/L uygulamasından elde edilmiştir. Kontrole göre kitosan 600µl/L, deniz yosunu 500mg/L, vermikompost 2000µl/L uygulamaları sırasıyla %7.1, %6.70, %1.60 artış sağlarken kitosan 300µl/L, deniz yosunu 250mg/L, vermikompost 1000µl/L uygulamaları sırasıyla %2.90, %6.1, %5.2 azalış göstermiştir. Yani biyostimülantların dozu arttıkça yüzde kuru madde oranları da artmıştır.

Ispanak bitkisinin kök taze ağırlığına baktığımızda en yüksek değer 39g ile kontrolden sağlanmıştır. Kök kuru ağırlığına bakıldığında da en yüksek değer 2.71g ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Kök kuru madde oranında en yüksek değer 7.44 ile kitosan 300µl/L uygulamasında bulunmuş olup kontrole göre %7.36 artış göstermiştir. Kök taze ve kuru ağırlığında tüm biyostimülant uygulamalarının kontrolden aşağıda kaldığı gözlenmiştir. Biyostimülant uygulamalarında bitkilerin yeşil aksama daha çok çalıştığı yorumunu yapabilmek mümkündür. Kök kuru madde konusunda da yalnızca kitosan 300µl/L uygulamasının arttırıcı etkisi gözlenmiştir.

Farklı biyostimülant uygulamalarının ıspanak kök uzunluğuna etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Uygulamaların değerleri 59.8 cm ile 49.95 cm arasında değişmiştir.

Ispanakta kimyasal analiz sonuçlarına bakacak olursak; pH, EC, SÇKM ve Asitlik farklı biyostimülant uygulamalarının üzerine olumlu yönde etkileri varken, fenol ve flavonoid ve vitamin C noktasında sonuçlar istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır.

Nitrat birikiminde en yüksek değer 360.25mg/kg TA ile vermikompost 1000µl/L uygulamasından elde edilmiştir. Ardından vermikompost 2000µl/L uygulaması 340mg/kg TA değeri ile takip eder. Sırasıyla kontrole göre %12.49 ve %6.17 oranlarında artış gösterirler. Kontrole göre deniz yosunu 250mg/L, 500mg/L uygulamaları ile kitosan 300µl/L, 600µl/L uygulamaları sırasıyla %11.24, %13.50, %6.48, %18.11 oranında azalış gösterir. Nitrat birikiminin az olmasını isteriz bu yüzden deniz yosunu ve kitosan uygulamaları nitrat birikimini azalttığını görmekteyiz. Daha önce yapılan bir çalışmada yeşil yapraklı bitkiler nitrat birikim durumuna göre düşük (0-200mg/kg), orta (200-400mg/kg) ve yüksek miktarda nitrat içerenler (600-4000mg/kg) olarak üç grupta yer almakta olduğundan tüm sonuçlarımız yüksek sınıfa girmediğinden tüm biyostimülant uygulamalarımızın kullanılabilir olduğu söyleyebiliriz. Dünya Sağlık Örgütü'nün taze ıspanak maksimum limitine (3500mg/kg) göre ise sonuçlarımız çok düşük olup oldukça güvenilirdir.

Toplam klorofil miktarı için spad ölçüm sonuçlarında biyostimülant uygulamaları arasında fark önemsiz bulunmuştur ve uygulamaların 61.67 ile 65.32 değerleri arasında değişkenlik gösterdikleri saptanmıştır.

Makro elementlere bakıldığında yapılan çalışmamızda N miktarında en yüksek değeri %6.23

ile vermikompost 2000µl/L uygulaması vermiştir ve kontrole göre %0.81 oranında artış sağladığı tespit edilmiştir.

P miktarında en yüksek değeri %0.60 oranında vermikompost 1000µl/L uygulaması vermiştir ve kontrole göre vermikompost 1000µl/L - 2000µl/L uygulamaları sırasıyla %7.14 ve %1.78 oranında artış sağlamıştır.

K miktarında en yüksek değeri %12.67 oranıyla vermikompost 1000µl/L uygulaması vermiştir ve kontrole göre vermikompost 1000µl/L - 2000µl/L uygulamaları ile kitosan 300µl/L uygulaması sırasıyla %23.49, %13.25, %14.42 oranlarında artış sağladığını görmekteyiz.

Ca miktarında en yüksek sonuç %1.46 ile vermikompost 1000µl/L uygulamasından sağlanmıştır ve kontrole göre sırasıyla vermikompost 1000µl/L ile deniz yosunu 500mg/L uygulamaları %23.73 ve %16.95 oranında artış göstermiştir.

