

**YETİŞTİRME ORTAMINA ARTAN MİKTARDA
UYGULANAN İYOT DOZLARININ MARUL VE
İSPANAK BİTKİLERİNİN İYOT ALIMI VE GELİŞİMİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Ezgi KESKİN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YETİŞTİRME ORTAMINA ARTAN MİKTARDA UYGULANAN İYOT
DOZLARININ MARUL VE İSPANAK BİTKİLERİNİN İYOT ALIMI VE
GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Ezgi KESKİN
0000-0001-7178-5042

Prof. Dr. Hakan ÇELİK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

BURSA– 2021
Her Hakkı Saklıdır.

TEZ ONAYI

Ezgi KESKİN tarafından hazırlanan “YETİŞTİRME ORTAMINA ARTAN MİKTARDA UYGULANAN İYOT DOZLARININ MARUL VE İSPANAK BİTKİLERİNİN İYOT ALIMI VE GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof.Dr. Hakan ÇELİK

Başkan: Prof.Dr. Hakan ÇELİK İmza
0000-0003-4673-3843
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Üye : Doç.Dr. Barış Bülent AŞIK İmza
0000-0001-8395-6283
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Üye : Doç.Dr. Ali Rıza ONGUN İmza
0000-0002-5244-2770
Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

.../.../...

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

18/08/2021

Ezgi KESKİN

TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Hakan ÇELİK
18.08.2021

Ezgi KESKİN
18.08.2021

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum anladım
yazmalı ve imzalanmalıdır.

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YETİŞTİRME ORTAMINA ARTAN MİKTARDA UYGULANAN İYOT DOZLARININ MARUL VE İSPANAK BİTKİLERİNİN İYOT ALIMI VE GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Ezgi KESKİN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hakan ÇELİK

İyot (I) eksikliğine maruz kalan insanların iyot gereksinimlerinin karşılanmasında, yeşil yapraklı sebzelerin iyotla zenginleştirilerek tüketimi, tuza alternatif bir yöntem olabilir. İyot zenginleştirilmesi sırasında, diğer besin elementlerinin bitkiye alımı ve alınma miktarının da bir denge içerisinde olması, bitki ve insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde yer alan Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Araştırma serasında bir çalışma yürütülmüştür. Çalışma için belirlenmiş uygun marul ve ıspanak tohumları perlit ortamında çimlendirilerek artan miktarlarda I (0-2-4-8-16 μM) dozlarının uygulandığı akan su kültürüne sahip bir hidroponik sistemde yetiştirilmiştir. Artan miktarlarda I uygulamasının ıspanak ve marul bitkilerinin kuru madde veriminde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı gözlenmiş, ancak 4 μM I dozuna kadar ıspanak ve marul bitkilerinin iyot ve besin elementi alımını olumlu yönde etkilemiştir ($p < 0.01$). Uygulanan yüksek iyot dozlarının (8-16 μM) etkisi ise negatif bulunmuştur. Kuru madde miktarının köke oranla yapraklarda daha fazla olduğu, artan iyot dozları ile kök gelişiminin yapraklara oranla daha fazla olumsuz yönde etkilendiği görülmüş, bitkilerin özellikle köklerinde Fe, Cu, Zn ve Mn birikimi meydana gelmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ıspanak ve marul bitkilerinin içerdiği iyot miktarının insan sağlığı için gerekli olan iyot miktarını karşılayabilme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. İlk iyot dozu olan I1 (2 μM) uygulamasından elde edilen iyot içeriğinin ıspanak yapraklarında 2,57 mg kg^{-1} ve marul yapraklarında 1,98 mg kg^{-1} olduğu, bu bitkilerden kuru madde bazında yaklaşık olarak 60 g tüketilmesi ile insanın bir günlük iyot ihtiyacını karşılayabileceği görülmüştür. Aşırı miktarların iyotta olduğu gibi diğer besin elementlerinin de alımında azalmaya yol açması nedeniyle bitkilerin iyotla zenginleştirilmesinde bir limit doz bulunması gerektiği, yapılan çalışmaya göre ıspanak ve marul bitkileri için besin çözeltisinde kullanılacak maksimum iyot dozunun I2 (4 μM) olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: iyot, guatr, besin elementi, antagonizm

2021, ix + 91 sayfa.

ABSTRACT

MSc/PhD Thesis

THE EFFECTS OF IODINE DOSES APPLIED TO GROWING MEDIA ON IODINE UPTAKE AND DEVELOPMENT OF LETTUCE AND SPINACH PLANTS

Ezgi KESKİN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Hakan ÇELİK

Consumption of green leafy vegetables enriched with iodine may be an alternative method to salt in meeting the iodine needs of people exposed to iodine (I) deficiency. During iodine enrichment, it is very important for plant and human health that the uptake of other nutrients are also in balance. The amount of these elements in plants should be in a balance. For this reason, a study was conducted in the greenhouse of the Department of Soil Science and Plant Nutrition located in Agricultural Research and Application Center at Faculty of Agriculture, Bursa Uludağ University. Appropriate lettuce and spinach seeds determined for the study were germinated in perlite medium and grown in a hydroponic system with a flowing water culture where increasing amounts of I (0-2-4-8-16 μM) doses were applied. It was observed that increasing amounts of I application did not have a statistically significant effect on dry matter yield of spinach and lettuce plants, but it positively affected iodine and nutrient uptake of spinach and lettuce plants up to 4 μM I dose ($p < 0.01$). The effect of high iodine doses (8-16 μM) applied was negative. It was observed that the amount of dry matter was higher in the leaves than the root, and with increasing iodine doses, root development was negatively affected more than the leaves, Fe, Cu, Zn and Mn accumulation occurred especially in the roots of the plants. As a result of the study, it was determined that the amount of iodine contained in spinach and lettuce plants has the potential to meet the amount of iodine required for human health. The iodine content obtained from the first iodine dose, I1 (2 μM) application, was 2.57 mg kg^{-1} in spinach leaves and 1.98 mg kg^{-1} in lettuce leaves, and if approximately 60 g of dry plant is consumed from these plants, it has been seen that it can meet the iodine needs. Because of excessive amounts cause a decrease in the uptake of other nutrients as well as iodine, it was concluded that a limit dose should be found for the enrichment of plants with iodine. The maximum iodine dose that can be used in the nutrient solution for spinach and lettuce plants was determined as I2 (4 μM) according to the research results.

Key Words: iodine, goiter, nutrient element, antagonism

2021, ix+ 91 pages.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Tüm canlılar gibi insanların da gelişimi, sağlıklı bir yaşam sürdürebilmeleri için beslenmeye ve besinler sayesinde vücut fonksiyonları için gerekli olan protein, karbonhidrat ve yağlar ile birlikte bazı mineral maddeleri ve vitaminleri de insan vücuduna almak durumundadır. İyot (I) elementi de bu minerallerden bir tanesidir. İyot bitkiler için her ne kadar mutlak gerekli bir besin elementi olmasa da insanlar ve hayvanların büyüme ve vücut gelişimi ile beyin fonksiyonları için gerekli önemli bir eser elementtir.

Bu elemente gebelik dönemlerinde anne karnındaki bebeğin beyin ve sinir gelişimi için ihtiyaç duyulmakla birlikte özellikle tiroit hormonu üretimi için gereksinimi vardır. İnsanlarda iyot eksikliğinin en büyük belirtisi guatr hastalığıdır. İyot yetersizliğinin yeni doğan bebek ölümlerine, tiroit yetmezliğine, çocuk ve ergen çocuklarda gecikmiş fiziksel ve zihinsel gelişime neden olarak IQ değerinde 13,5 puanlık bir kayba yol açtığı bildirilmiştir. İyot eksikliğinin nükleer radyasyona duyarlılığa sebep olduğu da daha önceki yapılan çalışmalarda ifade edilmiştir.

İyot eksikliği görülen sahalarda yetiştirilen hayvanlarda da guatr hastalığı görülmekte olup, hayvanlarda büyümede gerileme, süt, yumurta ve yün verimlerinde düşüş bildirilmekte, düşük oluşumu ve kısırlık gibi sorunlarda da artış olduğu ifade edilmektedir. Normal erişkin insanın günlük iyot ihtiyacının 100-150 µg olduğu ve bunun çeşitli yaş gruplarına göre değişim gösterdiği ifade edilmekte olup, emzirme döneminde de 200-300 µg gün⁻¹ iyot alımı olması gerektiği bildirilmiş ve insan vücudunda bulunmadığı, depolanmadığı takdirde dışarıdan gıda ile mutlaka alınması gerektiği ifade edilmiştir. İyodun insan vücuduna alınmasının tek yolunun beslenme ve diyetle alım şeklinde olabileceği belirtilerek, iyotun vücuda ancak iyotça yeterli toprakta yetişen tarımsal ürünlerle ya da gıdaların zenginleştirilmesi ile sağlanabileceği bildirilmiştir.

Bu sorunların çözümlenebilmesi adına; artan dozlarda iyot uygulanan topraklarda ve yetiştirme ortamlarında bitkilerin yetiştirilerek kaldırdıkları iyot miktarları ile köklerinde ve yapraklarında bulunan konsantrasyonların bitki gelişimini ve diğer besin elementi miktarlarını ne şekilde etkilediklerinin belirlenmesi üzerine yapılacak çalışmaların son derece önem arz ettiği ifade edilmiştir. Bu çalışmada; diğer bitkilere oranla daha fazla ve yaygın olarak tüketilen ıspanak ve marul bitkilerinin yetiştirildiği hidroponik ortama artan miktarlarda uygulanan iyotun ıspanak ve marul bitkilerinin gelişim durumu, iyot içerikleri ve kimi besin elementi miktarına etkisi araştırılmıştır.

Araştırma konusunun seçiminden tezin tamamlanmasına kadar tüm aşamalarda desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimleri ile bana yardımcı olan değerli tez danışmanı hocam Prof. Dr. Hakan ÇELİK'e, laboratuvar çalışmalarında ve tezin yazımında emeği geçen yüksek lisans arkadaşlarım; Makbule BAYRAK, Betül GÜMÜŞ ve Mehmet ÖZÇUR'a hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen çok değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

Ezgi KESKİN

18/08/2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. İyot Elementi.....	5
2.2. İyotun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.....	6
2.3. Bitkilerin İyot İçeriği ile İlgili Yapılan Çeşitli Çalışmalar	10
2.4. Ispanak Bitkisi ile Yapılan Çeşitli Çalışmalar	14
2.5. Marul Bitkisi ile Yapılan Çalışmalar	17
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	20
3.1. Denemenin Kurulumu.....	20
3.2. Bitki Örneklerinde Yapılan Analizler	21
3.2.1. Bitki örneklerinin yaş yakılması	21
3.2.2. Toplam Azot (N).....	22
3.2.3. Toplam Fosfor (P).....	22
3.2.4. Toplam Sodyum (Na), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg).....	22
3.2.5. Toplam Demir (Fe), Bakır (Cu), Çinko (Zn) ve Mangan (Mn)	22
3.2.6. Toplam Bor (B).....	22
3.2.7. Toplam İyot (I).....	23
3.2.8. Kaldırılan Miktarların Hesaplanması.....	23
3.2.9. İstatistiksel Analiz.....	23
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	24
4.1. Ispanak Bitkisinin Gelişimi Üzerine İyot Uygulamalarının Etkisi	24
4.1.1. Ispanak bitkisinin kuru ağırlık verimi	24
4.1.2. Ispanak bitkisinin iyot içeriği ve kaldırılan iyot miktarı	26
4.1.3. Ispanak bitkisinin azot içeriği ve kaldırılan azot miktarı	28
4.1.4. Ispanak bitkisinin fosfor içeriği ve kaldırılan fosfor miktarı	30
4.1.5. Ispanak bitkisinin potasyum içeriği ve kaldırılan potasyum miktarı	33
4.1.6. Ispanak bitkisinin sodyum içeriği ve kaldırılan sodyum miktarı	35
4.1.7. Ispanak bitkisinin kalsiyum içeriği ve kaldırılan kalsiyum miktarı	37
4.1.8. Ispanak bitkisinin magnezyum içeriği ve kaldırılan magnezyum miktarı	39
4.1.9. Ispanak bitkisinin demir içeriği ve kaldırılan demir miktarı.....	41
4.1.10. Ispanak bitkisinin bakır içeriği ve kaldırılan bakır miktarı.....	43
4.1.11. Ispanak bitkisinin çinko içeriği ve kaldırılan çinko miktarı.....	46
4.1.12. Ispanak bitkisinin mangan içeriği ve kaldırılan mangan miktarı	48
4.1.13. Ispanak bitkisinin bor içeriği ve kaldırılan bor miktarı.....	50
4.2. Marul Bitkisinin Gelişimi Üzerine İyot Uygulamalarının Etkisi	52
4.2.1. Marul bitkisinin kuru ağırlık verimi.....	52
4.2.2. Marul bitkisinin iyot içeriği ve kaldırılan iyot miktarı	54
4.2.3. Marul bitkisinin azot içeriği ve kaldırılan azot miktarı.....	56
4.2.4. Marul bitkisinin fosfor içeriği ve kaldırılan fosfor miktarı.....	58
4.2.5. Marul bitkisinin potasyum içeriği ve kaldırılan potasyum miktarı.....	60

4.2.6. Marul bitkisinin sodyum içeriği ve kaldırılan sodyum miktarı.....	62
4.2.7. Marul bitkisinin kalsiyum içeriği ve kaldırılan kalsiyum miktarı.....	64
4.2.8. Marul bitkisinin magnezyum içeriği ve kaldırılan magnezyum miktarı.....	67
4.2.9. Marul bitkisinin demir içeriği ve kaldırılan demir miktarı	69
4.2.10. Marul bitkisinin bakır içeriği ve kaldırılan bakır miktarı.....	71
4.2.11. Marul bitkisinin çinko içeriği ve kaldırılan çinko miktarı	73
4.2.12. Marul bitkisinin mangan içeriği ve kaldırılan mangan miktarı.....	75
4.2.13. Marul bitkisinin bor içeriği ve kaldırılan bor miktarı	77
5. SONUÇ... ..	79
KAYNAKLAR	82
ÖZGEÇMİŞ.	91

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
°C	Santigrad derece
µS	Mikro Siemens
Kisaltmalar	Açıklama
B	Bor
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
Cd	Kadmiyum
CH ₃ COONH ₄	Amonyum Asetat
Cr	Krom
Cu	Bakır
da	Dekar
EC	Elektriksel İletkenlik
Fe	Demir
g	Gram
ha	Hektar
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
H ₂ SO ₄	Sülfirik Asit
HNO ₃	Nitrik Asit
I	İyot
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma
K	Potasyum
KI	Potasyum İyodür
K ₂ SO ₄	Potasyum Sülfat
kg	Kilogram
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
mL	Mililitre
Mn	Mangan
N	Azot
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum Klorür
NaHCO ₃	Sodyum Bikarbonat
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	Amonyum Heptamolibdat
NH ₄ NO ₃	Amonyum Nitrat
P	Fosfor
Pb	Kurşun
pH	Power of Hidrojen
S	Kükürt
t	Ton
Zn	Çinko

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. İyot açısından zengin kimi besinler	10
Çizelge 3.1. Denemede kullanılan besin elementleri konsantrasyonları ve kullanılan kaynaklar	20
Çizelge 4.1. Ispanak bitkisinin kuru madde varyans analiz sonuçları	24
Çizelge 4.2. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kuru madde verimine etkisi.....	25
Çizelge 4.3. Ispanak bitkisinin iyot içeriği ve kaldırılan iyot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4.4. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin iyot içeriğine etkisi.....	27
Çizelge 4.5. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan iyot miktarına etkisi.....	27
Çizelge 4.6. Ispanak bitkisinin azot içeriği ve kaldırılan azot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	29
Çizelge 4.7. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin azot içeriğine etkisi	29
Çizelge 4.8. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan azot miktarına etkisi.....	30
Çizelge 4.9. Ispanak bitkisinin fosfor içeriği ve kaldırılan fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	31
Çizelge 4.10. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin fosfor içeriğine etkisi	31
Çizelge 4.11. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan fosfor miktarına etkisi.....	32
Çizelge 4.12. Ispanak bitkisinin potasyum içeriği ve kaldırılan potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları	33
Çizelge 4.13. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin potasyum içeriğine etkisi	33
Çizelge 4.14. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan potasyum miktarına etkisi...	34
Çizelge 4.15. Ispanak bitkisinin sodyum içeriği ve kaldırılan sodyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları	35
Çizelge 4.16. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin sodyum içeriğine etkisi	36
Çizelge 4.17. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan sodyum miktarına etkisi.....	36
Çizelge 4.18. Ispanak bitkisinin kalsiyum içeriği ve kaldırılan kalsiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları	37
Çizelge 4.19. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kalsiyum içeriğine etkisi	38
Çizelge 4.20. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan kalsiyum miktarına etkisi....	38
Çizelge 4.21. Ispanak bitkisinin magnezyum içeriği ve kaldırılan magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları	39
Çizelge 4.22. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin magnezyum içeriğine etkisi	40
Çizelge 4.23. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan magnezyum miktarına etkisi	41
Çizelge 4.24. Ispanak bitkisinin demir içeriği ve kaldırılan demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları	42
Uygulanan iyot dozları ıspanak bitkisinin demir içeriğinde kontrole oranla artmaya neden olmuş ancak etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.25).....	42
Çizelge 4.25. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin demir içeriğine etkisi.....	42
Çizelge 4.26. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan demir miktarına etkisi	43
Çizelge 4.27. Ispanak bitkisinin bakır içeriği ve kaldırılan bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.28. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin bakır içeriğine etkisi.....	44
Çizelge 4.29. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan bakır miktarına etkisi	45
Çizelge 4.30. Ispanak bitkisinin çinko içeriği ve kaldırılan çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	46

Çizelge 4.31. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin çinko içeriğine etkisi	47
Çizelge 4.32. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan çinko miktarına etkisi	47
Çizelge 4.33. Ispanak bitkisinin mangan içeriği ve kaldırılan mangan miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları	48
Çizelge 4.34. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin mangan içeriğine etkisi	49
Çizelge 4.35. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan mangan miktarına etkisi.....	49
Çizelge 4.36. Ispanak bitkisinin bor içeriği ve kaldırılan bor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	50
Çizelge 4.37. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin bor içeriğine etkisi.....	51
Çizelge 4.38. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan bor miktarına etkisi.....	51
Çizelge 4.39. Marul bitkisinin kuru madde varyans analiz sonuçları	52
Çizelge 4.40. İyot dozlarının marul bitkisinin kuru madde verimine etkisi.....	53
Çizelge 4.41. Marul bitkisinin iyot içeriği ve kaldırılan iyot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	54
Çizelge 4.42. İyot dozlarının marul bitkisinin iyot içeriğine etkisi.....	55
Çizelge 4.43. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan iyot miktarına etkisi.....	55
Çizelge 4.44. Marul bitkisinin azot içeriği ve kaldırılan azot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	57
Çizelge 4.45. İyot dozlarının marul bitkisinin azot içeriğine etkisi	57
Çizelge 4.46. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan azot miktarına etkisi	58
Çizelge 4.47. Marul bitkisinin fosfor içeriği ve kaldırılan fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	59
Çizelge 4.48. İyot dozlarının marul bitkisinin fosfor içeriğine (%) etkisi	59
Çizelge 4.49. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan fosfor miktarına etkisi.....	60
Çizelge 4.50. Marul bitkisinin potasyum içeriği ve kaldırılan potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları	61
Çizelge 4.51. İyot dozlarının marul bitkisinin potasyum içeriğine etkisi	61
Çizelge 4.52. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan potasyum miktarına etkisi.....	62
Çizelge 4.53. Marul bitkisinin sodyum içeriği ve kaldırılan sodyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları	63
Çizelge 4.54. İyot dozlarının marul bitkisinin sodyum içeriğine etkisi	63
Çizelge 4.55. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan sodyum miktarına etkisi	64
Çizelge 4.56. Marul bitkisinin kalsiyum içeriği ve kaldırılan kalsiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları	65
Çizelge 4.57. İyot dozlarının marul bitkisinin kalsiyum içeriğine etkisi	65
Çizelge 4.58. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan kalsiyum miktarına etkisi	66
Çizelge 4.59. Marul bitkisinin magnezyum içeriği ve kaldırılan magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları	67
Çizelge 4.60. İyot dozlarının marul bitkisinin magnezyum içeriğine etkisi	68
Çizelge 4.61. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan magnezyum miktarına etkisi	68
Çizelge 4.62. Marul bitkisinin demir içeriği ve kaldırılan demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	69
Çizelge 4.63. İyot dozlarının marul bitkisinin demir içeriğine etkisi	70
Çizelge 4.64. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan demir miktarına etkisi.....	70
Çizelge 4.65. Marul bitkisinin bakır içeriği ve kaldırılan bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	72
Çizelge 4.66. İyot dozlarının marul bitkisinin bakır içeriğine etkisi.....	72
Çizelge 4.67. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan bakır miktarına etkisi.....	72

Çizelge 4.68. Marul bitkisinin çinko içeriği ve kaldırılan çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	74
Çizelge 4.69. İyot dozlarının marul bitkisinin çinko içeriğine etkisi.....	74
Çizelge 4.70. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan çinko miktarına etkisi	75
Çizelge 4.71. Marul bitkisinin mangan içeriği ve kaldırılan mangan miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları	76
Çizelge 4.72. İyot dozlarının marul bitkisinin mangan içeriğine etkisi	76
Çizelge 4.73. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan mangan miktarına etkisi	77
Çizelge 4.74. Marul bitkisinin bor içeriği ve kaldırılan bor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları	78
Çizelge 4.75. İyot dozlarının marul bitkisinin bor içeriğine etkisi	78
Çizelge 4.76. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan bor miktarına etkisi.....	79

1. GİRİŞ

Tüm canlı organizmaların gelişimi üzerine mineral maddelerin önemi yadsınamaz düzeyde olup metabolizmada çok çeşitli fonksiyonlara sahip olmaları nedeniyle de vücudumuz için gerekli olan mineral maddelerin dengeli olarak organizma içerisine alımı gerekmektedir. Bu olmazsa olmaz minerallerden bir tanesi de İyot (I) elementidir.

İyot; bitkiler için her ne kadar mutlak gerekli besin elementlerinden biri olmasa da insanların ve hayvanların gereksinim duyduğu önemli bir eser elementtir. İyot, normal büyüme ve gelişme için gerekli olmakla beraber, beyin ve vücut fonksiyonları ile tiroit hormonu üretimi için de gerekli bir element olup insan vücudunda bulunmadığı ve depolanmadığı takdirde dışarıdan gıda ile alınması gerekmektedir (Erbaş 2008, Zimmermann ve ark. 2008, Shetaya ve ark. 2012, Incrocci ve ark. 2019, Golop ve ark. 2020).