Mg miktarında en yüksek değer %3.57 ile kitosan 600µl/L uygulamasından alınmıştır. Kontrole göre kitosan 600µl/L, vermikompost 2000µl/L, deniz yosunu 250mg/L uygulamaları sırasıyla %65.28, %56.48, %11.57 oranında artış göstermiştir. Tüm makro element sonuçlarına bakıldığında Mg dışındaki bütün makrolarda özellikle vermikompost 1000µl/L uygulaması en iyi sonuçları vererek ön plana çıktığı görülmektedir.

Mikro element sonuçlarına bakıldığında Cu ve Fe elementlerinin oranları istatistiksel olarak önemsiz olduğu biyostimülantların arttırıcı etki göstermediğini söyleyebiliriz. Cu değerleri 23.25 ppm ile 15.25 ppm arasında değişiklik göstermekte olup Fe değerleri ise 106.25 ppm ile 91.25 ppm arasında değişiklik göstermiştir.

Zn konsantrasyonunda uygulamalar arasından en yüksek değeri 86 ppm ile vermikompost 1000µl/L uygulaması vermiştir ve kontrole göre kitosan 300µl/L - 600µl/L, vermikompost 1000µl/L - 2000µl/L uygulamaları sırasıyla %8.11, %10.13, %16.21, %9.80 oranında artış sağlamıştır.

Mn konsantrasyonunda en yüksek sonucu veren 119.50 ppm ile deniz yosunu 500mg/L uygulamasıdır. Deniz yosunu 500mg/L, kitosan 300µl/L - 600µl/L, vermikompost 1000µl/L - 2000µl/L uygulamaları sırasıyla kontrole göre %30.24, %0.54, %1.90, %13.35, %18.53 oranlarında artış sağladığı tespit edilmiştir.

Kullanılan biyostimülantların toplam maliyet raporuna baktığımızda düşük rakamlar çıkmıştır. Özellikle bütün uygulamaların birinci dozları oldukça düşüktür. Maliyet hesaplaması göstermektedir ki biyostimülant uygulamaları düşük maliyetlerle yüksek verim ve kalite artışı ile uygulanabilir karlı bir yöntemdir.

Çalışmamızda yapılan tüm gözlem, ölçüm ve analiz sonuçlarının ışığında biyostimülant uygulamalarının hem verim hem de kalite parametreleri açısından oldukça güzel etkilerinin olduğu görülmektedir. Genel anlamda vermikompost, deniz yosunu uygulamaları başarılı bulunmuştur ve en iyi uygulama vermikompost 1000µl/L olarak tespit edilmiştir. Bu biyostimülantların yetiştiricilikte kullanılmasını tavsiye ederiz. Kitosan uygulamalarının da bazı parametrelerde arttırıcı etkileri olduğunu fakat diğer biyostimülantlara nazaran geride kaldığını ve farklı dozlarda denemeler

yapılabileceğini söyleyebiliriz.



KAYNAKÇA

- Aldiyab A. (2020). Su Kültürü fesleğen yetiştiriciliğinde mikoriza mikroalg ve bakteri ile mineral gübrelerin azaltılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilimi Dal Yüksek Lisans Tezi, Kod no: 5698.
- Altuntaş, Ö., Durak, A., Küçük, R. (2018). Optimization and comparison of the effects of vermicompost and conventional fertilization on spinach (*Spinacia oleracea* L.) growth. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16 (5), 7001-7016
- Anonim (2022). Ispanak İstatistikleri.
(<https://www.statagri.com/ispanak-istatistikleri/> , Kasım 2022).
- Başdınç, M. A., Kabay, T. (2022). Tuz Stresindeki Ispanakta Vermikompost ve Su Yosununun Bazı Fizyolojik Unsurlara Etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 188-194.
- Bayraktar K. (1976). Sebze Yetiştirme. Cilt 3. Bornova, İzmir. 356 S. Ege Üniversitesi ZFY. No.:244.
- Bayraktar, K. (1970). Sebze yetiştirme. EÜ ZF Yayınları, 2(169), 347.
- Bayraktar, K. (1973). Sebze Yetiştiriciliği Cilt I (Kültür Sebzeleri). E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:110. Bornova-İzmir.
- Bellitürk, K. (2016). Sürdürülebilir tarımsal üretimde katı atık yönetimi için vermicompost teknolojisi. *Çukurova tarım ve gıda bilimleri dergisi*, 31(3), 1-5.
- Bingöl, B. (2019). Alternatif Tarım Yöntemleri; Aeroponik, Akuaponik, Hidroponik. *Harman Time Dergisi*, 7(82), 34-42.
- Blunden G., Whapham, C., Jenkins, T. (1992). Seaweed Extracts in Agriculture and Horticulture: Their Origins, Uses and Modes of Action. School of Pharmacy and Biomedical Science and "School of Biological Sciences, University of Portsmouth, King Henry John Street, Portsmouth, Hampshire PO1 202, U.K.
- Blunden, G. (1991). Agricultural Uses of Seaweeds and Seaweed Extracts. In: *Seaweed Resources in Europe: Uses and Potential*. Pp.65-81. John Wiley and Sons, Chichester.
- Bostan, K., Aldemir, T., Aydın, A. (2007). Kitosan ve antimikrobiyal aktivitesi. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 37(2), 118-127.
- Bostancı, K. B. (2018). Açıkta ve örtüaltında yetiştirilen ıspanağın verim ve kalitesi üzerine durgun su kültürü tekniği ile topraklı yetiştiriciliğin etkilerinin araştırılması.
- Can, G. (2022). Su kültüründe maydanoz yetiştiriciliğinde biyo-stimulant kullanımı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans tezi.
- 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.

- Colla, C., Cardarelli, M., Bonini, P., Rouphael, Y. (2017). 'Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially modulate fruit quality of greenhouse tomato', *Hortscience* 52(9): 1214– 1220.
- Correll JC, Bluhm BH, Feng C, Lamour K, du Toit LJ, Koike ST. (2011). Spinach: Better Management of downy Mildew and White Rust Through Genomics. *Eur. J. Plant Pathol.*, 129, 193-205.
- Craigie, J., S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J Appl Phycol* 23:371– 393.
- Dasgan, H. Y., Kacmaz, S., Arpacı, B. B., İkiz, B., Gruda, N. S. (2023a). Biofertilizers Improve the Leaf Quality of Hydroponically Grown Baby Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Agronomy*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy13020575>
- Dasgan, H. Y., Aldiyab, A., Elgudayem, F., İkiz, B., & Gruda, N. S. (2022b). Effect of biofertilizers on leaf yield, nitrate amount, mineral content and antioxidants of basil (*Ocimum basilicum* L.) in a floating culture. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24799-x>
- Dasgan, H. Y., Yilmaz, M., Dere, S., İkiz, B., Gruda, N. S. (2023). Bio-Fertilizers Reduced the Need for Mineral Fertilizers in Soilless-Grown Cavia Pepper. *Horticulturae*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020188>
- Daşgan, H. Y., Kuşvuran, S., Abak, K. (2009). The relationship between citrulline accumulation and salt tolerance during the vegetative growth of melon (*Cucumis melo* L.). *Plant, Soil and Environ.* 55(2): 51-57
- Daşgan, H.Y., Cetintürk,T., Altuntaş, Ö. (2017). “The effects of biofertilisers on soilless organic grown greenhouse tomato”, *Acta Hortic.* 1164:555-561. DOI 10.17660/ActaHortic.2017.1164.72. Proc. III International Symposium on Organic Greenhouse Horticulture.
- Dewi, A. K., Aulya, D. Z. Z., & Suryadi, E. (2020). The effect of chitosan radiation of spinach plant based on agronomy characteristics on hydroponics floating system. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1436, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.
- Dicoteau DR. (2000). *Vegetable Crops*,221-237 Prentice Hall.
- Dillingen JB. (1956). *Handbuch des Gesamten Gemüsebau*. Paul Parey in Berlin und Hamburg.
- du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196 (2015) 3–14.
- Duman, S. S., Şenel, S. (2004). Kitosan ve veteriner alandaki uygulamaları, *Veteriner Cerrahi Dergisi*, 10(3-4): 62-72.
- Edwards, C. A., Bohlen, P. J. (1996). *Biology and ecology of earthworms* (Vol. 3). Springer Science and Business Media.