Bu elemente gebelik dönemlerinde anne karnındaki bebeğin beyin ve sinir gelişimi için ihtiyaç duyulmakla birlikte emzirme döneminde de 200-300 µg gün⁻¹ iyot alımı olması gerektiği bildirilmiştir. Normal erişkin insanın günlük iyot ihtiyacının ise 100-150 µg olduğu ve bunun çeşitli yaş gruplarına göre değişim gösterdiği ifade edilmekte ve insan vücudundaki toplam iyot miktarının yaklaşık 15 -20 mg olduğu belirtilmektedir (Erdoğan ve Erdoğan 1999, FAO 2007).

İnsanlarda iyot eksikliğinin en büyük belirtisinin guatr ve kretinizm hastalığı olduğu, yetişkinlerde guatr komplikasyonları görülürken, nükleer radyasyona duyarlılığa da neden olduğu, iyot yetersizliğinin yeni doğan ölümlerine, tiroit yetmezliğine, çocuk ve ergen çocuklarda fiziksel ve zihinsel gelişmede gecikmeye neden olduğu bildirilmiştir. İyot eksiliğinin IQ düzeyinde yaklaşık 13,5 puanlık bir gerilemeye neden olduğu da önceki yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (FAO 2007, Pekcan 2008, Zimmermann 2012, Incrocci ve ark. 2019).

İyot eksikliği görülen sahalarda yetiştirilen hayvanlarda da guatr sorunu görülmekte olup, hayvanlarda büyümede gerileme, süt, yumurta ve yün verimlerinde düşüş bildirilmekte,

düşük ve kısırlık gibi sorunlarda da artış meydana geldiği ifade edilmektedir (Mannar ve ark. 1995).

İyot eksikliğinin tedavi edilebilmesine rağmen dünya nüfusunun yaklaşık % 35 kadarında sağlık sorunu oluşturduğu ve yaklaşık 2 milyar kişinin yetersiz iyot alımına maruz kaldığı ifade edilmektedir (WHO 2004, Pearce ve ark. 2004, Winger ve ark. 2008, Zimmermann ve ark. 2008, Landini ve ark. 2011, Andersson ve ark. 2012, Shetaya ve ark. 2012, Daum ve ark. 2013).

İyodun insan vücuduna beslenme ve diyetle alınabileceği ve ancak gıdaların zenginleştirilmesi veya iyotu yeterli toprakta yetişen tarımsal ürünlerle sağlanabileceği bildirilmektedir (Vitti ve ark. 2001, Pekcan 2008).

İyot takviyesi için iyotlu tuz kullanımının en yaygın yaklaşım olduğu bildirilmiştir (Delange ve Lecomte 2000, Andersson ve ark. 2005, Landini ve ark. 2011). Ancak, pişirme, depolama ve taşıma gibi faaliyetler sırasında iyot kaybının kontrolünün güç olması sebebiyle, iyot takviyesinin gıda işleminde birçok probleme neden olduğu da belirtilmektedir (Winger ve ark. 2008, Landini ve ark. 2011).

İyotlu tuz kullanım seviyesinin ülkemizde de iyot eksikliğini kontrol etmede yetersiz kaldığı ifade edilmiştir (Özkan ve ark. 2004). Özellikle tansiyon ve kardiovasküler hastalığı problemi olan insanlar için tuz, sınırlı kullanım gerektiren bir madde olması sebebiyle insanların iyot ihtiyacını iyotlu tuz ile karşılaması pek mümkün görülmemektedir (Smoleń ve Sady 2012, Kiferle ve ark. 2013). İyot eksikliğinin daha ekonomik bir şekilde kontrol altına alınmasında; biyolojik yararlanım oranı ve asimilasyonu yüksek olan sebzelerin kullanılmasının, tuza oranla daha etkin bir yol olacağı düşünülmektedir (Dai ve ark. 2004, Weng ve ark. 2009, White ve Broadley 2009, Landini ve ark. 2011, Smoleń ve Sady 2012).

İyot, her ne kadar bitkiler için mutlak gerekli bir besin elementi olmasa da toprakların iyot kapsamı ile bitki ve bitkisel ürünlerin iyot kapsamı arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Toprak ve su kaynaklarındaki yetersizliğinin bitkisel ve hayvansal ürünlere

de yansıdığı ve buna bağılı olarak da insanlarda iyot yetersizliğine bağılı olarak guatr hastalığının daha sık görüldüğü ifade edilmektedir (Thompson 2011).

Ülkemiz topraklarının iyot konsantrasyonlarının ve üzerinde yetişen sebze, meyve ve tahılların iyot içeriklerinin düşük olmasının, insanların bünyelerine aldığı iyot miktarının da düşük seviyede kalmasına yol açtığı bildirilmektedir (Aydın 1989).

Toprağına uygulanan iyotun sebzelerin yenilebilir kısımlarındaki iyot miktarını da arttırdığı yapılan bazı çalışmalarda bildirilmiştir (Dai ve ark. 2004).

Umaly ve Poel (1971) yaptıkları çalışmada bitkilerin biyolojik olarak iyodatı iyodürden daha fazla kullanabildiklerini ifade etmiştir. İyotun hangi formda olursa olsun çok düşük konsantrasyonlarda bile birçok bitki için yararlı olduğu belirtilmiştir (Landini ve ark. 2011).

Landini ve ark. (2011) radyoaktif iyot kullanarak iyotun domates dokularında taşınması ve biriktirilmesini tespit etmek için yaptıkları denemede, uygulanan doz arttıkça bitkilerin iyot içeriğinin de arttığını bildirmişlerdir.

Marul yapraklarına uygulanan 0,25 ve 0,50 kg ha⁻¹ iyot dozunun ürün verimini ve kalitesini azaltmadan bitkinin yenilebilir kısımlarında iyot içeriğini arttırdığı saptanmıştır (Daum ve ark. 2013).

Altınok ve ark. (2003) hasattan 2 hafta önce potasyum iyodürün (KI) 0; 1; 1,5 ve 2 kg ha⁻¹ konsantrasyonlarının yaprak gübrelemesi şeklinde uygulanması ile bitkilerdeki iyot içeriklerinin arttığını belirlemişlerdir.

Dai ve ark. (2006) potasyum iyodür (KI) ve potasyum iyodat'ın (KIO₃) 4 farklı (0; 0,5; 1 ve 2 mg kg⁻¹) dozunu kullanarak ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) bitkisi ile yapmış oldukları çalışmada; toprağın iyot konsantrasyonundaki artışa bağılı olarak ıspanak veriminde önemli bir artış olmadığını ancak uygulanan doz artışına paralel olarak ıspanağın iyot içeriğinin arttığını ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada su kültürü yetiştirme ortamına artan miktarlarda uygulanan iyot dozlarının marul ve ışpanak bitkilerinin iyot alımı ve gelişimi üzerine etkileri incelenmiş, iyot dozlarının bitki gelişimine, iyot ve kimi bitki besin elementi miktarlarına etkisi belirlenerek, insanların iyot gereksinimlerinin karşılanmasında marul ve ışpanak bitkilerinin bu yetiştirme yöntemiyle kullanım potansiyelleri değerlendirilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

İyot hakkında genel bilgiler, bitki ve insan yaşamındaki etkileri ve daha önceki yıllarda yürütülmüş farklı çalışmalar özet olarak bu bölümde sunulmuştur.

2.1. İyot Elementi

İyot, "I" sembolüyle gösterilen, atom numarası 53 ve atom ağırlığı 126,9 g olan kimyasal bir elementtir. İyot, oda sıcaklığında metalik özellik göstermeyen, siyahımsı bir katı ve aynı zamanda ışıltılı kristal görünümüne sahip bir madde olduğu belirtilmiştir. İyodun erime noktasının 113,5 °C ve kaynama noktasının ise 184,35 °C olduğu bilinmektedir. İyotun, birçok element ile bileşik oluşturabileceği ancak diğer halojenlerden daha az reaktif olduğu ifade edilmektedir. Bu elementin metallere özgü bazı özelliklere de sahip olduğu belirtilmektedir. İyotun suda çok az çözünür olduğu fakat karbon tetraklorür, kloroform ve karbon disülfürde kolayca çözünerek mor solüsyonlar oluşturduğu belirtilmektedir (Zimmermann ve ark. 2008, Schneider ve ark. 2020).

İyotun doğada her zaman elementel halde bulunmadığı ve bağımsız mineraller oluşturacak kadar yoğunlaşmadığı, deniz suyunda iyodür iyonu, "I⁻" olarak veya metallerle bir arada tuz halinde, sodyum iyodat (NaIO₃), Şili güherçilesi (sodyum nitrat, NaNO₃) içinde bulunduğu belirtilmiştir. Deniz suyunda metrik ton başına yaklaşık 50 mg oranında iyot iyonu bulunduğu, deniz yosunlarında, istiridye ve morina karaciğerlerinde de bulunduğu bildirilmiştir. İnsan vücudunda, tiroid bezinde üretilen tiroksin bileşiğinin içinde de iyot elementi bulunmaktadır (Christe ve ark. 2020).

Kayaçların çok az iyot içerdiği ve büyük çoğunlukla topraktaki iyodun ana kaynağının atmosfer olduğu, atmosfere ise deniz ve okyanuslardaki iyot'un kaynaklık ettiği ve yağışlarla ve kuru birikimle olduğu ifade edilmektedir (Shetaya ve ark. 2012).

İyotun iyodid formunda en çok okyanuslarda yaklaşık 50 µg L⁻¹ konsantrasyonda bulunduğu oksitlenerek elementel iyota dönüştüğü buharlaşarak atmosfere karıştığı ve tekrar yağışlarla yeryüzüne döndüğü belirtilmiştir (Zimmermann ve ark. 2008).

Ölü hayvan ve bitkilerin toprağa karışması, ana materyalin ayrışması yanı sıra gübrelerin ve bazı biyositlerin de kaynak olabileceği belirtilmiş ve toprakların iyot kapsamının toprağa kazandırılan ve uzaklaştırılan iyot miktarına bağlı olacağı ifade edilmiştir (Whitehead 1984).

Topraklardan atmosfere gaz şeklinde iyodun uzaklaşması iyot çevriminde üzerinde durulan önemli bir konudur. Kayıplar konusunda çok net bilgiler henüz mevcut değildir. Toprağa KI uygulanarak iyotun gaz halinde topraktan kaybını inceleyebilmek amacıyla yürütülen 30 günlük inkübasyon sonunda asit kumlu podzol topraklardan gaz halinde iyot kaybının % 57 olduğu belirlenmiş, bu oranın kumlu topraklarda %100'e kadar yükselebildiği ifade edilmiştir. Gaz kaybının önlenmesinde organik maddenin, kil ve seskioksitlerin önemli etkisinin olduğu belirtilmiştir (Fuge 2005).

Serin yağışlı iklimlerde oluşan podzol topraklarda iyotun organik madde ve seskioksitlerle yüzeyden B horizonuna taşınabildiği, organik katmana sahip peat topraklarda da iyot düzeyinin mineral katmanlara göre çok daha fazla olduğu bildirilmektedir. İyot düzeyinin toprak çeşidine göre değiştiği, iyot üzerinde pH ve redoks potansiyeli gibi toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerinin de önemli etkisinin bulunduğu belirtilmektedir. (Johnson ve ark. 2003).

Toprakların iyot içeriklerinin kayalarda olduğundan yaklaşık 20 -30 kat daha fazla olabileceği, kayalardaki iyot miktarının 0,2 ile 2,0 mg kg⁻¹ arasında değiştiği, yüzey toprakta yaklaşık 5 mg kg⁻¹ iyot bulunduğu belirtilmiştir (Halilova 2004).

2.2. İyotun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

İyot, normal büyüme ve gelişme için gerekli olmakla beraber, beyin ve vücut fonksiyonları ile tiroit hormonu üretimi için de gerekli bir element olup insan vücudunda bulunmadığı ve depolanmadığı takdirde dışarıdan gıda ile alınması gerekmektedir (Erbaş 2008, Smoleń ve Sady 2012, Incrocci ve ark. 2019, Golop ve ark. 2020).

İyot eksikliğinin dünyada en yaygın görülen fakat önlenebilir etkisinin zihinsel gerilik olduğu, doğrudan insan sağlığına hizmet eden bir element olması sebebiyle iyotun en önemli eser elementlerden biri sayılabileceği ifade edilmiştir (Barutçugil, 2005, Golop ve ark. 2020).

Bu elemente gebelik dönemlerinde anne karnındaki bebeğin beyin ve sinir gelişimi için ihtiyaç duyulmakla birlikte emzirme döneminde de 200-300 µg gün⁻¹ iyot alımı olması gerektiği bildirilmiştir. Normal erişkin insanın günlük iyot ihtiyaının ise 100-150 µg olduğu ve bunun çeşitli yaş gruplarına göre değişim gösterdiği ifade edilmekte ve insan vücudundaki toplam iyot miktarının yaklaşık 15 -20 mg olduğu belirtilmektedir (Erdoğan ve Erdoğan 1999, Haldimann ve ark. 2005, FAO 2007).

Günlük alınması gerekli yeterli iyot dozu nerisi çocuklar, yetişkinler, hamileler ve emzirme dönemindeki anneler için sırasıyla 90, 120, 150 ve 290 µg gün⁻¹ olduğu bildirilmiştir (Incrocci ve ark. 2019).

İnsanlarda iyot eksikliğinin en büyük belirtisinin guatr ve kretinizm hastalığı olduğu, yetişkinlerde guatr komplikasyonları görülürken, nükleer radyasyona duyarlılığa da neden olduğu belirtilmiş, iyot yetersizliğinin yeni doğan bebek ölümlerine, tiroit yetmezliğine, ocuk ve ergen çocuklarda fiziksel ve zihinsel gelişimde gecikmeye neden olduğu bildirilmiştir. İyot eksikliğinin IQ değerinde de 13,5 puanlık bir gerilemeye neden olduğu daha önce yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (FAO 2007, Pekcan 2008, Zimmermann 2012, Incrocci ve ark. 2019).

İyot eksikliği görülen alanlarda yetiştirilen hayvanlarda da guatr hastalığının görüldüğü, hayvanlarda büyümede gerileme, süt, yumurta ve yn verimlerinde düşüş bildirilmiş, düşük ve kısırlık gibi sorunlarda da artış olduğu ifade edilmiştir (Mannar ve ark. 1995).

İyot eksikliğine bağlı hastalıkların genellikle iyotça zengin gıdalara sınırlı erişimin olduğu bölgelerde daha yaygın görüldüğü ifade edilmektedir (Johnson ve ark. 2002, Shetaya ve ark. 2012).

İyot eksikliğinin Çin Xinjiang bölgesinde yaşayan insanlarda iyot alımının çok düşük olduğu ve bu durumun iki nedeninin olduğu belirtilmiştir. Birincisi yöre insanların daha ziyade kaya tuzu tüketimini tercih etmesi, diğeri ise Çin mutfağında kullanılan çok yüksek ısıda pişirme tekniği nedeniyle iyotun buharlaşarak kaybolması şeklinde ifade edilmiştir (Zhang ve ark. 2000, Zhu ve ark. 2003).

İyot eksikliğinin tedavi edilebilir olmasına rağmen, dnya nufusunun yaklaşık % 35 kadarında sağlık sorunu oluşturduğu ve yaklaşık 2 milyar kişinin yetersiz iyot alımına maruz kaldığı ifade edilmektedir (Pearce ve ark. 2004, Winger ve ark. 2008, Landini ve ark. 2011, Andersson ve ark. 2012, Shetaya ve ark. 2012, Daum ve ark. 2013).

İyodun insan vucuduna beslenme ve diyetle alınabileceği belirtilmiş, iyotu yeterli toprakta yetişen tarımsal ürünlerle ve gıdaların zenginleştirilmesi ile vucuda sağlanabileceği bildirilmiştir (Vitti ve ark. 2001, Johnson 2003, Pekcan 2008).

Tiroid bezini etkileyen iyot eksikliğinden kaçınmak için az miktarda sofr tuzuna iyodür eklenerek, iyotlu tuz kullanımının iyot takviyesi için kullanılan en yaygın yaklaşım olduğu bildirilmiştir (Delange ve Lecomte 2000, Andersson ve ark. 2005, Landini ve ark. 2011, Weng ve ark. 2013, Incrocci ve ark. 2019, Schneider ve ark. 2020).

Bununla birlikte, iyot takviyesinin gıda işlemesinde birçok probleme neden olduğu özellikle pişirme, depolama ve taşıma gibi faaliyetler sırasında iyot kaybının yaşandığı ve kontrolünün güçleştiği de belirtilmektedir (Winger ve ark. 2008, Landini ve ark. 2011, Incrocci ve ark. 2019).

İyotlu tuz kullanımı ile insanların iyot yetersizliğinin giderilmesinin tek başına mümkün olamadığı, bu durumun sofr tuzundaki iyotun kolaylıkla buharlaşabilir olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Mottiar ve Altosaar 2011).

Dnyada olduğu gibi ülkemizde de iyotlu tuz kullanım seviyesinin iyot eksikliğini kontrol etmede yetersiz kaldığı ifade edilmiştir (Özkan ve ark. 2004, Incrocci ve ark. 2019).

Özellikle tansiyon ve kardiyovasküler hastalığı problemi olan insanlar için tuz, sınırlı kullanım gerektiren bir madde olması sebebiyle insanların iyot ihtiyacını iyotlu tuz ile karşılaması pek mümkün görülmemektedir (Smoleń ve Sady 2012, Kiferle ve ark. 2013). İyot eksikliğinin daha ekonomik bir şekilde kontrol altına alınmasında; biyolojik yararlanım oranı ve asimilasyonu yüksek olan sebzelerin kullanılmasının, tuza oranla daha etkin bir yol olacağı düşünülmektedir (Dai ve ark. 2004, Weng ve ark. 2009, White ve Broadley 2009, Landini ve ark. 2011, Smoleń ve Sady 2012, Golop ve ark. 2020).

Dünyada iki milyona aşkın insanda görülen iyot eksikliği ve eksikliğinin neden olduğu hastalıklara yakalanma riskiyle karşı karşıya olduğu, iyot eksikliğini gidermek için devletlerin tıp alanında ve çeşitli iyot zenginleştirilmiş gıdaların üretilmesi için büyük bütçeler harcadığı belirtilmiştir (Bozbıyık ve ark. 2014).

İyotun gıdalarda bulunan formunu insan ancak beslenme yoluyla alabilir. İnsanın beslenme yoluyla alabildiği iyot, et, süt, yumurta gibi temel hayvansal besinlerdeki iyot ile tahıllar ve bitki kökenli besinlerdeki iyottur. Bu besinlerdeki iyot bitkinin veya hayvanın beslenme düzeyine göre, bölge ve üreme koşullarına göre değişim göstermektedir. İyot bitkilerde; toprak seviyeleri, sulama suyu ve bitkinin gübrenmesi meyve ve sebzelerin yetiştirilmesi sırasında bitki kaynaklı gıdaların iyot içeriğine göre değişkenlik gösterir (Kurtoğlu 1997).

Tıpta da iyot elementinin tiroid bezinin işleyişini izlemek, guatr ve tiroid kanserini tedavi etmek, beyin ve karaciğer tümörlerini bulmak gibi birçok kullanım alanı bulunduğu belirtilmiştir. Ayrıca, metabolizmadaki bileşiklerin seyrini izlemek için araştırmalarda da kullanıldığı, tanısal radyolojide kontrast madde olarak çeşitli iyot bileşiklerinin kullanıldığı belirtilmiştir. Radyoaktif izotop iyot-131'in bazen kanserli tiroid bezlerini tedavi etmek için kullanıldığı da bildirilmiştir (Schneider ve ark. 2020).

2.3. Bitkilerin İyot İçeriği ile İlgili Yapılan Çeşitli Çalışmalar

Tarımsal faaliyetler sonucunda yetiştirilen bitkisel ürünler, insan sağlığı ve beslenmesi açısından önemli olan mineral, vitamin ve antioksidan maddeleri içermektedir (Şenlikoğlu 2015).

Son zamanlarda iyotun bitki büyümesi üzerindeki etkisini bildiren çalışmalar, insan ve hayvan sağlığında önemli bir biyolojik özellik olarak bilinen iyotun bitkilerdeki içeriğinin artırılmasına odaklanmıştır (Medrano-Macías ve ark. 2016, Gonzali ve ark. 2017, Kiferle ve ark. 2021).

Bitkisel ürünlerin iyot miktarının; mevsim, iklim ve yetiştirme biçimine göre değiştiği gibi bitkilerin yetiştiği topraktaki iyot içeriğine de bağlı olduğu ifade edilmektedir. Topraktaki iyotun dengesiz dağılımı nedeniyle bitkilerdeki iyot konsantrasyonlarının yetiştiği bölgenin durumuna göre farklılıklar gösterebileceği belirtilmektedir (Ujowundu ve ark. 2010).

Bitkisel ürünlerin farklı kısımlarının da iyot içeriklerinin farklılık gösterdiği ve gıdalardaki iyodun canlılara yararlı olması açısından uygun formlarda alınmasının çok önemli olduğu belirtilmiştir. İyotun, bitki ve hayvan dokularında organik formda, doğal su kaynaklarında ise inorganik formda bulunduğu bildirilmiş, iyot açısından zengin besin kaynaklarından bazıları Çizelge 2.1’de sunulmuştur (Bozbıyık ve ark. 2014).

Çizelge 2.1. İyot açısından zengin kimi besinler

Meyveler ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$)		Sebzeler ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$)		Kurutulmuş gıdalar ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$)		Diğer yiyecekler ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	
Avakado	1,4	Pırasa	1	Elma Dilimi	0,1	Bal	5
Portakal	0,5	Marul	1	Muz Dilimi	1	Yumurta	44
Armut	1	Soğan	1	Mısır Dilimi	5	Pirinç	5
Erik	1	Balkabağı	1	Havuç Dilimi	8,7	Deniz tuzu	2000
Dut	1	Ispanak	1			Ton Balığı	30
Karpuz	1	Limon	1			Yoğurt	19
						Haşlanmış Tavuk	15
						Sığır ve Kuzu Eti	3

*(Bozbıyık ve ark. 2014)

Deniz mahsülleri haricinde çoğu gıdanın genellikle düşük iyot içeriğine sahip olduğu ve yaklaşık 30 ile 100 $\mu\text{g kg}^{-1}$ taze ağırlık değerleri arasında değiştiği ifade edilmiş bu durumun çevresel kaynaklı olduğu belirtilmiştir (Zimmermann 2017, Incrocci ve ark. 2019).

Bitkilerin iyotu bünyelerine kökleri yanı sıra yapraklardaki stomalar aracılığı ile aldığı, çoğu durumda besin elementlerinin bitki köklerinden alınarak üst kısımlara taşınımının gerçekleştiği ifade edilmiş, yapılan çalışmalarda bitkilerin iyodür iyonunu, iyodat iyonuna göre kök sistemi ile daha rahat alabildiklerini ortaya koymuştur (Fuge 2005).

İyot bakımından yetersiz olan toprakta yetişen bitkilerin iyot içeriklerinin 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$ 'dan daha az, iyotu yeterli olan toprakta yetişen bitkilerin ise yaklaşık 1 mg kg^{-1} olduğu bildirilmiştir (Zimmermann ve ark. 2008).

Çeşitli çalışmalarda toprağa uygulanan iyot arttırıcı yöntemlerin sebzelerin yenen kısımlarındaki iyot miktarına pozitif yönde etki ettiği bildirilmiştir (Dai ve ark., 2004).

Ujowundu ve ark. (2010) yaptıkları çalışma sonucunda sulama suyuna iyot ilavesi ile sebzelerin iyot içeriklerinde artış sağlandığını bildirmiş, iyot takviyesi için bu yöntemin basit, kolay ve ekonomik bir metod olabileceğini ifade etmiştir.

Umaly ve Poel (1971) yapılan çalışmada bitkilerin iyodüre oranla iyodatı daha fazla kullanabildiklerini bildirmiştir.

Önceki yapılan çalışmalara dayanarak iyotun ne formda olursa olsun çok düşük konsantrasyonlarda bile birçok bitki için yararlı olabileceği belirtilmiştir (Landini ve ark., 2011).

Landini ve ark. (2011) radyoaktif iyot kullanarak iyotun domates dokularında taşınması ve biriktirilmesini tespit etmek için yaptıkları çalışmada iyot dozunun artmasıyla iyot içeriğinin de arttığını belirtmiştir.

Weng ve ark. (2013) on farklı bitkide yürüttükleri çalışma sonucunda genel olarak alg bazlı iyotlu organik gübrenin miktarı arttıkça iyot emiliminin arttığı ve iyot alımının yaprakları yenen sebzelerde, meyveleri yenen sebzelere oranla önemli ölçüde daha fazla olduğunu bildirmiştir.

Yapılan bir çalışmada yapraktan uygulanan 0,25 ve 0,50 kg ha⁻¹ iyot dozunun Marulda ürün verimini ve kalitesini azaltmadan bitkinin yenilebilir kısımlarında iyot içeriğini arttırdığı saptanmıştır (Daum ve ark. 2013).

Potasyum iyodürün (KI) 0; 1; 1,5 ve 2 kg ha⁻¹ konsantrasyonlarının hasattan 2 hafta önce yaprak gübrelmesi şeklinde uygulanması ile yonca bitkisindeki iyot içeriklerinin arttığı bildirilmiştir (Altınok ve ark. 2003).

Dai ve ark. (2006), 4 farklı potasyum iyodür (KI) ve potasyum iyodat (KIO₃) dozunun (0; 0,5; 1 ve 2 mg kg⁻¹) toprağa uygulanması ile ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) veriminde önemli bir artış olmadığını ancak uygulanan doza paralel olarak ıspanağın iyot içeriğinin arttığını bildirmiştir.

Zhu ve ark. (2003) uygulanan iyot miktarı arttıkça bitki yaş ağırlığının azaldığını bildirmiştir.

Bitki veriminde meydana gelen bu değişimin iyot konsantrasyonun köklerde toksik etki yaratmasından ve bitki gelişimini olumsuz etkilemesinden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir (Gonzali ve ark. 2017).

Kiferle ve ark. (2013) potasyum iyodür (KI) ve potasyum iyodat (KIO₃) gübrelmesi sonucu domates meyvelerinde iyot birikiminin sağlandığını bildirmiştir.

Roka bitkisinin iyot içeriğini arttırmak için hasattan 2 hafta öncesine kadar potasyum iyodür formunda iyotun yapraktan uygulanabileceği ancak uygulama dozuna ve zamanına dikkat edilmesi gerektiği bildirilmiştir (Aksu ve Temel 2017).

Tsukada ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada 48 mg kg⁻¹ iyot bulunan toprakta yetişen çeltik bitkisinin iyot içeriğini kuru maddede 20 mg kg⁻¹, en yüksek iyot içeriğini kökte 53 mg kg⁻¹ ve en düşük iyot içeriğini ise pirinçte 34 µg kg⁻¹ olarak belirlemiştir.

Ujowundu ve ark. (2010) yaptıkları çalışma sonucunda uygulama haftalarına göre oluklu kabak ve sakızkabağındaki iyot konsantrasyonlarının arttığını ve 6. haftada yaklaşık değerlerin 115,89 ve 107,68 µg 100g⁻¹ olduğunu bildirmiştir.

Caffagni ve ark. (2011) sulama suyuna farklı iyot kaynaklarından farklı dozlarda iyot uygulandığında iyotun bitki gelişimini engelleyici yönde etki ettiğini ve yaş ağırlıklarının azaldığını, uygulanan iyodürün iyodattan daha fazla biriktiğini bildirmiştir.

Li ve ark. (2016) çilek bitkisi ile hidroponik ortamda yaptıkları çalışmada taze çilek meyvelerinin iyot içeriklerini 600-4000 µg kg⁻¹ arasında belirlemiş ve artan iyot dozları ile iyot konsantrasyonlarının arttığını, iyot alımının iyodüre oranla daha fazla olduğunu belirtmiştir.

Düşük konsantrasyonlarda iyotun varlığının genellikle bitki büyümesi, üretim ve stres koşullarına dayanım konusunda olumlu etkileri olduğu, yüksek konsantrasyonlarda ve özellikle I⁻ formunun uygulanmasının iyodat (IO₃) formuna göre çok daha fazla toksik etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Voogt ve ark. 2010, Medrano-Macías ve ark. 2016, Gonzali ve ark. 2017, Incrocci ve ark. 2019, Kiferle ve ark. 2021).

Incrocci ve ark. (2019), hidroponik sistemde tatlı fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) çeşitleri ile yaptıkları çalışmada; besin çözeltilisine artan dozlarda (0,1; 10; 50; 100 ve 200 µM) KI ve KIO₃ uygulamıştır. Uygulama sonucunda bitkilerin 10 µM KI ve 100 µM KIO₃ dozlarından etkilenmediğini ancak 50 µM KI dozundan sonra yaprak alanının, kuru maddenin ve bitki boyunun azaldığını bildirmiştir. Etkilenme şiddetinin zamana, çeşide ve iyot formuna göre değişim gösterdiği belirlenmiştir. Iyot dozuna dayanım konusunda "Red Rubin" çeşidinin en başarılı olduğu bu duruma iyotu yapraklar yerine yaprak dokularında biriktirdiği ve yüksek fenolik mddde içeriği ile de ilişkili olabileceği ifade edilmiştir.

2.4. Ispanak Bitkisi ile Yapılan Çeşitli Çalışmalar

Chenopodiaceae familyasının üyesi olan ıspanak ülkemizin sıcak bölgelerinde yaz sonlarında ve kışın, soğuk bölgelerimizde ise kış ve ilkbahar aylarında yetiştiriciliği yapılan bir sebze olup, ülkemizde yılda yaklaşık 222 177 ton ıspanak üretildiği ve kişi başına 2,7 kg ıspanak tüketildiği bildirilmiştir (Vural ve ark. 2000, Çıtak ve ark. 2011, Anonim 2017).

Yetiştirilmesinin kolaylığı ve çoğu zaman 40 ile 50 gün arasında hasat edilebilecek konuma gelmesi sebebiyle ıspanak ülkemizde gerek sebze bahçelerinde gerekse tarla bitkileri üretim alanlarında ekim nöbetleri içerisinde yaygın şekilde yer almaktadır. Ispanağın kış aylarında yaprakları tüketilen sebzeler içerisinde önemli miktarda mineral madde içermesi sebebiyle, insanların mineral ve vitamin ihtiyaçlarını karşılayabilen sınırlı sayıdaki sebzelerden birisi olduğu bildirilmiştir (Yılmaz ve ark. 2012).

İçerdiği vitamin ve mineral maddeler yönünden zengin olması ıspanağın insan sağlığı ve beslenmesindeki önemini daha da artırmaktadır. Özellikle anemik hastalıklar, göğüs hastalıkları, ağız boğaz ağrıları, şeker hastalığı, şişmanlık ve kabızlık sorunlarında çocuk, genç ve ihtiyarların diyetlerinde ıspanağın önemli bir yeri bulunmaktadır (Bayraktar 1973).

Ispanak bitkilerinin hasat zamanına yakın dönemde içerdikleri besin elementleri miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ıspanak bitkisinin % 3,80 - 5,00 aralığında azot içerdiği bildirilmiştir (İbrikçi ve ark. 1994).

Ispanak yapraklarında % 3,99'dan daha az azot bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, azot yeterlilik düzeyinin % 4,00 - 6,00 olduğu, % 6,00'dan yüksek olduğunda ise azotun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998).

Ispanak bitkilerinin hasat dönemine yakın zamanda içerdikleri besin elementi miktarlarının belirlenmesi için yapılan bir başka çalışmada ıspanak bitkisinin % 0,40 - 0,60 arasında fosfor içerdiği bildirilmiştir (İbrikçi ve ark. 1994).

Ispanak yapraklarında % 0,29'dan daha az fosfor bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, fosfor yeterlilik düzeyinin % 0,30 - 0,60 arasında olduğu, % 0,70'den yüksek olduğunda ise fosforun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998).

Ispanak bitkilerinin hasat dönemine yakın zamanda içerdikleri besin elementi miktarlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ıspanak bitkilerinin % 3,50 - 5,30 oranında potasyum içerdiği bildirilmiştir (İbrikçi ve ark. 1994).

Ispanak yapraklarında % 4,99'dan daha az potasyum bulunması durumunda potasyum noksanlığının görüldüğü, potasyum yeterlilik düzeyinin % 5,00 - 8,00 arasında olduğu, % 8,00'den yüksek olduğunda ise potasyumun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998).

Ispanak yapraklarında % 0,69'dan daha az kalsiyum bulunması durumunda kalsiyum noksanlığının görüldüğü, kalsiyum yeterlilik düzeyinin % 0,70 - 1,20 arasında olduğu, % 1,20'den yüksek olduğunda ise kalsiyumun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998).

Ispanak bitkilerinin hasat dönemine yakın zamanda içerdiği besin elementi miktarlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ıspanak bitkilerinin % 0,60 - 1,20 oranında kalsiyum ve % 0,35 - 0,80 oranında magnezyum içerdiği bildirilmiştir (İbrikçi ve ark. 1994).

Ispanak yapraklarında % 0,59'dan daha az magnezyum bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, magnezyum yeterlilik düzeyinin % 0,60 - 1,00 aralığında olduğu ve ıspanak yapraklarında % 1,00'den daha yüksek magnezyum bulunması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998).

Ispanak yapraklarında 59 mg kg^{-1} 'den az demir bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, demir yeterlilik düzeyinin $60-200 \text{ mg kg}^{-1}$ aralığında olduğu ve ıspanak yapraklarında 200 mg kg^{-1} 'den daha yüksek demir bulunması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998).

Ispanak bitkilerinin hasat dönemine yakın zamanda içerdiği besin elementi miktarlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ıspanak bitkisinin $7 - 15 \text{ mg kg}^{-1}$ bakır ve $40 - 100 \text{ mg kg}^{-1}$ değerleri arasında mangan içerdiği bildirilmiştir (İbrikçi ve ark. 1994).

Ispanak bitkilerinin hasat dönemine yakın zamanda içerdiği besin elementi miktarlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ıspanak bitkilerinin $20 - 70 \text{ mg kg}^{-1}$ değerleri arasında çinko içerdiği bildirilmiştir (İbrikçi ve ark. 1994).

Ispanak yapraklarında bakır noksanlığının 4 mg kg^{-1} 'dan daha az bakır bulunduğunda görüldüğü, bakır yeterlilik düzeyinin $5 - 25 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğu, 25 mg kg^{-1} 'dan daha yüksek olduğunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998).

Ispanak yapraklarında 29 mg kg^{-1} 'dan daha az mangan bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, mangan yeterlilik düzeyinin $30 - 250 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğu, 250 mg kg^{-1} 'dan daha yüksek olduğunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998).

Ispanak yapraklarında 24 mg kg^{-1} 'dan daha az çinko bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, çinko yeterlilik düzeyinin $25 - 100 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğu, 100 mg kg^{-1} 'dan daha yüksek olması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991).

Ispanak yapraklarında 24 mg kg^{-1} 'dan daha az bor bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, bor yeterlilik düzeyinin $25 - 60 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğu, 60 mg kg^{-1} 'dan daha yüksek bulunması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998).

Zhu ve ark. (2003) hidroponik ortamda yürüttükleri çalışmada ıspanak bitkisinin iyot alımı üzerine iyot çeşitleri ve konsantrasyonlarının etkilerini araştırmıştır. Çözeltiye artan dozlarda (0, 1, 10, 50 ve 100 µM) iyodat ve iyodid uygulamış ve 10 µM üzerindeki konsantrasyonların bitki gelişimi üzerine olumsuz etkide bulunduğu bu durumun da bitkide iyotun çok yüksek düzeyde birikiminden kaynaklandığını bildirilmiştir.

Smoleń ve Sady (2012) farklı iyot formları ve uygulama metodları kullanılarak ıspanak bitkisinin iyotça zenginleştirilmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada iyotlu gübre uygulamalarının verim ve ıspanak bitkilerinin içerdiği P, K, Mg, S, B, Cu, Mn ve Mo miktarları üzerine etkili olmadığını bildirmiştir.

2.5. Marul Bitkisi ile Yapılan Çalışmalar

Papatyagiller (*Asteraceae*) familyasından olan marul (*Lactuca sativa* L.) geniş yapraklı bir sebzedir. Sıcak iklimlerde kışın, soğuk bölgelerde ise yazın tarımı yapılmakta olup (Günay 1992, Günay 1993, Yıldız 2018), serin iklim sebzesidir. Yeşil yapraklı sebzeler içerisinde önemli bir potansiyele sahip olan marulun Avrupa ve Asya'da 2500 yıldan daha fazla bir geçmişe sahip olduğu, tarım sektörü ve tıbbi alanlarda kullanımına uzun yıllardan beri yer verildiği bilinmektedir.

Yaprağı tüketilen salata gurubu sebzeler arasında yer alan ve yetiştiriciliği en fazla yapılan ve yılın tamamında kolaylıkla bulunabilen marul (*Lactuca sativa* L.) tek yıllık bir serin iklim sebze türü olup, üretiminde ülkemiz önemli bir yer tutmaktadır (Aybak 2002, Yıldız 2018).

Vejetasyon süresinin kısa olması, Türkiye'nin tüm bölgelerinde yetiştirilebilmesine imkan sağlamakta, hatta yazları serin geçen yerlerde yaz yetiştiriciliği de mümkün olmaktadır (Günay 2005, Taşbaşı 2013, Yıldız 2018).

Serin iklim sebzeleri içerisinde yer alan marul, açıkta ve örtü altında yetiştirilebilmekte ve minerallerce zenginliği ve besleyici değerinin yüksek olmasından dolayı birçok kişi tarafından genellikle taze olarak severek tüketilmektedir. 100 gram taze marulun; %

96'sının su olduğu ve 13 cal enerji içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca aynı miktar taze marulun 0,9 g protein, 0,1 g yağ ve 2,9 g karbonhidrat içerdiği, içerisinde 330 IU A vitamini, 6 mg C vitamini, 0,3 mg niacin, 0,06 mg thiamin, 0,06 mg riboflavin, 175 mg K, 22 mg P, 20 mg Ca, 9 mg Na ve 0,5 mg Fe bulunduğu belirlenmiştir (Ryder 1979, Pierce 1987, Yıldız, 2018). Ayrıca, salatalarda yaygın kullanılan marulun lif içeriği kadar, büyük kısmını vitamin C ve polifenollerin oluşturduğu yüksek miktardaki antioksidan bileşikler bakımından da önemli olduğu belirtilmektedir (Serafini ve ark. 2002, Nicolle ve ark. 2004; Yıldız 2018).

Yapraktan uygulanan 0,25 ve 0,50 kg ha⁻¹ iyot dozunun ürün verimini ve kalitesini azaltmadan bitkinin yenilebilir kısımlarında iyot içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Daum ve ark. 2013).

Marul yapraklarında % 3,90'dan daha az azot bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğu, azot yeterlilik düzeyinin % 4,00 - 5,00 olduğu, % 5,00'dan yüksek olduğu ise azotun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991, Alparslan ve ark. 1998).

Marul yapraklarında % 0,30'dan daha az fosfor bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğu, fosfor yeterlilik düzeyinin % 0,40 – 0,60 olduğu, % 0,60'dan yüksek olduğu ise fosforun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991, Alparslan ve ark. 1998).

Marul yapraklarında % 5,90'dan daha az potasyum bulunması durumunda potasyum noksanlığının görüldüğu, potasyum yeterlilik düzeyinin % 6,00 - 7,00 arasında olduğu, % 7,00'dan yüksek olduğu ise potasyumun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998).

Marul yapraklarında % 2,20'den daha az kalsiyum bulunması durumunda kalsiyum noksanlığının görüldüğu, kalsiyum yeterlilik düzeyinin % 2,30 – 3,50 arasında olduğu, % 3,50'den yüksek olduğu ise kalsiyumun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991, Alparslan ve ark. 1998).

Marul yapraklarında % 0,40'dan daha az magnezyum bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, magnezyum yeterlilik düzeyinin % 0,50 – 0,80 aralığında olduğu ve marul yapraklarında % 0,80'den daha yüksek magnezyum bulunması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991, Alparslan ve ark. 1998).

Marul yapraklarında 49 mg kg⁻¹'den az demir bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, demir yeterlilik düzeyinin 50-100 mg kg⁻¹ aralığında olduğu ve marul yapraklarında 100 mg kg⁻¹'den daha yüksek demir bulunması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991, Alparslan ve ark. 1998).

Marul yapraklarında 24 mg kg⁻¹'den daha az çinko bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, çinko yeterlilik düzeyinin 25 - 250 mg kg⁻¹ arasında olduğu, 250 mg kg⁻¹ 'dan daha yüksek olması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991, Alparslan ve ark. 1998).

Marul yapraklarında 14 mg kg⁻¹'den daha az mangan bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, mangan yeterlilik düzeyinin 15 - 250 mg kg⁻¹ arasında olduğu, 250 mg kg⁻¹'den daha yüksek olduğunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991, Alparslan ve ark. 1998).

Marul yapraklarında 24 mg kg⁻¹'den daha az bor bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, bor yeterlilik düzeyinin 25 - 60 mg kg⁻¹ arasında olduğu, 60 mg kg⁻¹'den daha yüksek bulunması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991, Alparslan ve ark. 1998).

Marul yapraklarında bakır noksanlığının 7 mg kg⁻¹ 'dan daha az bakır bulunduğunda görüldüğü, bakır yeterlilik düzeyinin 8 - 25 mg kg⁻¹ arasında olduğu, 25 mg kg⁻¹ 'dan daha yüksek olduğunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991, Alparslan ve ark. 1998).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Denemenin Kurulumu

Çalışma Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yer alan Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü araştırma serasında yürütülmüştür. Marul (*Lactuca Satavia var. crispa*) çeşitlerinden 'Maritima' tohumları ile Ispanak (*Spinacia oleracea L.*) çeşitlerinden 'Reis F1' perlit ortamında çimlendirilmiştir. Fide çıkışlarından sonra perlit ortamına bitki besin çözeltisi yarım doz olarak uygulanmıştır. 10 günlük ön kültürden sonra marul ve ıspanak bitkileri her biri 50 L hacimli bir çözelti tankı, bir pompa ve 12 bitki kapasitesine sahip üç kanaldan oluşan hidroponik sisteme yerleştirilmiştir. Denemede, 10 ayrı hidroponik sistemde yetiştirilen marul ve ıspanak bitkilerine vejetasyon dönemi boyunca (0, 2, 4, 8 ve 16 μM) I dozlarının yer aldığı 5 farklı besin çözeltisi uygulanmıştır. Besin çözeltilerinin her 3-4 günde bir yenilenmesi sağlanmıştır. Denemede kullanılan besin çözeltilerine ait kimi bilgiler Çizelge 3.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan besin elementleri konsantrasyonları ve kullanılan kaynaklar

Besin elementleri Çözeltideki konsantrasyonları Element kaynakları		
	(mM)	
N	8	KNO ₃ , Ca(NO ₃) ₂ , NH ₄ NO ₃
P	2	K ₂ HPO ₄ , H ₃ PO ₄
K	4	K ₂ HPO ₄ , KNO ₃
Ca	2	Ca(NO ₃) ₂ , CaO, CaSO ₄
Mg	2	MgSO ₄ 7H ₂ O, MgO
S	2	MgSO ₄ 7H ₂ O
	(μM)	
Fe	120	FeEDTA % 6 Fe
B	10	H ₃ BO ₃
Zn	4	ZnSO ₄ 7H ₂ O
Mn	5	MnSO ₄ 4H ₂ O
Cu	1	CuSO ₄ 5H ₂ O
Na	0.1	NaCl
Cl	0.1	NaCl
Mo	0.05	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O
I	0-2-4-8-16	KI

Besin çözeltilerinin reaksiyonları marul ve ıspanak bitkileri için: (pH) dozlardaki değişime bağlı olarak 5,26 - 7,57 arasında, elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ise sırasıyla 1010 - 1429 μ S cm⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Ispanak bitkileri 41 gün sonunda, marul bitkileri 44 gün sonunda hasat edilmiş, marul ve ıspanak yaprak, kökleri polietilen torbalara konularak laboratuvara taşınmıştır. Bitki örnekleri bir kez musluk suyundan ve daha sonra iki kez saf sudan geçirilerek yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra bitki örnekleri sabit ağırlığa ulaşmaya kadar yaklaşık 72 saat boyunca 70°C'de hava sirkülasyonlu kurutma fırınında (Nuve KD 400, Türkiye) kurutulmuştur. Bitkilerin içerdiği besin elementi miktarlarının belirlenebilmesi için bitki örneklerinin kuru ağırlıkları tartılmış ve daha sonra bir laboratuvar değirmeni (Fross CT 193 Cyclotec, Danimarka) kullanılarak 0,5 mm elekten geçebilecek parça boyutunda öğütülmüş ve analize hazırlanmıştır.

3.2. Bitki Örneklerinde Yapılan Analizler

Bitki örneklerinde yapılan analizler ve analizlerin yapılma yöntemleri alt bölümde açıklamalı şekilde anlatılmıştır.

3.2.1. Bitki örneklerinin yaş yakılması

Bitki analizi aşamasında öğütülmüş bitki örneklerinin her birinden 200 mg tartılarak özel teflon yakma kaplarına konulmuştur. Bitki örnekleri üzerine 3ml HNO₃ ve 3ml H₂O₂ karışımı ilave edilerek 20-30 dakika boyunca ön yakmaya bırakılmıştır. Daha sonrasında teflon kaplar kapatılarak mikrodalga yaş yakma fırınına (Berghof MWS 2) konulmuş ve örneklere üç aşamalı yaş yakma programı uygulanmıştır. Programın birinci aşaması sıcaklığın 0-100°C'ye çıkartılarak örneklerin 10 dakika boyunca % 75 güç uygulanarak yakılması, ikinci aşaması sıcaklığın 100-180°C'ye çıkartılarak örneklerin 10 dakika boyunca % 75 güç uygulanarak yakılması ve üçüncü aşaması ise örneklerin 5 dakika boyunca % 0 güçle 180°C'den oda sıcaklığına doğru soğuma aşaması şeklinde gerçekleştirilmiştir (Çelik ve ark., 2017). Yakma aşaması sonucunda örnekler çeker ocak içerisinde iyice soğumaya bırakılmış ve 50 ml'lik balonjoje'lere % 0,3'lük nitrik asit içeren ultra saf su ile tamamlanmıştır. Daha sonra örnekler mavi bant filtre kağıdı

kullanılarak örnek saklama şişelerine süzölmüş, gerekli elementlerin ilgili cihazlarda belirlenebilmesi sağlanmıştır.