- Erşahin, Y. Ş. (2007). Vermikompost ürünlerinin eldesi ve tarımsal üretimde kullanım alternatifleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2007(2), 99-107.
- FAO. (2019). Dünya ve Türkiye Sebze üretimi. (<https://www.fao.org/faostat/en/#data> , Son Erişim Tarihi: Kasım 2023).
- Goto T, Miyazaki M, Oku M. (1996). An Improvement Procedure for Protoplast Culture and Plant Regeneration of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *J. Japan Soc. Hort. Sci.* , 65 (2) 349-354.
- Günay A. (1973). Ispanak Erkek ve Dişi Bitkilerinde Ayrımdan Sonra Morfolojik Gelişimlerinin Tespiti Üzerine Araştırmalar AÜ Ziraat Fakültesi Yıllığı 22, Fasikül 1-2.
- Günay A. (2005). Sebze Yetiştiriciliği. Cilt 1, Ispanak, s. 466-481, İzmir.
- Güneş, A. (1994). Ankara koşullarında yetiştirilen ıspanak bitkisine uygulanan azotlu gübrelerin verim ve nitrat birikimi üzerine etkisi (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Ankara
- Harish Prashanth, K. V., Tharanathan, R. N. (2007). Chitin/chitosan: modifications and their unlimited application potential-an overview. *Trends in Food Science and Technology*, 18(3), 117-131.
- Hınıslı, N. (2014). Vermikompost gübresinin kıvrıcık bitkisinin gelişmesi üzerine etkisinin belirlenmesi ve diğer bazı organik kaynaklı gübrelerle karşılaştırılması (Master's thesis). Namık Kemal Üniversitesi.
- Hine JR. (2003). Folic Acid: The Queen B. National Spinach Conference. Fayetteville, AR USA abst p7.
- Hong, Y.P., Chen, C.C., Cheng, H.L., Lyn, C.H. (1995). Analysis of auxin and cytokinin activity of commercial Aqueous Seaweed Extract. *Gartenbauwissenschaft*, 60(4):191-194
- Iammarino, M., Taranto, A. and Cristino, M. (2013). Endogenous levels of nitrites and nitrates in wide consumption foodstuffs: Results of five years of official controls and monitoring. *Food Chemistry* 140, 763–771
- Kaçmaz, S. (2021). Su kültüründe ıspanak yetiştiriciliğinde mineral gübre kullanımının biyogübrelerle azaltılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans tezi.
- Karacaoğlu, V. (2023). Kırmızı yapraklı fesleğen bitkisinin su kültürü yetiştiriciliğinde renk ve besin bileşenlerinin arttırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans tezi.
- Keskin, B. (2022). Su kültüründe baş salata (iceberg) marul yetiştiriciliğinde biyostimulantların etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans tezi.
- Khan, W., Rayirath, U., P., Subramanian, S. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J Plant Growth Regul* 28:386–399.

- Kong, M., Chen, X.G., Xing, K., Park, H.J. (2010). "Antimicrobial Properties of Chitosan and Mode of Action: A State of the Art Review", *Int. J. Food Microbiol.*, 144, 51-63.
- Kour, K., Gupta, D., Gupta, K., Dhiman, G., Juneja, S., Viriyasitavat, W., Islam, M. A. (2022). Smart-hydroponic-based framework for saffron cultivation: a precision smart agriculture perspective. *Sustainability*, 14(3), 1120.
- Kumar, M.N.V.R., 2000. A Review of Chitin and Chitosan Applications. *Reactive and Functional Polymers*, 46(1), 1–27.
- Külahtaş, B., Çokuysal, B. (2016). Biyostimulantların Sınıflandırılması ve Türkiye'deki Durumu. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 185-200.
- La Bella, S., Consentino, B. B., Roupael, Y., Ntatsi, G., De Pasquale, C., Iapichino, G., & Sabatino, L. (2021). Impact of *Ecklonia maxima* seaweed extract and foliar treatments on biofortification, spinach yield, quality and NUE. *Plants*, 10(6), 1139.
- Lakhiar, I. A., Gao, J., Syed, T. N., Chandio, F. A., Buttar, N. A. (2018). Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: A review on aeroponics. *Journal of plant interactions*, 13(1), 338-352.
- Lestrang M, Koike S, Valencia J, Chaney W. (1999). Spinach Production In California. *Vegetable Research And Information Center Of America, Vegetable Production Series, University Of California Division Of Agriculture And Natural Resources*. 653-659.
- Li, Q., Li, X., Tang, B., Gu, M. (2018). Growth responses and root characteristics of lettuce grown in aeroponics, hydroponics, and substrate culture. *Horticulturae*, 4(4), 35.
- Lucier, G. (1993). Vegetables and specialties situation and outlook yearbook. commodity economics division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 3-4.
- McGuigan B. (2022). What is Hydroculture, HomeQuestionsAnswered, (<https://www.homequestionsanswered.com/what-is-hydroculture.htm> , Son Erişim Tarihi: Ocak 2023)
- Miceli, A., Vetrano, F., Moncada, A. (2021). Influence of *Ecklonia maxima* extracts on growth, yield, and postharvest quality of hydroponic leaf lettuce. *Horticulturae*, 7(11), 440.
- Morelock TE, Correll JC. (2008). "Spinach". *Handbook of Plant Breeding*. Ed. J. Prohens, F. Nuez, M.J. Carena. (196- 199). Springer Science.
- Muzzarelli, R. A., Boudrant, J., Meyer, D., Manno, N., DeMarchis, M., Paoletti, M. G. (2012). Current views on fungal chitin/chitosan, human chitinases, food preservation, glucans, pectins and inulin: A tribute to Henri Braconnot, precursor of the carbohydrate polymers science, on the chitin bicentennial. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 995-1012.
- No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W., Xu, Z. (2007). Applications of Chitosan for Improvement of Quality and Shelf Life of Food: A Review, *J. Food Sci.*, 72: 87-100.
- Nonnicke IL. (1989). Vegetable Production 476-484 Van Nostrand Runhold.