3.2.2. Toplam Azot (N)

Bitki örneklerinin toplam azot içeriği modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemine göre yakma blokunda (Buchi K-437) yakılan örneklerin buharlı damıtma cihazında (Buchi K-350) damıtılması ve önlüğün 0,1 N sülfürik asit ile geri titrasyonu sonucu elde edilen sarfiyatın formölde hesaplanması ile belirlenmiştir (Bremner 1965).

3.2.3. Toplam Fosfor (P)

Toplam fosfor, yaş yakılan bitki örneklerinden elde edilen süzüklerde Perkin Elmer Optima 2100 model ICP–OES ile belirlenmiştir (Hanlon 1998).

3.2.4. Toplam Sodyum (Na), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg)

Toplam sodyum, potasyum ve kalsiyum, yaş yakılan bitki örneklerinden elde edilen süzüklerde Ependorf Elex 6361 model Flame fotometresinde (Horneck ve Hanson 1998), toplam Mg ise Perkin Elmer Optima 2100 model ICP–OES cihazında belirlenmiştir (Hanlon 1998).

3.2.5. Toplam Demir (Fe), Bakır (Cu), Çinko (Zn) ve Mangan (Mn)

Yaş yakılan bitki örneklerinden elde edilen çözeltide toplam Fe, Zn, Mn ve Cu içerikleri Perkin Elmer Optima 2100 model ICP–OES ile belirlenmiştir (Hanlon 1998).

3.2.6. Toplam Bor (B)

Yaş yakılan bitki örneklerinden elde edilen çözeltilerin bor miktarı, ICP-OES'de okunarak doğrudan belirlenmiştir (Çelik ve ark., 2017).

3.2.7. Toplam İyot (I)

Yaş yakılan bitki örneklerinden elde edilen çözeltilerin iyot miktarı, ICP-OES'de okunarak doğrudan belirlenmiştir (Hanlon 1998).

3.2.8. Kaldırılan Miktarların Hesaplanması

Bitki analizleri sonucunda elde edilen element konsantrasyonları ile denemeden elde edilen kuru ağırlık değerleri kullanılarak bitkilerin kaldırdığı bitki besin elementi miktarları her deneme konusu için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

3.2.9. İstatistiksel Analiz

Tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak yürütülen denemeden elde edilen kuru madde verimine, element konsantrasyonuna ve kaldırılan element miktarlarına ait verilerin varyans analiz sonuçları ve LSD değerlendirmesi Minitab istatistik programı 17.1.0.1 sürümü kullanılarak analiz edilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Ispanak ve marul bitkilerinin gelişimi, iyot ve kimi besin element içerikleri ve kaldırılan miktarları üzerine; yetiştirme ortamına artan dozlarda uygulanan iyodun etkisinin incelendiği denemede; bitkilerin kaldırdığı besin elementi miktarları, bitkilerin kuru ağırlık değerleri ve besin elementi içerikleri ele alınarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki başlıklar altında değerlendirilmiştir.

4.1. Ispanak Bitkisinin Gelişimi Üzerine İyot Uygulamalarının Etkisi

4.1.1. Ispanak bitkisinin kuru ağırlık verimi

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin kuru ağırlık verimi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Ispanak bitkisinin kuru madde verimi üzerine; bitki kısımları ve iyot dozlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu görülmüştür (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Ispanak bitkisinin kuru madde varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Kuru madde	Faktör-A	1	154,950	154,950	191,779**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	16,264	4,066	5,032**	2,870	4,430
	A*B	4	7,266	1,816	2,248öd	2,870	4,430
	Hata	20	16,159	0,808			
	Genel	29	194,639	6,712			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Uygulanan ilk iyot dozunun ıspanak bitkisinin kuru madde veriminde kontrole oranla artış sağladığı ancak artan iyot dozları ile bitki kuru maddesinin azaldığı görülmüştür. En yüksek kuru madde (4,19 g) I1 uygulamasından, en düşük kuru madde ise (2,07 g) I3 uygulamasından elde edilmiştir. Yaprak kuru maddesinin (5,73 g), köke oranla (1,18 g) daha yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kuru madde verimine etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama	
		I0	I1	I2	I3	I4		
Kuru Madde (%)	Bitki kısmı							
	Yaprak	6,28	7,00	6,33	3,47	5,56	5,73 a	
	Kök	1,48	1,39	1,50	0,66	1,33	1,18 b	
Ortalama		3,88 A	4,19 A	3,69 A	2,07 B	3,45 AB		
A $\text{LSD}<0.01$		0,934	B $\text{LSD}<0.01$		1,477	AxB LSD		öd

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan iyot dozları ile iyot konsantrasyonlarında artışa rağmen bitkilerin kuru madde verimlerinde ve gelişimlerinde önemli bir artış görülmediği yapılan daha önceki çalışmalarda da ifade edilmiştir (Dai ve ark. 2006, Daum ve ark. 2013). Önceki yapılan çalışmalara dayanarak iyotun ne formda olursa olsun çok düşük konsantrasyonlarda bile birçok bitki için yararlı olabileceği belirtilmiştir (Landini ve ark., 2011).

Düşük konsantrasyonlarda iyotun varlığının genellikle bitki büyümesi, üretim ve stres koşullarına dayanım konusunda olumlu etkileri olduğu, yüksek konsantrasyonlarda ve özellikle I⁻ formunun uygulanmasının iyodat (IO₃) formuna göre çok daha fazla toksik etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Voogt ve ark. 2010, Medrano-Macías ve ark. 2016, Gonzali ve ark. 2017, Incrocci ve ark. 2019, Kiferle ve ark. 2021).

Zhu ve ark. (2003) yapmış oldukları çalışmada uyguladıkları iyot miktarı arttıkça bitki yaş ağırlığının azaldığını belirlemişlerdir. Caffagni ve ark. (2011) sulama suyuna farklı iyot kaynaklarından farklı dozlarda iyot uygulandığında iyotun bitki gelişimini engelleyici yönde etki ettiğini ve yaş ağırlıklarının azaldığını, uygulanan iyodürün iyodattan daha fazla biriktiğini bildirmiştir. Bitki veriminde meydana gelen bu değişimin iyot konsantrasyonunun köklerde toksik etki yaratmasından ve bitki gelişimini olumsuz etkilemesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Gonzali ve ark. 2017). Önceki araştırmalardan elde edilen sonuçların çalışmamızla uyumlu olduğu görülmüştür.

4.1.2. Ispanak bitkisinin iyot içeriği ve kaldırılan iyot miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin iyot içeriği ve kaldırılan iyot miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'te, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.4'te, kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.5'te sunulmuştur.

Ispanak bitkisinin iyot içeriği üzerine; bitki kısımları, iyot dozları ve bunların interaksyonundan elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan iyot miktarları üzerine bitki kısımları ve iyot dozlarının % 1, interaksyonundan elde edilen değerlerin ise % 5 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Ispanak bitkisinin iyot içeriği ve kaldırılan iyot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	126,732	126,732	209,770**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	26,848	6,712	11,110**	2,870	4,430
	A*B	4	26,305	6,576	10,885**	2,870	4,430
	Hata	20	12,083	0,604			
	Genel	29	191,968	0,620			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	204,050	204,050	30,399**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	152,470	38,118	5,679**	2,870	4,430
	A*B	4	100,861	25,215	3,757*	2,870	4,430
	Hata	20	134,246	6,712			
	Genel	29	591,627	20,401			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin iyot içeriğinde kontrole oranla artış sağladığı görülmüş, en yüksek iyot içeriği (4,99 mg kg⁻¹) I2 uygulamasından, en düşük iyot içeriği (2,42 mg kg⁻¹) ise I0 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.4).

Ispanak bitkisi köklerindeki iyot içeriğinin (6,14 mg kg⁻¹), yapraklara oranla (2,03 mg kg⁻¹) daha yüksek olduğu görülmüştür. Yapraklarda belirlenen en yüksek iyot içeriği (2,57 mg kg⁻¹) I1 dozundan, en düşük iyot ise (1,69 mg kg⁻¹) I0 dozundan, köklerde en yüksek iyot içeriği (7,78 mg kg⁻¹) I2 dozundan, en düşük iyot ise (3,15 mg kg⁻¹) I0 dozundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin iyot içeriğine etkisi

		İyot Dozları (μM)					
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	Ortalama
İyot (mg kg^{-1})	Yaprak	1,69 a A	2,57 a A	2,19 a A	1,93 a A	1,78 a A	2,03 b
	Kök	3,15 a B	4,79 b B	7,78 b A	7,62 b A	7,38 b A	6,14 a
	Ortalama	2,42 C	3,68 BC	4,99 A	4,78 AB	4,58 AB	
A $\text{LSD}<0.01$		0,808	B $\text{LSD}<0.01$	1,277	AxB $\text{LSD}<0.01$	1,806	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan iyot miktarını kontrole oranla arttırdığı, en yüksek kaldırılan iyot miktarının ($12,35 \mu\text{g}$) I1 uygulamasından, en düşük kaldırılan iyot miktarının ($6,01 \mu\text{g}$) ise I3 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.5).

İspanak bitkisi yapraklarının kaldırdığı iyot miktarlarının ($11,87 \mu\text{g}$), köklere oranla ($6,66 \mu\text{g}$) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Yapraklarda belirlenen en yüksek kaldırılan iyot miktarı ($17,96 \mu\text{g}$) I1 dozundan, en düşük kaldırılan iyot miktarı ($6,89 \mu\text{g}$) ise I3 dozundan, köklerde belirlenen en yüksek kaldırılan iyot miktarı ($8,95 \mu\text{g}$) I4 dozundan, en düşük kaldırılan iyot miktarı ($4,78 \mu\text{g}$) ise I0 dozundan sağlanmıştır.

Çizelge 4.5. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan iyot miktarına etkisi

		İyot Dozları (μM)					
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	Ortalama
İyot (μg)	Yaprak	10,49 a BC	17,96 a A	14,06 a AB	6,89 a BC	9,97 a C	11,87 a
	Kök	4,78 b A	6,73 b A	7,70 b A	5,13 a A	8,95 a A	6,66 b
	Ortalama	7,63 BC	12,35 A	10,88 AB	6,01 C	9,46 ABC	
A $\text{LSD}<0.01$		2,692	B $\text{LSD}<0.01$	4,256	AxB $\text{LSD}<0.05$	4,416	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Yapılan çalışmalarda uygulanan iyot arttırıcı yöntemlerin sebzelerin yenen kısımlarındaki iyot miktarına pozitif yönde etki ettiği bildirilmiştir (Altınok ve ark. 2003, Dai ve ark.

2004, Dai ve ark. 2006, Ujowundu ve ark. 2010, Landini ve ark., 2011, Weng ve ark. 2013, Daum ve ark. 2013, Kiferle ve ark. 2013, Li ve ark. 2016, Incrocci ve ark. 2019).

İyot bakımından yetersiz olan toprakta yetişen bitkilerin iyot içeriklerinin $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ 'dan daha az, iyotu yeterli olan toprakta yetişen bitkilerin ise yaklaşık 1 mg kg^{-1} olduğu bildirilmiştir (Zimmermann ve ark. 2008). Çalışmamızdan elde edilen değerlerin belirtilen değerlerden yüksek olduğu ve çözeltildeki iyot konsantrasyonunun topraktaki yeterlilik düzeyinden daha fazla olduğu anlaşılmıştır.

Incrocci ve ark. (2019) günlük alınması gerekli yeterli iyot dozunun çocuklar, yetişkinler, hamileler ve emzirme dönemindeki anneler için sırasıyla 90, 120, 150 ve $290 \mu\text{g gün}^{-1}$ olduğunu bildirmiş, çalışmamızdan elde edilen kaldırılan iyot miktarlarının bu değerleri karşılayabileceği görülmüştür.

Fuge (2005), bitkilerin iyotu bünyelerine kökleri ve stomaları aracılığı ile aldıklarını ve çoğu durumda elementlerin bitkilerin üst kısımlarına kök sistemi boyunca taşındıklarını ifade etmiş, çalışmamızda yapraklardaki iyot konsantrasyonlarının benzer şekilde daha fazla olduğu ortaya konmuş elde etmiş olduğumuz verilerin önceki çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

4.1.3. Ispanak bitkisinin azot içeriği ve kaldırılan azot miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin azot içeriği ve kaldırılan azot miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6'da, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.7'de kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.8'de sunulmuştur.

Ispanak bitkisinin azot içeriği üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan azot miktarları üzerine ise bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 ve iyot dozlarının ise % 5 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Ispanak bitkisinin azot içeriği ve kaldırılan azot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	9,075	9,075	131,129**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,350	0,087	1,264öd	2,870	4,430
	A*B	4	0,431	0,108	1,556öd	2,870	4,430
	Hata	20	1,384	0,069			
	Genel	29	11,240	0,388			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	451177,844	451177,844	189,511**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	40686,817	10171,704	4,272*	2,870	4,430
	A*B	4	22636,109	5659,027	2,377öd	2,870	4,430
	Hata	20	47615,009	2380,750			
	Genel	29	562115,779	19383,303			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Çizelge 4.7. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin azot içeriğine etkisi

	Bitki kısmı	İyot Dozları (µM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Azot (%)	Yaprak	5,15	5,29	5,03	5,19	4,67	5,07 a
	Kök	4,04	4,00	3,97	3,83	3,99	3,97 b
	Ortalama	4,60	4,65	4,50	4,51	4,33	
A _{LSD<0.01}		0,273	B _{LSD}	öd	AxB _{LSD}	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozları ıspanak bitkisinin azot içeriğinde kontrole oranla artış sağlamış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.7). Ispanak bitkisi yapraklarındaki azot içeriğinin (% 5,07), köklere oranla (% 3,97) daha yüksek olduğu görülmüştür.

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan azot miktarını kontrole oranla arttırdığı, en yüksek kaldırılan azot miktarının (212,73 mg) I1 uygulamasından, en düşük kaldırılan azot miktarının (105,39 mg) ise I3 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.8).

Ispanak bitkisi yapraklarının kaldırdığı azot miktarlarının (292,79 mg), köklere oranla (47,52 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.8. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan azot miktarına etkisi

		İyot Dozları (µM)					
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	Ortalama
Azot (mg)	Yaprak	324,72	369,76	322,20	185,35	261,90	292,79 a
	Kök	60,13	55,70	41,57	25,42	54,75	47,52 b
	Ortalama	192,43 A	212,73 A	181,89 A	105,39 B	158,33 AB	
A _{LSD<0.01}		50,699	B _{LSD<0.05}		58,803	AxB _{LSD}	öd

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

İbrikçi ve ark. (1994), ıspanak bitkilerinin hasat zamanına yakın dönemde içerdikleri besin elementleri miktarının belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada ıspanak bitkisinin % 3,80 - 5,00 aralığında azot içerdiğini bildirmiş, Ispanak yapraklarında % 3,99'dan daha az azot bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, azot yeterlilik düzeyinin % 4,00 - 6,00 olduğu, % 6,00'dan yüksek olduğunda ise azotun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991). Çalışmamızdan elde edilen azot içeriklerinin bildirilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.

4.1.4. Ispanak bitkisinin fosfor içeriği ve kaldırılan fosfor miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin fosfor içeriği ve kaldırılan fosfor miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.10'da kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.11'de sunulmuştur.

Ispanak bitkisinin fosfor içeriği üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan fosfor miktarları üzerine ise bitki kısımlarından ve iyot dozlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Ispanak bitkisinin fosfor içeriği ve kaldırılan fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	3,078	3,078	226,965**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,095	0,024	1,754öd	2,870	4,430
	A*B	4	0,016	0,004	0,301öd	2,870	4,430
	Hata	20	0,271	0,014			
	Genel	29	3,461	0,119			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	9761,083	9761,083	117,135**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	2492,554	623,139	7,478**	2,870	4,430
	A*B	4	644,386	161,097	1,933öd	2,870	4,430
	Hata	20	1666,634	83,332			
	Genel	29	14564,658	502,230			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Çizelge 4.10. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin fosfor içeriğine etkisi

	Bitki kısmı	İyot Dozları (µM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Fosfor (%)	Yaprak	1,08	0,96	0,92	0,85	0,96	0,96 b
	Kök	1,64	1,64	1,54	1,55	1,60	1,60 a
	Ortalama	1,36	1,30	1,23	1,20	1,28	
A _{LSD<0.01}		0,121	B _{LSD}	öd	AxB _{LSD}	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozları ıspanak bitkisinin fosfor içeriğinde kontrole oranla azalmaya neden olmuş ancak etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.10). Ispanak bitkisi yapraklarındaki fosfor içeriğinin (% 0,96), köklere oranla (% 1,60) daha düşük olduğu görülmüştür.

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan fosfor miktarını kontrole oranla azalttığı, en yüksek kaldırılan fosfor miktarının (45,64 mg) I0 uygulamasından, en düşük kaldırılan fosfor miktarının (20,41 mg) ise I3 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.11).

Ispanak bitkisi yapraklarının kaldırdığı fosfor miktarlarının (55,02 mg), köklere oranla (18,94 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.11. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan fosfor miktarına etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Fosfor (mg)	Yaprak	66,82	67,34	57,98	30,23	52,71	55,02 a
	Kök	24,45	22,86	16,16	10,59	20,64	18,94 b
	Ortalama	45,64 A	45,10 A	37,07 A	20,41 B	36,68 A	
$A_{\text{LSD}<0.01}$		9,485	$B_{\text{LSD}<0.01}$	14,997	$A \times B_{\text{LSD}}$	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Smoleń ve Sady (2012) farklı iyot formları ve uygulama metodları kullanılarak ıspanak bitkisinin iyotça zenginleştirilmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada iyotlu gübre uygulamalarının verim ve ıspanak bitkilerinin içerdiği P miktarları üzerine etkili olmadığını bildirmiştir.

Düşük konsantrasyonlarda iyotun varlığının genellikle bitki büyümesi, üretim ve stres koşullarına dayanım konusunda olumlu etkileri olduğu, yüksek konsantrasyonlarda ve özellikle I⁻ formunun uygulanmasının iyodat (IO₃) formuna göre çok daha fazla toksik etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Voogt ve ark. 2010, Medrano-Macias ve ark. 2016, Gonzali ve ark. 2017, Incrocci ve ark. 2019, Kiferle ve ark. 2021).

Ispanak bitkilerinin hasat dönemine yakın zamanda içerdikleri besin elementi miktarlarının belirlenmesi için yapılan bir başka çalışmada ıspanak bitkisinin % 0,40 - 0,60 arasında fosfor içerdiği bildirilmiştir (İbrikçi ve ark. 1994). Ispanak yapraklarında % 0,29'dan daha az fosfor bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, fosfor yeterlilik düzeyinin % 0,30 - 0,60 arasında olduğu, % 0,70'den yüksek olduğunda ise fosforun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen fosfor içeriklerinin bildirilen sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür.

4.1.5. Ispanak bitkisinin potasyum içeriği ve kaldırılan potasyum miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin potasyum içeriği ve kaldırılan potasyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12’de, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.13’te kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.14’te sunulmuştur.

Ispanak bitkisinin potasyum içeriği üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerler ve iyot dozlarından elde edilen verilerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan potasyum miktarları üzerine ise bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Ispanak bitkisinin potasyum içeriği ve kaldırılan potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	275,488	275,488	542,544**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	17,203	4,301	8,470**	2,870	4,430
	A*B	4	0,292	0,073	0,144öd	2,870	4,430
	Hata	20	10,155	0,508			
	Genel	29	303,138	10,453			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	25553337,654	2553337,654	174,082**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	152138,123	38034,531	2,593öd	2,870	4,430
	A*B	4	88499,623	22124,906	1,508öd	2,870	4,430
	Hata	20	293348,734	14667,437			
	Genel	29	3087324,135	106459,453			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Çizelge 4.13. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin potasyum içeriğine etkisi

	Bitki kısmı	İyot Dozları (µM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Potasyum (%)	Yaprak	11,81	11,43	9,98	10,27	9,77	10,65 a
	Kök	5,39	5,50	4,11	4,13	3,82	4,59 b
	Ortalama	8,60 A	8,47 A	7,05 B	7,20 B	6,79 B	
A _{LSD<0.01}		0,740	B _{LSD<0.01}	1,171	AxB _{LSD}	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin potasyum içeriğinde kontrole oranla azalma meydana geldiği görülmüş, en yüksek potasyum içeriği (% 8,60) I0 uygulamasından, en düşük potasyum içeriği (% 6,79) ise I4 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.13).

Ispanak bitkisi yapraklarındaki potasyum içeriğinin (% 10,65), köklere oranla (% 4,59) daha yüksek olduğu görülmüştür.

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan potasyum miktarını kontrole oranla ilk dozda arttırdığı görülmüş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.14).

Ispanak bitkisi yapraklarının kaldırdığı potasyum miktarlarının (641,83 mg), köklere oranla (58,35 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.14. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan potasyum miktarına etkisi

		İyot Dozları (μM)					
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	Ortalama
Potasyum (mg)	Yaprak	747,65	804,82	638,09	456,18	562,38	641,83 a
	Kök	79,98	76,58	48,62	30,91	55,65	58,35 b
	Ortalama	413,82	440,70	343,36	243,54	309,02	
A $\text{LSD}_{<0.01}$		125,841	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları etkileşimi
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler dikey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Düşük konsantrasyonlarda iyotun varlığının genellikle bitki büyümesi, üretim ve stres koşullarına dayanım konusunda olumlu etkileri olduğu, yüksek konsantrasyonlarda ve özellikle I^- formunun uygulanmasının iyodat (IO_3^-) formuna göre çok daha fazla toksik etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Voogt ve ark. 2010, Medrano-Macías ve ark. 2016, Gonzali ve ark. 2017, Incrocci ve ark. 2019, Kiferle ve ark. 2021).

Smoleń ve Sady (2012) farklı iyot formları ve uygulama metodları kullanılarak ıspanak bitkisinin iyotça zenginleştirilmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada iyotlu gübre

uygulamalarının verim ve ıspanak bitkilerinin içerdiği K miktarları üzerine etkili olmadığını bildirmiştir.

ıspanak bitkilerinin hasat dönemine yakın zamanda içerdikleri besin elementi miktarlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ıspanak bitkilerinin % 3,50 - 5,30 oranında potasyum içerdiği bildirilmiştir (İbrikçi ve ark. 1994). ıspanak yapraklarında % 4,99'dan daha az potasyum bulunması durumunda potasyum noksanlığının görüldüğü, potasyum yeterlilik düzeyinin % 5,00 - 8,00 arasında olduğu, % 8,00'dan yüksek olduğunda ise potasyumun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen potasyum içeriklerinin bildirilen sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür.

4.1.6. ıspanak bitkisinin sodyum içeriği ve kaldırılan sodyum miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin sodyum içeriği ve kaldırılan sodyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15'te, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.16'da kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.17'de sunulmuştur.

Çizelge 4.15. ıspanak bitkisinin sodyum içeriği ve kaldırılan sodyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	0,029	0,029	0,503öd	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,329	0,082	1,405öd	2,870	4,430
	A*B	4	0,250	0,063	1,068öd	2,870	4,430
	Hata	20	1,172	0,059			
	Genel	29	1,781	0,061			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	2734,547	2734,547	116,364**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	522,271	130,568	5,556**	2,870	4,430
	A*B	4	98,989	24,747	1,053öd	2,870	4,430
	Hata	20	470,001	23,500			
	Genel	29	3825,807	131,924			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

İspanak bitkisinin kaldırılan sodyum miktarları üzerine; bitki kısımlarından ve iyot dozlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. (Çizelge 4.15).

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin sodyum içeriğinde kontrole oranla artış sağlamış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.16). İspanak bitkisi köklerinin sodyum içeriğinin (% 0,50), yapraklara oranla (% 0,44) daha yüksek olduğu görülse de etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Çizelge 4.16. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin sodyum içeriğine etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Sodyum (%)	Yaprak	0,46	0,46	0,41	0,43	0,42	0,44
	Kök	0,43	0,89	0,39	0,43	0,37	0,50
	Ortalama	0,45	0,68	0,40	0,43	0,40	
A _{LSD}		öd	B _{LSD}	öd	AxB _{LSD}	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan sodyum miktarını kontrole oranla azalttığı, en yüksek kaldırılan sodyum miktarının (22,10 mg) I1 uygulamasından, en düşük kaldırılan sodyum miktarının (9,20 mg) ise I3 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan sodyum miktarına etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Sodyum (mg)	Yaprak	28,40	32,29	26,29	15,31	24,09	25,28 a
	Kök	6,26	11,90	4,41	3,09	5,24	6,18 b
	Ortalama	17,33 A	22,10 A	15,35 AB	9,20 B	14,66 AB	
A _{LSD<0.01}		5,037	B _{LSD<0.01}	7,964	AxB _{LSD}	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Ispanak bitkisi yapraklarının kaldırdığı sodyum miktarlarının (25,28 mg), köklere oranla (6,18 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Düşük konsantrasyonlarda iyotun varlığının genellikle bitki büyümesi, üretim ve stres koşullarına dayanım konusunda olumlu etkileri olduğu, yüksek konsantrasyonlarda ve özellikle I⁻ formunun uygulanmasının iyodat (IO₃) formuna göre çok daha fazla toksik etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Voogt ve ark. 2010, Medrano-Macías ve ark. 2016, Gonzali ve ark. 2017, Incrocci ve ark. 2019, Kiferle ve ark. 2021).

4.1.7. Ispanak bitkisinin kalsiyum içeriği ve kaldırılan kalsiyum miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin kalsiyum içeriği ve kaldırılan kalsiyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18’de, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.19’da kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.20’de sunulmuştur.

Çizelge 4.18. Ispanak bitkisinin kalsiyum içeriği ve kaldırılan kalsiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	0,654	0,654	84,119**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,075	0,019	2,401öd	2,870	4,430
	A*B	4	0,215	0,054	6,914**	2,870	4,430
	Hata	20	0,156	0,008			
	Genel	29	1,099	0,038			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	3172,203	3172,203	102,373**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	488,403	122,101	3,940*	2,870	4,430
	A*B	4	266,035	66,509	2,146öd	2,870	4,430
	Hata	20	619,734	30,987			
	Genel	29	4546,374	156,772			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Ispanak bitkisinin kalsiyum içeriği üzerine; bitki kısımları ve bunların interaksyonundan elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan kalsiyum miktarları üzerine bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, iyot dozlarının ise % 5 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.18).

Uygulanan iyot dozları ıspanak bitkisinin kalsiyum içeriğinde kontrole oranla artış sağlamış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.19).

ıspanak bitkisi köklerinin kalsiyum içeriğinin (% 0,82), yapraklara oranla (% 0,52) daha yüksek olduğu görülmüştür. Yapraklarda belirlenen en yüksek kalsiyum içeriği (% 0,61) I0 dozundan, en düşük kalsiyum ise (% 0,47) I4 dozundan, köklerde en yüksek kalsiyum içeriği (% 0,97) I2 dozundan, en düşük kalsiyum ise (% 0,61) I0 dozundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.19. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kalsiyum içeriğine etkisi

		İyot Dozları (µM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Kalsiyum (%)	Yaprak	0,61 a A	0,50 b A	0,51 b A	0,52 b A	0,47 b A	0,52 b
	Kök	0,61 a C	0,73 a BC	0,97 a A	0,88 a AB	0,90 a AB	0,82 a
	Ortalama	0,61	0,62	0,74	0,70	0,68	
A LSD<0.01		0,092	B LSD	öd	AxB LSD<0.01	0,205	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Çizelge 4.20. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan kalsiyum miktarına etkisi

		İyot Dozları (µM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Kalsiyum (mg)	Yaprak	37,24	34,85	31,73	18,20	25,70	29,54 a
	Kök	9,05	10,10	9,16	5,67	10,90	8,98 b
	Ortalama	23,15 A	22,48 A	20,44 A	11,94 B	18,30 AB	
A LSD<0.01		5,784	B LSD<0.05	6,709	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan kalsiyum miktarını kontrole oranla azalttığı, en yüksek kaldırılan kalsiyum miktarının (23,15mg) I0 uygulamasından, en düşük kaldırılan sodyum miktarının (11,94 mg) ise I3 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.20).

Ispanak bitkisi yapraklarının kaldırdığı kalsiyum miktarlarının (29,54 mg), köklere oranla (8,98 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Ispanak yapraklarında % 0,69'dan daha az kalsiyum bulunması durumunda kalsiyum noksanlığının görüldüğü, kalsiyum yeterlilik düzeyinin % 0,70 - 1,20 arasında olduğu, % 1,20'den yüksek olduğunda ise kalsiyumun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen kalsiyum içeriklerinin bildirilen sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür. Bu durum çözültedeki kalsiyum yetersizliğinden ziyade diğer elementler arasındaki antagonistik ilişkiiden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.1.8. Ispanak bitkisinin magnezyum içeriği ve kaldırılan magnezyum miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin magnezyum içeriği ve kaldırılan magnezyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21'de, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.22'de kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.23'te sunulmuştur.

Çizelge 4.21. Ispanak bitkisinin magnezyum içeriği ve kaldırılan magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	0,009	0,009	0,830öd	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,145	0,036	3,461*	2,870	4,430
	A*B	4	0,018	0,005	0,436öd	2,870	4,430
	Hata	20	0,209	0,010			
	Genel	29	0,381	0,013			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	17133,432	17133,432	209,871**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	2485,707	621,427	7,612**	2,870	4,430
	A*B	4	1029,133	257,283	3,152*	2,870	4,430
	Hata	20	1632,762	81,638			
	Genel	29	22281,034	768,312			
Faktör-A: Bitki kısmı	öd: önemli değil						
Faktör-B: İyot Dozları	*: önemli p<0,05 **: önemli p<0,01						

Ispanak bitkisinin magnezyum içeriği üzerine; iyot dozlarından elde edilen değerlerin % 5 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan magnezyum miktarları üzerine bitki kısımları ve iyot dozlarından % 1, interaksiyonundan elde edilen değerlerin ise % 5 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.21).

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin magnezyum içeriğinde kontrole oranla azalma meydana geldiği görülmüş, en yüksek magnezyum içeriği (% 1,18) I1 uygulamasından, en düşük magnezyum içeriği (% 1,00) ise I4 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.22).

Ispanak bitkisi köklerin magnezyum içeriğinin (% 1,11), yapraklara oranla (% 1,08) daha düşük olduğu görülse de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Çizelge 4.22. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin magnezyum içeriğine etkisi

		İyot Dozları (µM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Magnezyum (%)	Yaprak	1,13	1,15	1,06	1,06	0,99	1,08
	Kök	1,20	1,20	1,14	1,01	1,01	1,11
	Ortalama	1,16 A	1,18 A	1,10 AB	1,04 B	1,00 B	
A _{LSD}		öd	B _{LSD<0.05}	0,123	AxB _{LSD}	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksiyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan magnezyum miktarını kontrole oranla azalttığı, en yüksek kaldırılan magnezyum miktarının (48,54 mg) I1 uygulamasından, en düşük kaldırılan magnezyum miktarının (21,96 mg) ise I3 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.23).

Ispanak bitkisi yapraklarının kaldırdığı magnezyum miktarlarının (61,42 mg), köklere oranla (13,63 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Yapraklarda belirlenen en yüksek kaldırılan magnezyum miktarı (80,53 mg) I1 dozundan, en düşük kaldırılan magnezyum

miktarı (36,73 mg) ise I3 dozundan, köklerde belirlenen en yüksek kaldırılan magnezyum miktarı (17,74 mg) I0 dozundan, en düşük kaldırılan magnezyum miktarı (7,18 mg) ise I3 dozundan sağlanmıştır.

Çizelge 4.23. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan magnezyum miktarına etkisi

Bitki kısmı		İyot Dozları (μM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Magnezyum (mg)	Yaprak	69,61 a AB	80,53 a A	65,53 a AB	36,73 a C	54,70 a B	61,42 a
	Kök	17,74 b A	16,55 b A	12,72 b A	7,18 b A	13,94 b A	13,63 b
	Ortalama	43,68 A	48,54 A	39,12 A	21,96 B	34,32 AB	
A $\text{LSD}<0.01$		9,388	B $\text{LSD}<0.01$	14,844	AxB $\text{LSD}<0.05$		15,399

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Smoleń ve Sady (2012) farklı iyot formları ve uygulama metodları kullanılarak ıspanak bitkisinin iyotça zenginleştirilmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada iyotlu gübre uygulamalarının verim ve ıspanak bitkilerinin içerdiği Mg miktarları üzerine etkili olmadığını bildirmiştir.

ıspanak bitkilerinin hasat dönemine yakın zamanda içerdiği besin elementi miktarlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ıspanak bitkilerinin % 0,60 - 1,20 oranında kalsiyum ve % 0,35 - 0,80 oranında magnezyum içerdiği bildirilmiştir (İbrikçi ve ark. 1994). ıspanak yapraklarında % 0,59'dan daha az magnezyum bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, magnezyum yeterlilik düzeyinin % 0,60 - 1,00 aralığında olduğu ve ıspanak yapraklarında % 1,00'den daha yüksek magnezyum bulunması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparlan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen magnezyum içeriklerinin bildirilen sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür.

4.1.9. ıspanak bitkisinin demir içeriği ve kaldırılan demir miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin demir içeriği ve kaldırılan demir miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.24'te, içeriğe ait ortalamalar

ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.25'te kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.26'da sunulmuştur.

İspanak bitkisinin demir içeriği üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan demir miktarları üzerine bitki kısımları %1, interaksyonundan elde edilen değerlerin ise % 5 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. İspanak bitkisinin demir içeriği ve kaldırılan demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	1409651507,314	1409651507,31	600,390**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	7745231,129	1936307,782	0,825öd	2,870	4,430
	A*B	4	7631805,571	1907951,393	0,813öd	2,870	4,430
	Hata	20	46957860,538	2347893,027			
	Genel	29	1471986404,552	50758151,881			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	1579,631	1579,631	93,866**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	45,196	11,299	0,671öd	2,870	4,430
	A*B	4	253,643	63,411	3,768*	2,870	4,430
	Hata	20	336,570	16,829			
	Genel	29	2215,040	76,381			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Uygulanan iyot dozları ıspanak bitkisinin demir içeriğinde kontrole oranla artmaya neden olmuş ancak etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin demir içeriğine etkisi

	Bitki kısmı	İyot Dozları (µM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Demir (mg kg ⁻¹)	Yaprak	113,06	92,85	100,44	86,92	107,00	100,06 b
	Kök	13166,59	12893,88	14093,88	13226,38	15667,63	13809,67 a
	Ortalama	6639,83	6493,37	7097,16	6656,65	7887,31	
	A LSD<0.01	1592,146	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

İspanak bitkisi köklerindeki demir içeriğinin ($13809,67 \text{ mg kg}^{-1}$), yapraklara oranla ($100,06 \text{ mg kg}^{-1}$) daha yüksek olduğu görülmüştür. Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan demir miktarını kontrole oranla azalttığı görülmüş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.26).

İspanak bitkisi yapraklarının kaldırdığı demir miktarlarının ($1,57 \text{ mg}$), köklere oranla ($16,08 \text{ mg}$) daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum kök kuru maddesinin yaprağa oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Yapraklarda belirlenen en yüksek kaldırılan demir miktarı ($5,30 \text{ mg}$) I3 dozundan, en düşük kaldırılan demir miktarı ($0,58 \text{ mg}$) ise I4 dozundan, köklerde belirlenen en yüksek kaldırılan demir miktarı ($19,60 \text{ mg}$) I4 dozundan, en düşük kaldırılan demir miktarı ($8,62 \text{ mg}$) ise I3 dozundan sağlanmıştır.

Çizelge 4.26. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan demir miktarına etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Demir (mg)	Yaprak	0,69 b A	0,66 b A	0,61 b A	5,30 b A	0,58 b A	1,57 b
	Kök	19,42 a A	17,56 a A	15,19 a AB	8,62 a B	19,61 a A	16,08 a
	Ortalama	10,05	9,11	7,90	6,96	10,09	
A $\text{LSD}<0,01$		4,263	B LSD	öd	AxB $\text{LSD}<0,05$	6,992	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

İspanak yapraklarında 59 mg kg^{-1} 'den az demir bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, demir yeterlilik düzeyinin $60-200 \text{ mg kg}^{-1}$ aralığında olduğu ve ıspanak yapraklarında 200 mg kg^{-1} 'den daha yüksek demir bulunması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparlan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen demir içeriklerinin bildirilen sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür.

4.1.10. İspanak bitkisinin bakır içeriği ve kaldırılan bakır miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin bakır içeriği ve kaldırılan bakır miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27'de, içeriğe ait ortalamalar

ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.28’de kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.29’da sunulmuştur.

İspanak bitkisinin bakır içeriği üzerine; bitki kısımları % 1, interaksiyonundan elde edilen değerlerin % 5 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan bakır miktarları üzerine bitki kısımları % 1, iyot dozlarından elde edilen değerlerin ise % 5 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. İspanak bitkisinin bakır içeriği ve kaldırılan bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	32371,704	32371,704	492,523**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	637,426	159,357	2,425öd	2,870	4,430
	A*B	4	1031,582	257,896	3,924*	2,870	4,430
	Hata	20	1214,525	65,726			
	Genel	29	35355,238	1219,146			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	0,008	0,008	24,000**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,006	0,001	4,411*	2,870	4,430
	A*B	4	0,002	0,001	1,839öd	2,870	4,430
	Hata	20	0,006	0,000			
	Genel	29	0,022	0,001			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Çizelge 4.28. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin bakır içeriğine etkisi

		İyot Dozları (µM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Bakır (mg kg ⁻¹)	Yaprak	11,76 b A	9,73 b A	8,72 b A	8,53 b A	7,51 b A	9,25 b
	Kök	62,57 a B	62,35 a B	83,24 a A	79,68 a A	86,90 a A	74,95 a
	Ortalama	37,17	36,04	45,98	44,10	47,21	
A _{LSD<0.01}		8,424	B _{LSD}	öd	AxB _{LSD<0.05}	13,817	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksiyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozları ıspanak bitkisinin bakır içeriğinde kontrole oranla artış sağlamış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.28).

Ispanak bitkisi köklerindeki bakır içeriğinin ($74,95 \text{ mg kg}^{-1}$), yapraklara oranla $9,25 \text{ mg kg}^{-1}$) daha yüksek olduğu görülmüştür. Yapraklarda belirlenen en yüksek bakır içeriği ($11,76 \text{ mg kg}^{-1}$) I0 dozundan, en düşük bakır ise ($7,51 \text{ mg kg}^{-1}$) I4 dozundan, köklerde en yüksek bakır içeriği ($86,90 \text{ mg kg}^{-1}$) I4 dozundan, en düşük bakır ise ($62,35 \text{ mg kg}^{-1}$) I1 dozundan elde edilmiştir.

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan bakır miktarını kontrole oranla azalttığını, en yüksek kaldırılan bakır miktarının ($0,08 \text{ mg}$) I0 ve I1 uygulamasından, en düşük kaldırılan bakır miktarının ($0,04 \text{ mg}$) ise I3 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.29).

Ispanak bitkisi köklerinin kaldırdığı bakır miktarlarının ($0,08 \text{ mg}$), yapraklara oranla ($0,05 \text{ mg}$) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum kök kuru maddesinin yaprağa oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.29. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan bakır miktarına etkisi

		İyot Dozları (μM)					
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	Ortalama
Bakır (mg)	Yaprak	0,07	0,07	0,05	0,03	0,04	0,05 b
	Kök	0,09	0,09	0,08	0,05	0,011	0,08 a
	Ortalama	0,08 A	0,08 A	0,07 A	0,04 B	0,07 A	
A $\text{LSD}<0.01$		0,019	B $\text{LSD}<0.05$	0,022	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler dikey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Smoleń ve Sady (2012) farklı iyot formları ve uygulama metodları kullanılarak ıspanak bitkisinin iyotça zenginleştirilmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada iyotlu gübre uygulamalarının verim ve ıspanak bitkilerinin içerdiği Cu miktarları üzerine etkili olmadığını bildirmiştir.

Ispanak yapraklarında bakır noksanlığının 4 mg kg^{-1} 'dan daha az bakır bulunduğunda görüldüğü, bakır yeterlilik düzeyinin $5 - 25 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğu, 25 mg kg^{-1} 'dan daha yüksek olduğunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991;

Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen bakır içeriklerinin bildirilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.

4.1.11. Ispanak bitkisinin çinko içeriği ve kaldırılan çinko miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin çinko içeriği ve kaldırılan çinko miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.30'da, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.31'de kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.32'de sunulmuştur.

Ispanak bitkisinin çinko içeriği üzerine; bitki kısımları % 1, interaksiyonundan elde edilen değerlerin % 5 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan çinko miktarları üzerine bitki kısımları, iyot dozları ve bunların interaksiyonundan elde edilen değerlerin ise % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Ispanak bitkisinin çinko içeriği ve kaldırılan çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	214077,390	214077,390	112,682**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	5145,517	1286,379	0,677öd	2,870	4,430
	A*B	4	26447,269	6611,817	3,480*	2,870	4,430
	Hata	20	37996,650	1899,833			
	Genel	29	283666,826	9781,615			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	0,645	0,645	66,943**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,476	0,119	12,342**	2,870	4,430
	A*B	4	0,249	0,062	6,450**	2,870	4,430
	Hata	20	0,193	0,010			
	Genel	29	1,563	0,054			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Uygulanan iyot dozları ıspanak bitkisinin çinko içeriğinde kontrole oranla artış sağlamış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.31).

Ispanak bitkisi köklerindeki çinko içeriğinin (268,38 mg kg⁻¹), yapraklara oranla (99,43 mg kg⁻¹) daha yüksek olduğu görülmüştür. Yapraklarda belirlenen en yüksek çinko içeriği (137,52 mg kg⁻¹) I0 dozundan, en düşük çinko ise (78,21 mg kg⁻¹) I4 dozundan, köklerde

en yüksek çinko içeriği (311,53 mg kg⁻¹) I4 dozundan, en düşük çinko ise (212,65 mg kg⁻¹) I1 dozundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.31. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin çinko içeriğine etkisi

	Bitki kısmı	İyot Dozları (µM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Çinko (mg kg ⁻¹)	Yaprak	137,52 b A	112,31 b A	88,01 b A	81,12 b A	78,21 b A	99,43 b
	Kök	233,35 a B	212,65 a B	310,48 a A	273,91 a AB	311,53 a A	268,38 a
	Ortalama	185,43	162,48	199,24	177,52	194,87	
	A LSD<0.01	45,290	B LSD	öd	AxB LSD<0.05	74,287	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan çinko miktarını kontrole oranla azaldığı, en yüksek kaldırılan çinko miktarının (0,60 mg) I0 uygulamasından, en düşük kaldırılan çinko miktarının (0,24 mg) ise I3 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.32).

ıspanak bitkisi yapraklarının kaldırdığı çinko miktarlarının (0,59 mg), köklere oranla (0,30 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Yapraklarda belirlenen en yüksek kaldırılan çinko miktarı (0,86 mg) I0 dozundan, en düşük kaldırılan çinko miktarı (0,29 mg) ise I3 dozundan, köklerde belirlenen en yüksek kaldırılan çinko miktarı (0,35 mg) I0 ve I4 dozundan, en düşük kaldırılan çinko miktarı (0,19 mg) ise I3 dozundan sağlanmıştır.

Çizelge 4.32. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan çinko miktarına etkisi

	Bitki kısmı	İyot Dozları (µM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Çinko (mg)	Yaprak	0,86 a A	0,79 a A	0,56 a B	0,29 a C	0,44 a BC	0,59 a
	Kök	0,35 b A	0,29 b A	0,30 b A	0,19 a A	0,35 a A	0,30 b
	Ortalama	0,60	0,54	0,43	0,24	0,39	
	A LSD<0.01	0,102	B LSD<0.01	0,161	AxB LSD<0.01	0,228	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Ispanak bitkilerinin hasat dönemine yakın zamanda içerdiği besin elementi miktarlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ıspanak bitkilerinin 20 - 70 mg kg⁻¹ değerleri arasında çinko içerdiği bildirilmiştir (İbrikçi ve ark. 1994). Ispanak yapraklarında 24 mg kg⁻¹'dan daha az çinko bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, çinko yeterlilik düzeyinin 25 - 100 mg kg⁻¹ arasında olduğu, 100 mg kg⁻¹ 'dan daha yüksek olması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen çinko içeriklerinin bildirilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.

4.1.12. Ispanak bitkisinin mangan içeriği ve kaldırılan mangan miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin mangan içeriği ve kaldırılan mangan miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'te, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.34'te kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.35'de sunulmuştur.

Ispanak bitkisinin mangan içeriği üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan mangan miktarları üzerine bitki kısımları ve interaksyonundan elde edilen değerlerinde % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. Ispanak bitkisinin mangan içeriği ve kaldırılan mangan miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	680675,882	680675,882	179,566**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	38356,905	9589,226	2,530öd	2,870	4,430
	A*B	4	7086,064	1771,516	0,467öd	2,870	4,430
	Hata	20	75813,382	3790,669			
	Genel	29	801932,233	27652,836			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	1,528	1,528	183,278**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,043	0,011	1,296öd	2,870	4,430
	A*B	4	0,310	0,077	9,292**	2,870	4,430
	Hata	20	0,125	0,008			
	Genel	29	2,006	0,084			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

Uygulanan iyot dozları ıspanak bitkisinin mangan içeriğinde kontrole oranla azalış sağlamış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.34). Ispanak bitkisi köklerindeki mangan içeriğinin ($421,89 \text{ mg kg}^{-1}$), yapraklara oranla ($120,64 \text{ mg kg}^{-1}$) daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.34. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin mangan içeriğine etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Mangan (mg kg^{-1})	Yaprak	163,75	127,86	118,31	107,83	85,42	120,64 b
	Kök	501,04	448,86	364,56	410,90	384,11	421,89 a
	Ortalama	332,40	288,36	241,44	259,37	234,76	
A $\text{LSD}<0.01$		63,974	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan mangan miktarını kontrole oranla azaldığı görülmüş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.35).