- Oyar, P. (2015). Titantium ve Özellikleri. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 11(11), 151-159.
- Öztekin, G. B., Uludağ, T., Tüzel, Y., & Tepecik, M. (2019). Effects of Different Nutrient Solutions on Yield and Quality Parameters of Rocket Grown in Floating Water Culture. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(2), 258-265.
- Panigrahi, G. K., Panda, S., Padhi, S. N. (2016). Aquaponics: An innovative approach of symbiotic farming. *International journal of bioassays*, 5(09), 4808-4814.
- Prasad, S. and Chetty, A. (2008). Nitrate-N determination in leafy vegetables: Study of the effects of cooking and freezing. *Food Chemistry* 106, 772–780.
- Rabea, E.I., Badawy, M.E.T., Stevens, C.V., Smagghe, G., Steurbaut, W. (2003). Chitosan as Antimicrobial Agent: Applications and Mode of Action”, *Biomacromolecules*, 4, 1457-1465
- Searchinger, T., C. Hanson, J. Ranganathan, B. Lipinski, R. Waite, R. Winterbottom, A. Dinshaw and R. Heimlich. (2013). The Great Balancing Act Creating a Sustainable Food Future. Washington, DC: World Resources Institute.
<https://www.wri.org/publication/great-balancing-act> , Son Erişim Tarihi: Ocak 2023)
- Sezgin, A. (2009). Başlıca yaprağı yenen sebzelerin nitrat ve nitrit miktarları ve uygulanan teknolojik işlemlerin etkisi (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Sneep J. (1962). Spinat. *Handbuch der Pflanzenzüchtung*. Band VI. Paul Parey in Bertin und Hamburg
- Specht, K. (2014). Urban Agriculture of the Future: An overview of sustainability aspects of food production in and on buildings, *Agriculture and Human Values*, 31.1, s. 33 – 51.
- Talaz, A. and Nas, E. (2019). Investigation Of The Feasibility Of Tomato Production in Soilless Culture in Bafra Plain. *Erciyes Journal of Agriculture and Animal Sciences*. Y.2019, Vol.2, No.1, pp.11-19.
- Tamme, T., Reinik, M., Roasto, M., Meremae, K. and Kiis, A. (2009). Impact of Food Processing and Storage Conditions on Nitrate Content in Canned Vegetable–Based Infant Foods. *Journal of Food Protection*, Vol. 72, No. 8, 1764–1768.
- Thompson, A. (1955). Method of producing first-generation hybrid seed in spinach. *Cornell Agr. Exp. Sta. Mem.*, 336, 1-48.
- TÜİK. (2021). Türkiye Toplam Sebze Üretim Miktarı.
(<https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> , Son Erişim Tarihi: Kasım 2022)
- Vural H., Eşiyok D., Duman İ. (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.
- Wang, Z., Yang, R., Liang, Y., Zhang, S., Zhang, Z., Sun, C., Yang, Q. (2022). Comparing Efficacy of Different Biostimulants for Hydroponically Grown Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agronomy*, 12(4), 786.

WTO (2023). Gıdalardaki bulaşanların maksimum limitleri.

(https://members.wto.org/crnattachments/2022/TBT/TUR/22_8419_00_x.pdf , Son Erişim Tarihi: Eylül 2023)

Yıldırım, Z., Öncül, N. ve Yıldırım, M. (2016). Kitosan ve Antimikrobiyal Özellikleri. Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 5, Sayı 1, 19-36.



ÖZGEÇMİŞ

Alişen Ahmet GAYGISIZ, İlk-orta öğrenimini Bahçeşehir İ.Ö.O ve Ömer Kanaatbilen İ.Ö.O'nda tamamladı. Lise eğitimini Sevim Tekin Lisesinde tamamladı. Üniversite lisans eğitimini Çukurova Üniversitesi Bahçe Bitkileri bölümünde tamamladı ve sonrasında 2020 yılında Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim dalında Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN'ın danışmanlığında su kültürü konusunda Yüksek Lisans eğitimine başladı.