Ispanak bitkisi köklerinin kaldırdığı mangan miktarlarının ($0,52 \text{ mg}$), yapraklara oranla ($0,01 \text{ mg}$) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum kök kuru maddesinin yaprağa oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Yapraklarda belirlenen kaldırılan mangan miktarı I0, I1, I2 ve I4 dozu ($0,01 \text{ mg}$) olup, I3 dozu ($0,00 \text{ mg}$) ise hiç mangan kaldıramamıştır. Köklerde belirlenen en yüksek kaldırılan mangan miktarı ($0,74 \text{ mg}$) I0 dozundan, en düşük kaldırılan mangan miktarı ($0,29 \text{ mg}$) ise I3 dozundan sağlanmıştır.

Çizelge 4.35. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan mangan miktarına etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Mangan (mg)	Yaprak	0,01 b A	0,01 b A	0,01 b A	0,00 b A	0,01 b A	0,01 b
	Kök	0,74 a A	0,59 a AB	0,42 a BC	0,29 a C	0,54 a AB	0,52 a
	Ortalama	0,37	0,30	0,25	0,29	0,33	
A $\text{LSD}<0.01$		0,120	B LSD	0,220	AxB LSD	0,269	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Ispanak bitkilerinin hasat dönemine yakın zamanda içerdiği besin elementi miktarlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ıspanak bitkisinin 7 - 15 mg kg⁻¹ bakır ve 40 - 100 mg kg⁻¹ değerleri arasında mangan içerdiği bildirilmiştir (İbrikçi ve ark. 1994).

Ispanak yapraklarında 29 mg kg⁻¹'dan daha az mangan bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, mangan yeterlilik düzeyinin 30 - 250 mg kg⁻¹ arasında olduğu, 250 mg kg⁻¹'dan daha yüksek olduğunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen mangan içeriklerinin bildirilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.

4.1.13. Ispanak bitkisinin bor içeriği ve kaldırılan bor miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun ıspanak bitkisinin bor içeriği ve kaldırılan bor miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.36'da, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.37'de kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.38'de sunulmuştur.

Ispanak bitkisinin bor içeriği üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan bor miktarları üzerine bitki kısımlarından elde edilen değerlerinde % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36. Ispanak bitkisinin bor içeriği ve kaldırılan bor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	3196,723	3196,723	170,637**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	37,237	9,309	0,497öd	2,870	4,430
	A*B	4	102,445	25,611	1,367öd	2,870	4,430
	Hata	20	374,680	18,734			
	Genel	29	3711,086	127,968			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	0,265	0,265	146,344**	4,380	8,180
	Faktör-B	4	0,008	0,002	1,061öd	2,900	4,500
	A*B	4	0,017	0,004	2,404öd	2,900	4,500
	Hata	19	0,034	0,002			
	Genel	28	0,324	0,012			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Uygulanan iyot dozları ıspanak bitkisinin bor içeriğinde kontrole oranla artmaya neden olmuş ancak etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.37).

ıspanak bitkisi yapraklarındaki bor içeriğinin ($37,31 \text{ mg kg}^{-1}$), köklere oranla ($16,66 \text{ mg kg}^{-1}$) daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.37. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin bor içeriğine etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Bor (mg kg^{-1})	Yaprak	40,53	33,50	36,22	37,53	38,77	37,31 a
	Kök	16,08	17,28	20,08	14,95	14,93	16,66 b
	Ortalama	28,30	25,39	28,15	26,24	26,85	
A $\text{LSD}<0.01$		4,497	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları etkileşimi
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler dikey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan bor miktarını kontrole oranla azaldığı görülmüş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.38).

ıspanak bitkisi yapraklarının kaldırdığı bor miktarlarının ($0,21 \text{ mg}$), köklere oranla ($0,02 \text{ mg}$) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.38. İyot dozlarının ıspanak bitkisinin kaldırılan bor miktarına etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Bor (mg)	Yaprak	0,25	0,23	0,23	0,13	0,22	0,21 a
	Kök	0,20	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02 b
	Ortalama	0,13	0,13	0,13	0,09	0,12	
A $\text{LSD}<0.01$		0,044	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları etkileşimi
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler dikey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Smoleń ve Sady (2012) farklı iyot formları ve uygulama metodları kullanılarak ıspanak bitkisinin iyotça zenginleştirilmesi amacıyla yürüttükleri çalışmada iyotlu gübre uygulamalarının verim ve ıspanak bitkilerinin içerdiği B miktarları üzerine etkili olmadığını bildirmiştir.

İspanak yapraklarında 24 mg kg⁻¹'dan daha az bor bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, bor yeterlilik düzeyinin 25 - 60 mg kg⁻¹ arasında olduğu, 60 mg kg⁻¹'dan daha yüksek bulunması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen bor içeriklerinin bildirilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.

4.2. Marul Bitkisinin Gelişimi Üzerine İyot Uygulamalarının Etkisi

4.2.1. Marul bitkisinin kuru ağırlık verimi

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin kuru ağırlık verimi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.39'da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.40'ta sunulmuştur.

Marul bitkisinin kuru madde verimi üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. Marul bitkisinin kuru madde varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Kuru madde	Faktör-A	1	670,336	670,336	87,047**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	44,575	11,144	1,447öd	2,870	4,430
	A*B	4	15,177	3,794	0,493öd	2,870	4,430
	Hata	20	154,017	7,701			
	Genel	29	884,104	30,486			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Uygulanan ilk iyot dozunun marul bitkisinin kuru madde veriminde kontrole oranla artış sağladığı, artan iyot dozları ile bitki kuru maddesinin de arttığı, en yüksek iyot dozunda ise azaldığı görülmüş ancak etki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek kuru

madde (9,71 g) I3 uygulamasından, en düşük kuru madde ise (6,33 g) I0 uygulamasından elde edilmiştir. Yaprak kuru maddesinin (12,06 g), köke oranla (2,60 g) daha yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.40).

Çizelge 4.40. İyot dozlarının marul bitkisinin kuru madde verimine etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Kuru madde (g)	Bitki kısmı						
	Yaprak	11.11	11.64	12.58	13.08	11.88	12.06 a
	Kök	1.55	1.57	1.68	6.34	1.87	2.60 b
Ortalama		6.33	6.61	7.13	9.71	6.88	
A $\text{LSD}_{<0.01}$		2.883	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan iyot dozları ile iyot konsantrasyonlarında artışa rağmen bitkilerin kuru madde verimlerinde ve gelişimlerinde önemli bir artış görülmediği yapılan daha önceki çalışmalarda da ifade edilmiştir (Dai ve ark. 2006, Daum ve ark. 2013). Önceki yapılan çalışmalara dayanarak iyotun ne formda olursa olsun çok düşük konsantrasyonlarda bile birçok bitki için yararlı olabileceği belirtilmiştir (Landini ve ark., 2011).

Düşük konsantrasyonlarda iyotun varlığının genellikle bitki büyümesi, üretim ve stres koşullarına dayanım konusunda olumlu etkileri olduğu, yüksek konsantrasyonlarda ve özellikle I⁻ formunun uygulanmasının iyodat (IO₃) formuna göre çok daha fazla toksik etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Voogt ve ark. 2010, Medrano-Macias ve ark. 2016, Gonzali ve ark. 2017, Incrocci ve ark. 2019, Kiferle ve ark. 2021).

Zhu ve ark. (2003) yapmış oldukları çalışmada uyguladıkları iyot miktarı arttıkça bitki yaş ağırlığının azaldığını belirlemişlerdir. Caffagni ve ark. (2011) sulama suyuna farklı iyot kaynaklarından farklı dozlarda iyot uygulandığında iyotun bitki gelişimini engelleyici yönde etki ettiğini ve yaş ağırlıklarının azaldığını, uygulanan iyodürün iyodattan daha fazla biriktiğini bildirmiştir. Bitki veriminde meydana gelen bu değişimin iyot konsantrasyonunun köklerde toksik etki yaratmasından ve bitki gelişimini olumsuz

etkilemesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Gonzali ve ark. 2017). Önceki araştırmalardan elde edilen sonuçların çalışmamızla uyumlu olduğu görülmüştür.

4.2.2. Marul bitkisinin iyot içeriği ve kaldırılan iyot miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin iyot içeriği ve kaldırılan iyot miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41’de, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.42’de kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.43’te sunulmuştur.

Marul bitkisinin iyot içeriği üzerine; bitki kısımları, iyot dozları ve bunların interaksyonundan elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan iyot miktarları üzerine bitki kısımları ve iyot dozlarının elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.41. Marul bitkisinin iyot içeriği ve kaldırılan iyot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	286,134	286,134	819,618**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	34,952	8,738	25,030**	2,870	4,430
	A*B	4	24,767	6,192	17,736**	2,870	4,430
	Hata	20	6,982	0,349			
	Genel	29	352,835	12,167			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	420,901	420,901	49,402**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	261,130	65,282	7,662**	2,870	4,430
	A*B	4	6,371	1,593	0,187öd	2,870	4,430
	Hata	20	170,400	8,520			
	Genel	29	858,801	29,614			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin iyot içeriğinde kontrole oranla artış sağladığı görülmüş, en yüksek iyot içeriği (6,36 mg kg⁻¹) II uygulamasından, en düşük iyot içeriği (3,72 mg kg⁻¹) ise IO uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.42).

Marul bitkisi köklerindeki iyot içeriğinin (7,88 mg kg⁻¹), yapraklara oranla (1,70 mg kg⁻¹) daha yüksek olduğu görülmüştür. Yapraklarda belirlenen en yüksek iyot içeriği (1,98

mg kg⁻¹) I1 dozundan, en düşük iyot ise (1,40 mg kg⁻¹) I0 dozundan, köklerde en yüksek iyot içeriği (10,74 mg kg⁻¹) I1 dozundan, en düşük iyot ise (5,92 mg kg⁻¹) I4 dozundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.42. İyot dozlarının marul bitkisinin iyot içeriğine etkisi

		İyot Dozları (µM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
İyot (mg kg ⁻¹)	Yaprak	1,40 b A	1,98 b A	1,80 b A	1,73 b A	1,61 b A	1,70 b
	Kök	6,04 a B	10,74 a A	9,74 a A	6,96 a B	5,92 a B	7,88 a
	Ortalama	3,72 B	6,36 A	5,77 A	4,34 B	3,76 B	
A LSD<0.01		0,614	B LSD<0.01	0,971	AxB LSD<0.01	1,373	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan iyot miktarını kontrole oranla arttırdığı, en yüksek kaldırılan iyot miktarının (20,50 µg) I2 uygulamasından, en düşük kaldırılan iyot miktarının (12,64 µg) ise I0 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.43).

Marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı iyot miktarlarının (20,93 µg), köklere oranla (13,43 µg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.43. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan iyot miktarına etkisi

		İyot Dozları (µM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
İyot (µg)	Yaprak	15,88	22,99	24,51	22,12	19,13	20,93 a
	Kök	9,40	16,69	16,48	13,56	11,03	13,43 b
	Ortalama	12,64 C	19,84 AB	20,50 A	17,84 AB	15,08 BC	
A LSD<0.01		3,033	B LSD<0.01	4,795	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Yapılan çalışmalarda uygulanan iyot arttırıcı yöntemlerin sebzelerin yenilen kısımlarındaki iyot miktarına pozitif yönde etki ettiği bildirilmiştir (Altınok ve ark. 2003, Dai ve ark. 2004, Dai ve ark. 2006, Ujowundu ve ark. 2010, Landini ve ark., 2011, Weng ve ark. 2013, Daum ve ark. 2013, Kiferle ve ark. 2013, Li ve ark. 2016, Incrocci ve ark. 2019).

İyot bakımından yetersiz olan toprakta yetişen bitkilerin iyot içeriklerinin $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ 'dan daha az, iyotu yeterli olan toprakta yetişen bitkilerin ise yaklaşık 1 mg kg^{-1} olduğu bildirilmiştir (Zimmermann ve ark. 2008). Çalışmamızdan elde edilen değerlerin belirtilen değerlerden yüksek olduğu ve çözeltideki iyot konsantrasyonunun topraktaki yeterlilik düzeyinden daha fazla olduğu anlaşılmıştır.

Incrocci ve ark. (2019) günlük alınması gerekli yeterli iyot dozunun çocuklar, yetişkinler, hamileler ve emzirme dönemindeki anneler için sırasıyla 90, 120, 150 ve $290 \mu\text{g gün}^{-1}$ olduğunu bildirmiş, çalışmamızdan elde edilen kaldırılan iyot miktarlarının bu değerleri karşılayabileceği görülmüştür.

Fuge (2005), bitkilerin iyotu bünyelerine kökleri ve stomaları aracılığı ile aldıklarını ve çoğu durumda elementlerin bitkilerin üst kısımlarına kök sistemi boyunca taşındıklarını ifade etmiş, çalışmamızda yapraklardaki iyot konsantrasyonlarının benzer şekilde daha fazla olduğu ortaya konmuş, elde etmiş olduğumuz verilerin önceki çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

4.2.3. Marul bitkisinin azot içeriği ve kaldırılan azot miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin azot içeriği ve kaldırılan azot miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.44'de, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.45'te kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.46'da sunulmuştur.

Marul bitkisinin azot içeriği üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1, interaksyonundan elde edilen değerlerin % 5 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan

azot miktarları üzerine bitki kısımlarından elde edilen değerlerin ise % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.44).

Çizelge 4.44. Marul bitkisinin azot içeriği ve kaldırılan azot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	1,652	1,652	92,105**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,151	0,038	2,101öd	2,870	4,430
	A*B	4	0,232	0,058	3,234*	2,870	4,430
	Hata	20	0,359	0,018			
	Genel	29	2,394	0,083			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	1083190,008	1083190,008	428,895**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	13680,532	3420,133	1,354öd	2,870	4,430
	A*B	4	14304,229	3576,057	1,416öd	2,870	4,430
	Hata	20	50510,727	2525,536			
	Genel	29	1161685,497	40058,121			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

Uygulanan iyot dozları ile marul bitkisinin azot içeriği kontrole oranla azalmış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.45).

Marul bitkisi köklerinin azot içeriğinin (% 4,12), yapraklara oranla (% 3,65) daha yüksek olduğu görülmüştür. Yapraklarda belirlenen en yüksek azot içeriği (% 3,84) I2 dozundan, en düşük azot ise (% 3,50) I4 dozundan, köklerde en yüksek azot içeriği (% 4,26) I0 dozundan, en düşük azot ise (% 3,97) I2 dozundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.45. İyot dozlarının marul bitkisinin azot içeriğine etkisi

	Bitki kısmı	İyot Dozları (µM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Azot (%)	Yaprak	3,73 b AB	3,65 b AB	3,84 a A	3,53 b B	3,50 b B	3,65 b
	Kök	4,26 a A	4,18 a AB	3,97 a B	4,08 a AB	4,12 a AB	4,12 a
	Ortalama	3,99	3,91	3,91	3,81	3,81	
A LSD<0.01		0,139	B LSD	öd	AxB LSD<0.05	0,228	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları etkileşimi
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan azot miktarını kontrole oranla diğer dozlarda arttırdığı görülmüş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.46).

Marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı azot miktarlarının (451,04 mg), köklere oranla (71,01 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.46. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan azot miktarına etkisi

		İyot Dozları (µM)					
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	Ortalama
Azot (mg)	Yaprak	411,75	432,09	527,48	466,88	417,01	451,04 a
	Kök	66,30	65,56	66,85	79,30	77,04	71,01 b
	Ortalama	239,03	248,83	297,16	273,09	247,03	
A _{LSD<0,01}		52,218	B _{LSD}		öd	AxB _{LSD}	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları etkileşimi
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Marul yapraklarında % 3,90'dan daha az azot bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, azot yeterlilik düzeyinin % 4,00 - 5,00 olduğu, % 5,00'dan yüksek olduğunda ise azotun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen azot içeriklerinin bildirilen sınır değerlerin biraz altında olduğu görülmüştür.

4.2.4. Marul bitkisinin fosfor içeriği ve kaldırılan fosfor miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin fosfor içeriği ve kaldırılan fosfor miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.47'de, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.48'de kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.49'da sunulmuştur.

Marul bitkisinin fosfor içeriği üzerine; bitki kısımları, iyot dozlarından elde edilen değerlerin % 1, etkileşiminden elde edilen değerlerin ise % 5 düzeyinde önemli

bulunduğu, kaldırılan fosfor miktarları üzerine bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 5 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.47).

Çizelge 4.47. Marul bitkisinin fosfor içeriği ve kaldırılan fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	5,668	5,668	912,730**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,113	0,028	4,562**	2,870	4,430
	A*B	4	0,085	0,021	3,410*	2,870	4,430
	Hata	20	0,124	0,006			
	Genel	29	5,990	0,207			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	53196,721	53196,721	340,010**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	1367,392	341,848	2,185öd	2,870	4,430
	A*B	4	413,862	103,465	0,661öd	2,870	4,430
	Hata	20	3129,124	156,456			
	Genel	29	58107,099	2003,693			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin fosfor içeriğinde kontrole oranla artış sağladığı görülmüş, en yüksek fosfor içeriği (% 1,48) I3 uygulamasından, en düşük fosfor içeriği (% 1,32) ise I0 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.48).

Marul bitkisi köklerindeki fosfor içeriğinin (% 1,82), yapraklara oranla (% 0,95) daha yüksek olduğu görülmüştür. Yapraklarda belirlenen en yüksek fosfor içeriği (% 0,98) I4 dozundan, en düşük fosfor ise (% 0,91) I0 dozundan, köklerde en yüksek fosfor içeriği (% 2,00) I3 dozundan, en düşük fosfor ise (% 1,71) I1 dozundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.48. İyot dozlarının marul bitkisinin fosfor içeriğine (%) etkisi

		İyot Dozları (µM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Fosfor (%)	Yaprak	0,91 b A	0,96 b A	0,96 b A	0,96 b A	0,98 b A	0,95 b
	Kök	1,73 a C	1,71 a C	1,90 a AB	2,00 a A	1,77 a BC	1,82 a
	Ortalama	1,32 B	1,33 B	1,43 AB	1,48 A	1,38 AB	
A LSD<0.01		0,082	B LSD<0.01	0,129	AxB LSD<0.05	0,134	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan fosfor miktarını kontrole oranla diğer dozlarda arttırdığı görülmüş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.49).

Marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı fosfor miktarlarının (115,14 mg), köklere oranla (31,56 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.49. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan fosfor miktarına etkisi

	Bitki kısmı	İyot Dozları (μM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Fosfor (mg)	Yaprak	101,84	108,75	129,55	123,61	115,14	115,78 a
	Kök	27,14	26,77	32,07	38,91	32,91	31,56 b
	Ortalama	64,49	67,76	80,81	81,26	74,02	
	A $\text{LSD}_{<0.01}$	12,997	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları etkileşimi
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler dikey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Farklı iyot formları ve uygulama metodları kullanılarak ıspanak bitkisi ile yürütülen çalışmada da iyotlu gübre uygulamalarının verim ve ıspanak bitkilerinin içerdiği P miktarları üzerine etkili olmadığı bildirilmiştir (Smoleń ve Sady 2012).

Marul yapraklarında % 0,30'dan daha az fosfor bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, fosfor yeterlilik düzeyinin % 0,40 – 0,60 olduğu, % 0,60'dan yüksek olduğunda ise fosforun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen fosfor içeriklerinin bildirilen sınırların üzerinde olduğu görülmüştür.

4.2.5. Marul bitkisinin potasyum içeriği ve kaldırılan potasyum miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin potasyum içeriği ve kaldırılan potasyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.50'de, içeriğe ait

ortalamlar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.51’de kaldırılan miktarlarına ait ortalamlar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.52’de sunulmuştur.

Marul bitkisinin kaldırılan potasyum miktarları üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.50).

Çizelge 4.50. Marul bitkisinin potasyum içeriği ve kaldırılan potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	1,176	1,176	3,954öd	4,350	8,100
	Faktör-B	4	2,158	0,539	1,813öd	2,870	4,430
	A*B	4	1,303	0,326	1,095öd	2,870	4,430
	Hata	20	5,949	0,297			
	Genel	29	10,586	0,365			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	5722700,311	5722700,311	308,885**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	130218,645	32554,661	1,757öd	2,870	4,430
	A*B	4	117215,836	29303,959	1,582öd	2,870	4,430
	Hata	20	370538,699	18526,935			
	Genel	29	6340673,492	218643,914			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05	** : önemli p<0,01				

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin potasyum içeriğinde kontrole oranla azalmış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.51).

Marul bitkisi köklerin potasyum içeriğinin (% 8,72), yapraklara oranla (% 8,33) daha yüksek olduğu görülse de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Çizelge 4.51. İyot dozlarının marul bitkisinin potasyum içeriğine etkisi

		İyot Dozları (µM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Potasyum (%)	Yaprak	8,14	8,45	9,09	8,21	7,76	8,33
	Kök	8,99	8,56	8,81	8,80	8,45	8,72
	Ortalama	8,57	8,50	8,95	8,50	8,10	
	A _{LSD}	öd	B _{LSD}	öd	AxB _{LSD}	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan potasyum miktarını kontrole oranla diğer dozlarda arttırdığı görülmüş, ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.52).

Marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı potasyum miktarlarının (1024,47 mg), köklere oranla (150,96 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.52. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan potasyum miktarına etkisi

		İyot Dozları (µM)					
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	Ortalama
Potasyum (mg)	Yaprak	900,69	979,60	1247,36	1078,34	916,37	1024,47 a
	Kök	140,10	134,92	149,67	172,17	157,93	150,96 b
	Ortalama	520,39	557,26	698,52	625,25	537,15	
A _{LSD<0.01}		141,431	B _{LSD}	öd	AxB _{LSD}	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Farklı iyot formları ve uygulama metodları kullanılarak ıspanak bitkisi ile yürütülen çalışmada da iyotlu gübre uygulamalarının verim ve ıspanak bitkilerinin içerdiği K miktarları üzerine etkili olmadığı bildirilmiştir (Smoleń ve Sady 2012).

Marul yapraklarında % 5,90'dan daha az potasyum bulunması durumunda potasyum noksanlığının görüldüğü, potasyum yeterlilik düzeyinin % 6,00 - 7,00 arasında olduğu, % 7,00'dan yüksek olduğunda ise potasyumun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen potasyum içeriklerinin bildirilen sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür.

4.2.6. Marul bitkisinin sodyum içeriği ve kaldırılan sodyum miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin sodyum içeriği ve kaldırılan sodyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.53'te, içeriğe ait ortalamalar

ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.54'te kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.55'te sunulmuştur.

Marul bitkisinin sodyum içeriği üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan sodyum miktarları üzerine bitki kısımlarından elde edilen değerlerinde % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.53).

Çizelge 4.53. Marul bitkisinin sodyum içeriği ve kaldırılan sodyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	0,118	0,118	119,003**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,008	0,002	2,045öd	2,870	4,430
	A*B	4	0,004	0,001	0,897öd	2,870	4,430
	Hata	20	0,020	0,001			
	Genel	29	0,149	0,005			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	18409,064	18409,064	311,777**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	388,525	97,131	1,645öd	2,870	4,430
	A*B	4	273,013	68,253	1,156öd	2,870	4,430
	Hata	20	1180,913	59,046			
	Genel	29	20251,515	698,328			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**.: önemli p<0,01			

Çizelge 4.54. İyot dozlarının marul bitkisinin sodyum içeriğine etkisi

		İyot Dozları (µM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Sodyum (%)	Bitki kısmı						
	Yaprak	0,48	0,48	0,52	0,49	0,48	0,49 b
	Kök	0,59	0,61	0,63	0,66	0,60	0,62 a
Ortalama		0,54	0,54	0,57	0,57	0,54	
A _{LSD<0.01}		0,033	B _{LSD}	öd	AxB _{LSD}	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin sodyum içeriğinde kontrole oranla artış sağlamış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.54).

Marul bitkisi köklerin sodyum içeriğinin (% 0,62), yapraklara oranla (% 0,49) daha yüksek olduğu görülse de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan sodyum miktarını kontrole oranla diğer dozlarda arttırdığı görülmüş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.55).

Marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı sodyum miktarlarının (60,20 mg), köklere oranla (10,66 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.55. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan sodyum miktarına etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama	
		I0	I1	I2	I3	I4		
Sodyum (mg)	Yaprak	53,82	55,62	71,11	64,23	56,21	60,20 a	
	Kök	9,25	9,56	10,58	12,70	11,19	10,66 b	
	Ortalama	31,54	32,59	40,85	38,47	33,70		
A $\text{LSD}_{<0.01}$		7,984	B LSD		öd	AxB LSD		öd

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Düşük konsantrasyonlarda iyotun varlığının genellikle bitki büyümesi, üretim ve stres koşullarına dayanım konusunda olumlu etkileri olduğu, yüksek konsantrasyonlarda ve özellikle I^- formunun uygulanmasının iyodat (IO_3^-) formuna göre çok daha fazla toksik etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Voogt ve ark. 2010, Medrano-Macias ve ark. 2016, Gonzali ve ark. 2017, Incrocci ve ark. 2019, Kiferle ve ark. 2021).

4.2.7. Marul bitkisinin kalsiyum içeriği ve kaldırılan kalsiyum miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin kalsiyum içeriği ve kaldırılan kalsiyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.56'da, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.57'de kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.58'de sunulmuştur.

Marul bitkisinin kaldırılan kalsiyum miktarları üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, iyot dozları ve interaksyonundan elde edilen değerlerin ise % 5 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.56).

Çizelge 4.56. Marul bitkisinin kalsiyum içeriği ve kaldırılan kalsiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	0,252	0,252	0,198öd	4,350	8,100
	Faktör-B	4	5,252	1,313	1,031öd	2,870	4,430
	A*B	4	4,915	1,229	0,965öd	2,870	4,430
	Hata	20	25,477	1,274			
	Genel	29	35,897	1,238			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	141351,725	141351,725	651,391**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	3804,498	951,124	4,383*	2,870	4,430
	A*B	4	3010,142	752,535	3,468*	2,870	4,430
	Hata	20	4339,999	217,000			
	Genel	29	152506,363	5258,840			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kalsiyum içeriğinde kontrole oranla artış sağlamış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.57).

Marul bitkisi köklerin kalsiyum içeriğinin (% 1,04), yapraklara oranla (% 1,22) daha düşük olduğu görülse de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Çizelge 4.57. İyot dozlarının marul bitkisinin kalsiyum içeriğine etkisi

	Bitki kısmı	İyot Dozları (µM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Kalsiyum (%)	Yaprak	0,99	1,24	1,18	1,28	1,41	1,22
	Kök	0,57	2,66	0,68	0,69	0,59	1,04
	Ortalama	0,78	1,95	0,93	0,99	1,00	
A _{LSD}		öd	B _{LSD}	öd	AxB _{LSD}	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan kalsiyum miktarını kontrole oranla arttırdığı, en yüksek kaldırılan kalsiyum miktarının (89,09 mg) I3 uygulamasından, en düşük kaldırılan kalsiyum miktarının (59,18 mg) ise I0 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.58).

Marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı kalsiyum miktarlarının (148,18 mg), köklere oranla (10,90 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Yapraklarda belirlenen en yüksek kaldırılan kalsiyum miktarı (166,38 mg) I4 dozundan, en düşük kaldırılan kalsiyum miktarı (109,48 mg) ise I0 dozundan, köklerde belirlenen en yüksek kaldırılan kalsiyum miktarı (13,43 mg) I3 dozundan, en düşük kaldırılan kalsiyum miktarı (8,89 mg) ise I0 dozundan sağlanmıştır.

Çizelge 4.58. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan kalsiyum miktarına etkisi

		İyot Dozları (µM)					
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	Ortalama
Kalsiyum (mg)	Yaprak	109,48 a B	141,53 a A	158,77 a A	164,74 a A	166,38 a A	148,18 a
	Kök	8,89 b A	9,83 b A	11,47 b A	13,43 b A	10,86 b A	10,90 b
	Ortalama	59,18 B	75,68 AB	85,12 A	89,09 A	88,62 A	
A _{LSD<0.01}		15,306	B _{LSD<0.05}	17,753	AxB _{LSD<0.05}	25,106	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Marul yapraklarında % 2,20'den daha az kalsiyum bulunması durumunda kalsiyum noksanlığının görüldüğü, kalsiyum yeterlilik düzeyinin % 2,30 – 3,50 arasında olduğu, % 3,50'den yüksek olduğunda ise kalsiyumun fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen kalsiyum içeriklerinin bildirilen sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür. Bu durumun çözümlenmesinde kalsiyum yetersizliğinden ziyade diğer elementler arasındaki antagonistik ilişkiden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.8. Marul bitkisinin magnezyum içeriği ve kaldırılan magnezyum miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin magnezyum içeriği ve kaldırılan magnezyum miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.59’da, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.60’ta kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.61’de sunulmuştur.

Marul bitkisinin magnezyum içeriği üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan magnezyum miktarları üzerine bitki kısımlarından elde edilen değerlerinde % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.59).

Çizelge 4.59. Marul bitkisinin magnezyum içeriği ve kaldırılan magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	1,244	1,244	521,398**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,021	0,005	2,203öd	2,870	4,430
	A*B	4	0,004	0,001	0,424öd	2,870	4,430
	Hata	20	0,048	0,002			
	Genel	29	1,317	0,045			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	42003,202	42003,202	440,965**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	577,070	144,268	1,515öd	2,870	4,430
	A*B	4	449,111	112,278	1,179öd	2,870	4,430
	Hata	20	1905,057	95,523			
	Genel	29	44934,440	1549,463			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin magnezyum içeriğinde kontrole oranla artış sağlamış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.60).

Marul bitkisi köklerindeki magnezyum içeriğinin (% 0,24), yapraklara oranla (% 0,65) daha düşük olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.60. İyot dozlarının marul bitkisinin magnezyum içeriğine etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Magnezyum (%)	Yaprak	0,61	0,66	0,68	0,65	0,63	0,65 a
	Kök	0,19	0,23	0,27	0,28	0,23	0,24 b
	Ortalama	0,40	0,45	0,47	0,46	0,43	
A $\text{LSD}<0.01$		0,051	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan magnezyum miktarını kontrole oranla diğer dozlarda arttırdığı görülmüş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.61).

Marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı magnezyum miktarlarının (79,10 mg), köklere oranla (4,26 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.61. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan magnezyum miktarına etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Magnezyum (mg)	Yaprak	67,95	76,72	92,08	83,88	74,87	79,10 a
	Kök	3,45	3,52	4,64	5,44	4,27	4,26 b
	Ortalama	35,70	40,12	48,36	44,66	39,57	
A $\text{LSD}<0.01$		10,141	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Farklı iyot formları ve uygulama metodları kullanılarak ıspanak bitkisi ile yürütülen çalışmada da iyotlu gübre uygulamalarının verim ve ıspanak bitkilerinin içerdiği Mg miktarları üzerine etkili olmadığı bildirilmiştir (Smoleń ve Sady 2012).

Marul yapraklarında % 0,40'dan daha az magnezyum bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, magnezyum yeterlilik düzeyinin % 0,50 – 0,80 aralığında olduğu ve marul yapraklarında % 0,80'den daha yüksek magnezyum bulunması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen magnezyum içeriklerinin bildirilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.

4.2.9. Marul bitkisinin demir içeriği ve kaldırılan demir miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin demir içeriği ve kaldırılan demir miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.62'de, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.63'te kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.64'te sunulmuştur.

Marul bitkisinin demir içeriği üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin %1, iyot dozları ve bunların interaksiyonundan elde edilen değerlerin % 5 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan demir miktarları üzerine bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1, iyot dozları ve bunların interaksiyonundan elde edilen değerlerin ise % 5 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.62).

Çizelge 4.62. Marul bitkisinin demir içeriği ve kaldırılan demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	149471639,039	149471639,039	575,692**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	3458055,437	864513,859	3,330*	2,870	4,430
	A*B	4	3584898,765	896224,691	3,452*	2,870	4,430
	Hata	20	5192763,343	259638,167			
	Genel	29	161707356,583	5576115,744			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	313,892	313,892	332,027**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	14,001	3,500	3,702*	2,870	4,430
	A*B	4	13,176	3,294	3,484*	2,870	4,430
	Hata	20	18,908	0,945			
	Genel	29	359,977	12,413			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin demir içeriğinde kontrole oranla artış sağladığı görülmüş, en yüksek demir içeriği ($2905,25 \text{ mg kg}^{-1}$) I2 uygulamasından, en düşük demir içeriği ($1910,53 \text{ mg kg}^{-1}$) ise I4 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.63).

Marul bitkisi köklerindeki demir içeriğinin ($4579,67 \text{ mg kg}^{-1}$), yapraklara oranla ($115,42 \text{ mg kg}^{-1}$) daha yüksek olduğu görülmüştür. Yapraklarda belirlenen en yüksek demir içeriği ($120,90 \text{ mg kg}^{-1}$) I0 dozundan, en düşük demir ise ($103,29 \text{ mg kg}^{-1}$) I2 dozundan, köklerde en yüksek demir içeriği ($5707,21 \text{ mg kg}^{-1}$) I2 dozundan, en düşük demir ise ($3700,54 \text{ mg kg}^{-1}$) I4 dozundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.63. İyot dozlarının marul bitkisinin demir içeriğine etkisi

		İyot Dozları (μM)					
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	Ortalama
Demir (mg kg^{-1})	Yaprak	120,90 b A	119,19 b A	103,29 b A	113,19 b A	120,52 b A	115,42 b
	Kök	4069,29 a AB	4645,75 a B	5707,21 a A	4775,55 a B	3700,54 a B	4579,67 a
	Ortalama	2095,10 B	2382,47 AB	2905,25 A	2444,37 AB	1910,53 B	
A $\text{LSD}<0.01$		529,454	B $\text{LSD}<0.05$	614,078	AxB $\text{LSD}<0.05$	868,437	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Çizelge 4.64. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan demir miktarına etkisi

		İyot Dozları (μM)					
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	Ortalama
Demir (mg)	Yaprak	1,35 b A	1,36 b A	1,39 b A	1,44 b A	1,41 b A	1,39 b
	Kök	6,38 a B	7,12 a B	9,68 a A	9,28 a A	6,86 a B	7,86 a
	Ortalama	3,86 C	4,24 BC	5,54 A	5,36 AB	4,14 C	
A $\text{LSD}<0.01$		1,010	B $\text{LSD}<0.05$	1,172	AxB $\text{LSD}<0.05$	1,657	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan demir miktarını kontrole oranla arttırdığı, en yüksek kaldırılan demir miktarının ($5,54 \text{ mg}$) I2 uygulamasından, en düşük

kaldırılan demir miktarının 3,86 mg) ise I0 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.64).

Marul bitkisi köklerin kaldırdığı demir miktarlarının (7,86 mg), yapraklara oranla (1,39 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum kök kuru maddesinin yaprağa oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Yapraklarda belirlenen en yüksek kaldırılan demir miktarı (1,44 mg) I3 dozundan, en düşük kaldırılan demir miktarı (1,35 mg) ise I0 dozundan, köklerde belirlenen en yüksek kaldırılan demir miktarı (9,68 mg) I2 dozundan, en düşük kaldırılan demir miktarı (6,38 mg) ise I0 dozundan sağlanmıştır.

Marul yapraklarında 49 mg kg⁻¹'den az demir bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, demir yeterlilik düzeyinin 50-100 mg kg⁻¹ aralığında olduğu ve marul yapraklarında 100 mg kg⁻¹'den daha yüksek demir bulunması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen demir içeriklerinin bildirilen sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür.

4.2.10. Marul bitkisinin bakır içeriği ve kaldırılan bakır miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin bakır içeriği ve kaldırılan bakır miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.65'te, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.66'da kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.67'de sunulmuştur.

Marul bitkisinin bakır içeriği üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan bakır miktarları üzerine bitki kısımlarından elde edilen değerlerin de % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.65).

Uygulanan iyot dozları marul bitkisinin bakır içeriğinde kontrole oranla artış sağlamış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.66).

Marul bitkisi köklerindeki bakır içeriğinin (20,14 mg kg⁻¹), yapraklara oranla (8,83 mg kg⁻¹) daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.65. Marul bitkisinin bakır içeriği ve kaldırılan bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	959,031	959,031	967,386**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	4,671	1,168	1,178öd	2,870	4,430
	A*B	4	4,007	1,002	1,011öd	2,870	4,430
	Hata	20	19,827	0,991			
	Genel	29	987,537	34,053			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	0,040	0,040	208,439**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,001	0,000	1,561öd	2,870	4,430
	A*B	4	0,000	0,000	0,632öd	2,870	4,430
	Hata	20	0,004	0,000			
	Genel	29	0,045	0,002			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

Çizelge 4.66. İyot dozlarının marul bitkisinin bakır içeriğine etkisi

		İyot Dozları (µM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Bakır (mg kg ⁻¹)	Yaprak	8,87	9,04	8,87	8,93	8,44	8,83 b
	Kök	19,72	19,28	20,97	21,06	19,67	20,14 a
	Ortalama	14,30	14,16	14,92	15,00	14,06	
A LSD<0.01		1,035	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Çizelge 4.67. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan bakır miktarına etkisi

		İyot Dozları (µM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Bakır (mg)	Yaprak	0,10	0,10	0,12	0,11	0,10	0,11 a
	Kök	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04 b
	Ortalama	0,06	0,07	0,08	0,78	0,07	
A LSD<0.01		0,014	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan bakır miktarını kontrole oranla diğer dozlarda arttırdığı görülmüş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.67).

Marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı bakır miktarlarının (0,11 mg), köklere oranla (0,04 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Farklı iyot formları ve uygulama metodları kullanılarak ıspanak bitkisi ile yürütülen çalışmada da iyotlu gübre uygulamalarının verim ve ıspanak bitkilerinin içerdiği Cu miktarları üzerine etkili olmadığı bildirilmiştir (Smoleń ve Sady 2012).

Marul yapraklarında bakır noksanlığının 7 mg kg^{-1} 'den daha az bakır bulunduğu görüldüğü, bakır yeterlilik düzeyinin $8 - 25 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğu, 25 mg kg^{-1} 'den daha yüksek olduğunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen bakır içeriklerinin bildirilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.

4.2.11. Marul bitkisinin çinko içeriği ve kaldırılan çinko miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin çinko içeriği ve kaldırılan çinko miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.68'de, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.69'da kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.70'te sunulmuştur.

Marul bitkisinin çinko içeriği üzerine; bitki kısımları, iyot dozlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan çinko miktarları üzerine bitki kısımlarından elde edilen değerlerinde % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.68).

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin çinko içeriğinde kontrole oranla azalma meydana geldiği görülmüş, en yüksek çinko içeriği ($215,15 \text{ mg kg}^{-1}$) II uygulamasından,

en düşük çinko içeriği (167,19 mg kg⁻¹) ise I4 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.69).

Çizelge 4.68. Marul bitkisinin çinko içeriği ve kaldırılan çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	366435,691	366435,691	765,664**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	9841,511	2460,378	5,141**	2,870	4,430
	A*B	4	4093,518	1023,379	2,138öd	2,870	4,430
	Hata	20	9571,705	478,585			
	Genel	29	389942,425	13446,291			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	2,144	2,144	117,933**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,064	0,016	0,875öd	2,870	4,430
	A*B	4	0,030	0,007	0,410öd	2,870	4,430
	Hata	20	0,364	0,018			
	Genel	29	2,601	0,090			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Çizelge 4.69. İyot dozlarının marul bitkisinin çinko içeriğine etkisi

		İyot Dozları (µM)					Ortalama
Bitki kısmı		I0	I1	I2	I3	I4	
Çinko (mg kg ⁻¹)	Yaprak	95,82	94,53	83,34	81,26	77,71	86,53 b
	Kök	333,77	335,76	318,06	293,60	256,66	307,57 a
	Ortalama	214,80 A	215,15 A	200,70 AB	187,43 AB	167,19 B	
A LSD<0.01		22,731	B LSD<0.01	35,941	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Marul bitkisi köklerindeki çinko içeriğinin (307,57 mg kg⁻¹), yapraklara oranla (86,53 mg kg⁻¹) daha yüksek olduğu görülmüştür.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan çinko miktarını kontrole oranla diğer dozlarda arttırdığı görülmüş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.70).

Çizelge 4.70. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan çinko miktarına etkisi

Bitki kısmı		İyot Dozları (μM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Çinko (mg)	Yaprak	1,08	1,10	1,14	1,05	0,92	1,06 a
	Kök	0,52	0,52	0,52	0,57	0,48	0,52 b
	Ortalama	0,80	0,81	0,83	0,81	0,70	
A $\text{LSD}<0.01$		0,140	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı çinko miktarlarının (1,06 mg), köklere oranla (0,52 mg) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Marul yapraklarında 24 mg kg^{-1} 'dan daha az çinko bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, çinko yeterlilik düzeyinin $25 - 250 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğu, 250 mg kg^{-1} 'dan daha yüksek olması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen çinko içeriklerinin bildirilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.

4.2.12. Marul bitkisinin mangan içeriği ve kaldırılan mangan miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin mangan içeriği ve kaldırılan mangan miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.71'de, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.72'de kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.73'te sunulmuştur.

Marul bitkisinin mangan içeriği üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli bulunduğu, kaldırılan mangan miktarları üzerine bitki kısımlarından elde edilen değerlerinde % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.71).

Uygulanan iyot dozları marul bitkisinin mangan içeriğinde kontrole oranla artış sağlamış olsa da etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.72).

Marul bitkisi köklerindeki mangan içeriğinin ($465,08 \text{ mg kg}^{-1}$), yapraklara oranla ($114,54 \text{ mg kg}^{-1}$) daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.71. Marul bitkisinin mangan içeriği ve kaldırılan mangan miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	921597,703	921597,703	385,875**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	22888,298	5722,074	2,396öd	2,870	4,430
	A*B	4	20376,878	5094,219	2,133öd	2,870	4,430
	Hata	20	47766,678	2388,334			
	Genel	29	1012629,557	34918,261			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	2,564	2,654	75,220**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,199	0,050	1,456öd	2,870	4,430
	A*B	4	0,074	0,019	0,546öd	2,870	4,430
	Hata	20	0,682	0,034			
	Genel	29	3,518	0,121			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli $p < 0,05$		**: önemli $p < 0,01$			

Çizelge 4.72. İyot dozlarının marul bitkisinin mangan içeriğine etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Mangan (mg kg^{-1})	Bitki kısmı						
	Yaprak	105,52	134,23	107,04	114,50	111,38	114,54 b
	Kök	470,49	504,90	536,96	417,65	395,40	465,08 a
Ortalama		288,00	319,56	322,00	266,08	253,39	
A $\text{LSD} < 0,01$		50,780	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan mangan miktarını kontrole oranla diğer dozlarda arttırdığı görülmüş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.73).

Marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı mangan miktarlarının ($1,39 \text{ mg}$), köklere oranla ($0,80 \text{ mg}$) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Farklı iyot formları ve uygulama metodları kullanılarak ıspanak bitkisi ile yürütülen çalışmada da iyotlu gübre uygulamalarının verim ve ıspanak bitkilerinin içerdiği Mn miktarları üzerine etkili olmadığı bildirilmiştir (Smoleń ve Sady 2012).

Çizelge 4.73. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan mangan miktarına etkisi

Bitki kısmı		İyot Dozları (μM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Mangan (mg)	Yaprak	1,18	1,530	1,44	1,45	1,32	1,39 a
	Kök	0,74	0,79	0,90	0,82	0,75	0,80 b
	Ortalama	0,96	1,16	1,17	1,14	1,04	
A $\text{LSD}_{<0.01}$		0,192	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Marul yapraklarında 14 mg kg^{-1} 'dan daha az mangan bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, mangan yeterlilik düzeyinin $15 - 250 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğu, 250 mg kg^{-1} 'dan daha yüksek olduğunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen mangan içeriklerinin bildirilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.

4.2.13. Marul bitkisinin bor içeriği ve kaldırılan bor miktarı

Artan dozlarda uygulanan iyotun marul bitkisinin bor içeriği ve kaldırılan bor miktarına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.74'te, içeriğe ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları Çizelge 4.75'te kaldırılan miktarlarına ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.76'da sunulmuştur.

Marul bitkisinin kaldırılan bor miktarları üzerine; bitki kısımlarından elde edilen değerlerin % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.74).

Uygulanan iyot dozları marul bitkisinin bor içeriğinde kontrole oranla artmaya neden olmuş ancak etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4.75).

Marul bitkisi köklerin bor içeriğinin ($26,08 \text{ mg kg}^{-1}$), yapraklara oranla ($37,58 \text{ mg kg}^{-1}$) daha düşük olduğu görülse de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Çizelge 4.74. Marul bitkisinin bor içeriği ve kaldırılan bor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
İçerik	Faktör-A	1	992,220	992,220	1,799öd	4,350	8,100
	Faktör-B	4	1697,222	424,305	0,769öd	2,870	4,430
	A*B	4	1468,042	367,010	0,665öd	2,870	4,430
	Hata	20	11031,936	551,597			
	Genel	29	15189,420	523,773			
Kaldırılan miktar	Faktör-A	1	1,357	1,357	224,020**	4,350	8,100
	Faktör-B	4	0,029	0,007	1,185öd	2,870	4,430
	A*B	4	0,005	0,001	0,211öd	2,870	4,430
	Hata	20	0,121	0,006			
	Genel	29	1,512	0,052			
Faktör-A: Bitki kısmı		öd: önemli değil					
Faktör-B: İyot Dozları		*: önemli $p < 0,05$		***: önemli $p < 0,01$			

Çizelge 4.75. İyot dozlarının marul bitkisinin bor içeriğine etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Bor (mg kg^{-1})	Bitki kısmı						
	Yaprak	37,82	36,58	38,51	37,78	37,22	37,58
	Kök	18,47	11,79	53,87	22,29	23,98	26,08
Ortalama		28,14	24,19	46,19	30,04	30,60	
A _{LSD}		öd	B _{LSD}	öd	AxB _{LSD}	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Uygulanan iyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan bor miktarını kontrole oranla diğer dozlarda arttırdığı görülmüş ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.76).

Marul bitkisi yapraklarının kaldırdığı bor miktarlarının ($0,47 \text{ mg}$), köklere oranla ($0,05 \text{ mg}$) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yaprak kuru maddesinin köke oranla daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.76. İyot dozlarının marul bitkisinin kaldırılan bor miktarına etkisi

		İyot Dozları (μM)					Ortalama
		I0	I1	I2	I3	I4	
Bor (mg)	Yaprak	0,42	0,47	0,53	0,50	0,44	0,47 a
	Kök	0,27	0,02	0,10	0,04	0,05	0,05 b
	Ortalama	0,23	0,25	0,32	0,27	0,25	
A $\text{LSD}_{<0.01}$		0,081	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

A: Bitki kısmı; B: İyot Dozları; AxB: Bitki kısmı x İyot dozları interaksyonu
Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Farklı iyot formları ve uygulama metodları kullanılarak ıspanak bitkisi ile yürütülen çalışmada da iyotlu gübre uygulamalarının verim ve ıspanak bitkilerinin içerdiği B miktarları üzerine etkili olmadığı bildirilmiştir (Smoleń ve Sady 2012).

Marul yapraklarında 24 mg kg^{-1} 'dan daha az bor bulunması durumunda noksanlık belirtilerinin görüldüğü, bor yeterlilik düzeyinin $25 - 60 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğu, 60 mg kg^{-1} 'dan daha yüksek bulunması durumunda ise fazla olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Jones ve ark. 1991; Alparslan ve ark. 1998). Çalışmamızdan elde edilen bor içeriklerinin bildirilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.

5. SONUÇ

İyotun insanlar ve hayvanların normal büyüme ve gelişme ile beyin ve vücut fonksiyonları için gerekli önemli bir eser element olması sebebiyle tükettikleri bitkilerdeki konsantrasyonlarının artırılması son zamanlarda yaygın ve tuza alternatif bir uygulama olarak düşünülmektedir. Yürütülen bu çalışmada insanlar tarafından diğer bitkilere oranla daha fazla ve yaygın olarak tüketilen ıspanak ve marul bitkilerinin yetiştirildiği hidroponik ortama artan miktarlarda uygulanan iyotun ıspanak ve marul bitkilerinin gelişim durumu, iyot içerikleri ve kimi besin elementi miktarına etkisi araştırılmıştır.

Denememizde ıspanak ve marul yetiştirilen hidroponik ortama artan miktarlarda uygulanan iyot, ıspanak ve marul bitkilerinin yaprak ve kök kuru madde veriminde, iyot

yanı sıra makro ve mikro besin element içeriklerinde ve kaldırılan miktarlarında farklı şekillerde etki etmiştir. Düşük iyot dozlarının (2-4 μM) ıspanak ve marul bitkisinin kuru madde verimini kontrole göre arttırdığı ancak yüksek dozlarda (8-16 μM) bitkilerin kuru madde veriminin olumsuz yönde etkilendiği görülmüştür. Kuru madde miktarının köke oranla yapraklarda daha fazla olduğu, artan iyot dozları ile kök gelişiminin yapraklara oranla daha fazla etkilendiği görülmüştür.

Düşük dozlarda iyot uygulamaları ıspanak ve marul bitkilerinin iyot içerikleri ve kaldırılan miktarları üzerine olumlu etkide bulunmuş ancak yüksek dozlar iyot içeriklerinde azalmaya neden olmuştur. Ispanak bitkisinin en yüksek iyot içeriği (4,99 mg kg^{-1}) I2 uygulamasından, marul bitkisinin en yüksek iyot içeriği ise (6,36 mg kg^{-1}) I1 uygulamasından elde edilmiştir. İyotu yeterli olan toprakta yetişen bitkilerin iyot içeriklerinin yaklaşık 1 mg kg^{-1} olduğu düşünüldüğünde (Zimmermann ve ark. 2008), çalışmamızdan elde edilen değerlerin belirtilen değerlerden yüksek olduğu ve çözeltideki iyot konsantrasyonunun topraktaki yeterlilik düzeyinden daha fazla olduğu anlaşılmıştır. Incrocci ve ark. (2019) tarafından bildirilen günlük alınması gerekli yeterli iyot dozunun çocuklar, yetişkinler, hamileler ve emzirme dönemindeki anneler için sırasıyla 90, 120, 150 ve 290 $\mu\text{g gün}^{-1}$ olduğu düşünüldüğünde, çalışmamızdan elde edilen iyot içeriklerine göre yaklaşık 25 g kuru bitki tüketilmesi durumunda bu değerleri karşılayabileceği görülmüştür.

Uygulanan düşük iyot dozları bitkilerin içerdiği besin elementi miktarlarını artırırken, yüksek iyot dozu, bitkinin kuru madde verimi ve iyot içeriğinde azalış yanı sıra yapraklardaki ve köklerdeki besin elementlerinin alımını da olumsuz yönde etkilemiştir. İyot ve mikro besin elementleri arasındaki antagonistik ilişki nedeniyle, köklerde yüksek miktarda bulunan iyot özellikle Fe, Cu, Zn ve Mn'ın yapraklara taşınamayıp kökte birikimine neden olmuştur.

Yapılan çalışma sonucunda ıspanak ve marul bitkilerinin içerdiği iyot miktarının insan sağlığı için gerekli olan iyot miktarını karşılayabilme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. İkinci iyot dozu olan I1 (2 μM) uygulamasından elde edilen iyot içeriğinin ıspanak yapraklarında 2,57 mg kg^{-1} ve marul yapraklarında 1,98 mg kg^{-1} olduğu, bu

bitkilerden kuru madde bazında yaklaşık olarak 60 g tüketilmesi ile insanın bir günlük iyot ihtiyacını karşılayabileceği görülmüştür. Yapılan çalışmada bitkilerin iyotla beslenmesinde I2 dozuna kadar bitki gelişimi ve besin elementi alımında artış görülmesine rağmen, aşırı miktarların iyotta olduğu gibi diğer besin elementlerinin de alımında azalmaya yol açması nedeniyle bitkilerin iyotla zenginleştirilmesinde bir limit doz bulunması gerektiği sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmaya göre I2 (4 µM) dozunun ıspanak ve marul bitkileri için besin çözeltisinde kullanılacak maksimum iyot dozu olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Aksu, G., Temel, E. ve Altay, H. 2017. Yaprak Gübrelmesi ile Roka (*Eruca vesicaria*) Bitkisinin İyotça Zenginleştirilmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 (2), 97-104. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/comuagri/issue/33321/350500>

Alpaslan, M., Güneş, A. ve İnal, A. 1998. Deneme Tekniği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:1501, Ders Kitabı No:455, Ankara.

Altnok, S., Sozudogru-Ok, S., Halilova, H., 2003. Effect of iodine treatments on forage yields of alfalfa. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 34(1-2): 55-64.

Andersson, M., Karumbunathan, V., & Zimmermann, M. B. 2012. *Global iodine status in 2011 and trends over the past decade. The Journal of Nutrition.* 142(4), 744–750. <https://doi.org/10.3945/jn.111.149393>.

Andersson, M., Takkouche, B., Egli, I., Allen, H.E., de Benoist, B., 2005. Current global iodine status and progress over the last decade towards the elimination of iodine deficiency. *Bull. World Health Organ.* 83(7): 518–525.

Anonim, 2017. TÜİK İstatistik Verileri. <http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istabid=64>. [Ziyaret Tarihi: 21.04.2021].

Aydın, N.Ş., 1989. Mineroloji- Petrografi- Jeokimya ve İnsan Sağlığı Arasındaki Bağlantılar. *Jeoloji Mühendisliği.* 34-35, 18-27s

Aybak, H. Ç., 2002. Salata/Marul Yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., 96 s, İstanbul.

Barutçugil, MB, 2005. Bakırköy Bölgesi Bir İlköğretim Okulu Öğrencilerinde İdrar İyot Atılımı ve Guatr Prevalansı. Uzmanlık Tez, Sağlık Bakanlığı Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul.

Bayraktar, K., 1970. *Sebze Yetiştirme* Cilt II. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 169. S. 111. Bornova- İzmir.

Bayraktar, K. 1973. *Sebze Yetiştirme*. Cilt I.(Kültür Sebzeleri) E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:110. Bornova-İzmir.

Bingham, F.T., Boron. In: Page, AL; Miller, RH; Keeney, D., R (Ed.) 1982. Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties.Madison: American Society of Agronomy, pt.2, cap.25, p.431-447.

Bremner, J.M., 1965. Total Nitrogen. Methods of Soil Analysis, Part 2. Ed.C.A. Black. American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp: 1149-1178.

Bozbiyik, N. K., Özdemir, Y. and Tuncel, B. 2014. ‘Prevention from Iodine Deficiency Disorders and Iodine Analysis Methods in Food’, *Akademik Gıda*, 12(1), pp. 20–1263. Available at: <http://www.academicfoodjournal.com>.

Caffagni, A., Arru, L., Meriggi, P., Milic, J., Perata, P., Pecchioni, N., 2011. Iodine fortification plant screening process and accumulatin in tomato fruits and patato tubers. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 42(6): 706-718.

Çelik, H., Turan, M.A., Aşık, B.B., Katkat, A.V. 2017. Evaluation of analytical methods for boron determination in maize shoots. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(21):2573-2581.

Christe, K. ve Schneider. Stefan (2020, 30 Nisan). İyot. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/iodine>

Clugston GA, Hetzel BS 1994. Iodine. In: *Modern Nutrition in Health and Disease*. 8Eds. Shils EM, Olson JA, Shike M) 8th ed. Lea and Febiger, Philadelphia.

Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F., Yasin S., 2011. Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkisi. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi* 2011,28(1): 56-59.

Dai, J.L., Zhu, Y.G., Zhang, M., Huang, Y.Z., 2004. Selecting iodine-enriched vegetables and the residual effect of iodate application to soil. *Biol. Trace Elem. Res.* 101: 265–276.

Dai, J.L., Zhu, Y.G., Huang, Y.Z., Zhang, M., Song, J.L., 2006. Availability of iodide and iodate to spinach (*spinacia oleracea* l.) in relation to total iodine in soil solution. *Plant Soil.* 289(1): 301–308.

Delange, F., Lecomte, P., 2000. Iodine supplementation: benefits outweigh risks, *Drug Saf.* 22: 89–95.

Daum, D., Lawson, P., Czauderna, R., 2013. Enrichment of field grown butterhead lettuce with iodine by foliar fertilization: effect of application mode and time. XVII. International Plant Nutrition Colloquium. 946-947.

Erbaş, T., 2008. İyot eksikliği ve Guatr.Uluslararası Katılımlı Tıbbi Jeoloji Sempozyumu Kitabı: 94-95s. Ankara.

FAO,2007. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a Guide for Programme Managers (3rd ed.). Geneva, Switzerland.

Fuge, R., 2005. Soil and Iodine deficiency. *Essential of Medical Geology.* (Ed: Selinus, O). Springer Netherlands. Pp: 417-433.

Golob, A., Kroflič, A., Jerše, A., Kacjan Maršič, N., Šircelj, H., Stibilj, V., & Germ, M. 2020. Response of pumpkin to different concentrations and forms of selenium and iodine, and their combinations. *Plants*, 9(7), 899.

Gonzali, S., Kiferle, C. and Perata, P., 2017. Iodine biofortification of crops: agronomic biofortification, metabolic engineering and iodine bioavailability. *Current Opinion in Biotechnology* 2017, 44:16–26.

Günay, A. 2005. Sebze Yetiştiriciliği, *Özel Sebze Yetiştiriciliği*. Cilt 2., 531 s, İzmir.

Haldimann, M., Alt, A., Blanc, A., & Blondeau, K. 2005. Iodine content of food groups. *Journal of food Composition and Analysis*, 18(6), 461-471.

Hanlon, E.A., 1998. Elemental Determination by Atomic Absorption Spectrophotometry, ed. Karla, Y.P., *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*, CRC Pres, Washington, D.C. p.157.

Hong, C.L., Weng, H.X., Qin, Y.C., Yan, A.L., Xie, L.L., 2008. Transfer of iodine from soil to vegetables by applying exogenous iodine. *Agronomy for Sustainable Development* 28: 575-583.

Horneck, D.A., Hanson, D., 1998. Determination of Potassium and Sodium by Flame Emission Spectrophotometry, ed.

Incrocci, L., Carmassi, G., Maggini, R., Poli, C., Saidov, D., Tamburini, C., et al. 2019. Iodine accumulation and tolerance in Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) with green or purple leaves grown in floating system technique. *Front. Plant. Sci.* 10:1–15. doi: 10.3389/fpls.2019.01494

İbrikçi, H., Gülüt, K.Y., Güzel, N., 1994. Gübrelemede Bitki Analiz Teknikleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 95, Ders Kitapları Yayın No:8, S.16-17, Adana.

Jones, J. R., Wolf, B. and Mills, H.A. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro Macro Publishing, Inc.

Johnson, C. C. 2003. The geochemistry of iodine and its application to environmental strategies for reducing the risk from iodine deficiency disorders (IDD). Brit. Geol. Surv., DFID kar project R7411, Report CR/03/057N.

Johnson, C. C., Strutt, M. H., Hmeurras, M., & Mounir, M. 2002. *Iodine in the environment of the high atlas mountain area of Morocco. British geological survey, department for international development, DFID KAR Project R7411 (Vol. 196). Commissioned Report CR/02.*

Kacar, B., İnal, A., 2010. Bitki Analizleri, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Karla, Y.P., 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, CRC Pres, Washington, D.C. p. 157-164.

Katamine, S., Marmiya, Y., Sekimoto, K., 1987. Difference in bioavailability of iodine among iodinerich foods and food colours. *Nutr. Rep. Int.* 35: 289- 292

Kiferle, C., Gonzali, S., Holwerda, H.T., Ibaceta, R.R., Perata, P., 2013. Tomato fruits: a good target for iodine biofortification. *Front. Plant Sci.* 4(205): 10-3389.

Kiferle, C., Martinelli, M., Salzano, A. M., Gonzali, S., Beltrami, S., Salvadori, P. A., ... & Perata, P. 2021. Evidences for a nutritional role of iodine in plants. *Frontiers in plant science*, 12, 7.

Kurtoğlu, S., 1997. İyot problemi sorunu Çözüm ve çözüm yolları. *Türk Pedatr Arşiv* 32: 4-7.

Landini, M., Gonzali, S., Perata, P., 2011. Iodine biofortification in tomato. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 174: 480–486

Lott, W.L., Gallo, J.P., Meaff, J.C., 1956. Leaf Analysis Tecnique in Coffe Research, Ibec. Research Inc. 1-9: 21-24.

Mannar V, Dunn JT. 1995. Salt Iodization for the Elimination of Iodine deficiency.

Medrano-Macías, J., Leija-Martínez, P., González-Morales, S., Juárez-Maldonado, A., and Benavides-Mendoza, A. 2016. Use of iodine to biofortify and promote growth and stress tolerance in crops. *Front. Plant Sci.* 7:1–20. doi: 10.3389/fpls.2016.01146

Mottiar, Y., and Altosaar, I. 2011. Iodine sequestration by amylose to combat iodine deficiency disorders. *Trends Food Sci. Technol.* 22, 335–340. doi: 10.1016/j.tifs.2011.02.007

National Institute for Health and Welfare. Fineli&Finnish Food Composition Database. National Institute for Health and Welfare, Nutrition Unit Based on the Fineli Food Composition Database Release (December 5, 2011). Date of access; March 12, 2013. <http://www.fineli.fi/index.php?lang=en>

Özkan, B., Olgun, H., Ceviz, N., Polat, P., Taysi, S., Orbak, Z., Koşan, C., 2004. Assessment of goiter prevalence, iodine status and thyroid functions in school-age children of rural yusufeli district in eastern turkey. *The Turkish Journal of Pediatrics.* 46: 16-21.

Pearce, E.N., Pino, S., He, X., Bazrafshan, H.R., Lee, S.L., Braverman, L.E., 2004. Sources of dietary iodine: bread, sow's milk and infant formula in boston area. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 89: 3421-3424.

Pekcan, G., 2008. Uluslararası katılımlı tıbbi jeoloji Sempozyumu Kitabı.Yurt Madenciliği Geliştirme Vakfı Yayını. 96-98s

Shetaya, W. H., Young, S. D., Watts, M. J., Ander, E. L., & Bailey, E. H. 2012. Iodine dynamics in soils. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 77, 457-473.

Smoleń, S., & Sady, W. 2012. Influence of iodine form and application method on the effectiveness of iodine biofortification, nitrogen metabolism as well as the content of

mineral nutrients and heavy metals in spinach plants (*Spinacia oleracea* L.). *Scientia horticulturae*, 143, 176-183.

Şenlikoğlu, G., 2015. Organik Materyal İlavesi ve Azotlu Gbre Uygulamalarının Ispanak Bitkisinin (*Spinacia oleracea* L.) Gelişimi ve Nitrat Akmlasyonuna Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.

Thompson B. (edited). 2011. Combating micronutrient deficiencies: Food-based approaches. FAO. p:292-293,

Umaly, R.C., Poel, L.W., 1971. Effects of iodine in various formulations on the growth of barley and pea plants in nutrient solution culture. *Annals of Botany*. 35(1): 127–131.

Ujowundu, C.O., Ukoha, A.I., Agha, C.N., Nwachukwu, N., Igwe, K.O., Kalu, F.N., 2010. Effects of potassium iodate application on the biomass and iodine concentration of selected indigenous nigerian vegetables. *Afr. J. Biotechnol.* 9(42): 7141-7147.

Vitti, P., Rago, T., Aghini-Lombardi, F., Pinchero, A., 2001. Iodine deficiency disorders in europe. *Public Health Nutrition*. 4(2b): 529-535.

Voogt, W., Holwerda, H. T., and Khodabaks, R. 2010. Biofortification of lettuce (*Lactuca sativa* L.) with iodine: the effect of iodine form and concentration in the nutrient solution on growth, development and iodine uptake of lettuce grown in water culture. *J. Sci. Food Agric.* 90, 906–913. doi: 10.1002/jsfa. 3902

Vural, H., Eşiyok D., Duman, İ., 2000. Kltr Sebzeleri Kitabı. Ege Üniversitesi Basım Evi ISBN: 975-97190-0-2, s.95.Bornova, İzmir.

Weng, H.X., Weng, J.K., Yong, W.B., Sun, X.W., Zhong, H., 2003. Capacity and degree of iodine absorbed and enriched by vegetable from soil. *Journal of Environmental Sciences* 15: 107–111.

Weng, H.X., Yan, A.L., Hong, C.L., Qin, Y.C., Pan, L., Xie, L.L., 2009. Biogeochemical transfer and dynamics of iodine in a soilplant system. *Environ. Geochem. Health.* 31: 401–411.

Weng, H., Hong, C., Xia, T., Bao, L., Liu, H., & Li, D. 2013. Iodine biofortification of vegetable plants—An innovative method for iodine supplementation. *Chinese Science Bulletin*, 58(17), 2066-2072.

White, P. J., Broadley, M. R., 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets- iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytol.* 182(1): 49–84.

Whitehead DC. 1973. Sorption of Iodide by Soils as Influenced by Equilibrium Conditions and Soil Properties. *J. Sci. Food Agric.* 24; 547-556.

Whitehead DC. 1973. Studies on Iodine in British Soils. *J. Soil Sci*, 24; 260-270.

Whitehead DC. 1974. The influence of organic matter, chalk and sesquioxides on the solubility of iodide, elemental iodine and iodate incubated with soil. *Soil Sci.* 25; 461-470.

Whitehead DC. 1974. Sorption of Iodide by Soil Components. *J. Sci. Food Agric.* 25; 73-79.

Whitehead DC. 1978. Iodine in soil profiles in relation and aluminium oxides and organic matter. *J. Soil Sci.* 29(1); 88– 94.

Whitehead DC. 1984. The Distribution and Transformation of Iodine in the Environment. *Enviro. Int.* 10; 321-333.

WHO 2004. In *Iodine Status Worldwide* (eds. B. Benoist, et al.). Department of Nutrition for Health and Development, World Health Organization, Geneva.

Winger, R.J., Konig, J., House, D.A., 2008. Technological issues associated with iodine fortification of foods. *Trends Food Sci Technol.* 19(2): 94–101

Yıldız, T. 2018. Kıvırcık Marulda (*Lactuca Sativa* L. Var. *Crispa*) Farklı Gübrelerin Bitki Gelişimi ve Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkisi.Y. *Lisans Tezi.* Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.

Yılmaz, F., Harmankaya, M., Gezgin, S. 2012. The effects of different iron compounds and TKİ-Hümas treatments on iron uptake and growth of spinach. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, 2012 (1): 217-231

Zabunoğlu, S., Hosseini S., Hashemi A.G., Erdal, İ., Eken, D., 1996. İyotun bitki gelişimi ve insan sağlığı bakımından önemi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi.* 6(2): 219-232.

Zhang L, Chen Z, Wang J, Bao J. 2000. Iodine loss from iodinated salt during processing, sale and consumption. *Zhejiang Prev Med* 2000;12(6): 32 – 4.

Zhu, Y. G., Huang, Y. Z., Hu, Y., & Liu, Y. X. 2003. Iodine uptake by spinach (*Spinacia oleracea* L.) plants grown in solution culture: effects of iodine species and solution concentrations. *Environment International*, 29(1), 33-37.

Zimmermann, M. B., Jooste, P. L., & Pandav, C. S. 2008. Iodine-deficiency disorders. *The Lancet*, 372(9645), 1251-1262.

Zimmermann, M. B., 2012. Iodine and Iodine Deficiency Disorders. Present Knowledge in Nutrition. 554-568s. Oxford, UK.

Zimmermann, M. B. 2017. Iodine, in Nutrition and Health in a Developing World. Eds. De Pee, D., Taren, M., and Bloem, S. (Cham: Springer International Publishing), 287–295. doi: 10.1007/978-3-319-43739-2_12

ÖZGEÇMİŞ

Adı, Soyadı : Ezgi KESKİN
Doğum Yeri ve Yılı : Osmangazi/BURSA 06.09.1994
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise : Ertuğrulgazi Lisesi 2008-2012
Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, BURSA. 2013-2017
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, BURSA. 2018-2021
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Perla Fruit Gıda San. ve Tic. A.Ş. 2021-Halen

İletişim (e-posta) : ezgi.keskinn@hotmail.com

Yayımları :

Keskin, E., Kunene, S.S., Çelik, H. 2019. Composting materials used for ornamental plants. Ith. International Ornamental Plants Congress. Bursa Turkey. 9-11 Oct, 2019. Abstract Book p. 294.