T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPRAKTAN VE TOPRAKTAN İYOT UYGULAMALARI İLE ISPANAK BİTKİSİNİN İYOTÇA ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

ALİ DOĞANER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Aralık-2020
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ali DOĞANER tarafından hazırlanan "Yapraktan Ve Topraktan İyot Uygulamaları İle Ispanak Bitkisinin İyotça Zenginleştirilmesi" adlı tez çalışması 17/12/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI	……..
Üye Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA	……..
Üye Doç. Dr. Hasan Hüseyin ÖZAYTEKİN	……..

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından 20201024 nolu proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPRAKTAN VE TOPRAKTAN İYOT UYGULAMALARI İLE ISPANAK BİTKİSİNİN İYOTÇA ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

ALİ DOĞANER

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI

2020, 48 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI
Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA
Doç. Dr. Hasan Hüseyin ÖZAYTEKİN

Bu çalışmada insan sağlığı açısından kritik önem taşıyan iyot uygulanarak ıspanağın (*Spinacia oleracea* L.) iyotça zenginleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda uygulanan iyot dozunun bitki gelişimi üzerindeki etkileri ve bitki iyot içerikleri belirlenmiştir. Deneme, potasyum iyodat (KIO_3) kaynak seçilerek topraktan 4 farklı KIO_3 dozu (0, 10, 20, 40 mg kg^{-1}) ve yapraktan 4 farklı KIO_3 dozu (%0, %0.0025, %0.005, %0.1 KIO_3) olacak şekilde 6 tekerrürlü olarak sera/saksı şartlarında gerçekleştirilmiştir. Hasat işleminden sonra pişirme sonrası iyot kaybını değerlendirmek için ıspanakların bir kısmı pişirilmiş (saf su ile haşlanmış) ve pişmiş bitkiler ile pişirmede kullanılan su örneklenmiştir. Çalışmanın sonunda, gövde kuru ağırlığı, bitki boyu, yaprak boyu, yaprak eni ve iyot içeriği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre uygulanan iyot dozlarına paralel olarak bitki iyot içeriğinin arttığı görülmüştür. Bitkide en yüksek iyot içeriği yapraktan %0.1 KIO_3 uygulamasında görülmüş, buna karşın bitki boyu, yaprak boyu ve yaprak eninde kontrol grubuna oranla azalma meydana gelmiştir. Pişirilmiş bitkilerde de en yüksek iyot içeriği yapraktan %0.1 uygulamasında görülmüştür, fakat pişirme işlemine bağlı olarak çiğ bitkilere oranla iyot içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Pişirmede kullanılan suyun iyot içeriğine bakıldığında bitkilerden suya eser miktarda iyot geçişi olduğu belirlenmiştir ve en yüksek iyot içeriği yapraktan %0.1 uygulaması yapılan bitkilerin pişirildiği suda görülmüştür. Çalışma sonucunda, uygulanan iyot dozu arttıkça bitki dokularında hedeflenen I içeriği artışı gerçekleşirken bitkinin toprak üstü aksamında meydana gelen morfolojik gerilemenin etkisinin ortadan kaldırılması için daha detaylı iyot dozu çalışmaları yapılması gerektiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ispanak, İyot, Pişirme, Potasyum iyodat

ABSTRACT

MS THESIS

Iodine Enrichment of Spinach Plant with Iodine Applications from Leaf and Soil

Ali DOĞANER

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELCUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION DEPARTMENT

Advisor: Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI

2020, 48 Pages

Jury
Advisor Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI
Prof.Dr. Mustafa HARMANKAYA
Assoc.Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZAYTEKİN

In this study, it was aimed to enrich spinach (*Spinacia oleracea* L.) with iodine by applying iodine, which is critical for human health. In this context, the effects of the applied iodine dose on plant growth and plant iodine contents were determined. Potassium iodate (KIO_3) source was applied as 4 different KIO3 doses from the soil (0, 10, 20, 40 mg kg^{-1}) and 4 different KIO_3 doses from the leaves (0%, 0.0025%, 0.005%, 0.1%) as a greenhouse / pot trial. To assess post-cooking iodine loss after harvesting, some of the spinach was cooked (boiled with distilled water) and cooked plant tissues and water used in cooking were sampled. At the end of the study, stem dry weight, plant height, leaf height, leaf width and iodine content were determined. According to the results, it was observed that the iodine content of the plant increased in parallel with the applied iodine dose. The highest iodine content in the plant was observed in the application of 0.1% KIO_3 from the leaf, whereas the plant height, leaf height and leaf width decreased compared to the control group. The highest iodine content in the cooked plants was observed in the application of 0.1% from the leaf, but it was determined that the iodine content decreased compared to the raw plants depending on the cooking process. When the iodine content of the water used in cooking was examined, it was determined that there was a trace amount of iodine coming from the plants to the water, and the high iodine content was observed in the water that the plants were treated with 0.1% from the leaves. Based on the results of the study, it was determined that more detailed iodine dose studies should be carried out since in accordance with the iodine dose applied, morphological deterioration of the aboveground parts of the plants increased significantly while targetted I contents of the plant tissues were also enhanced.

Keywords: Cooking, Iodine, Potassium iodate, Spinach

ÖNSÖZ

Lisansüstü eğitimim boyunca desteğini esirgemeyen, doğru yolu bulmamda yardımcı olan, bilimsel düşünme, akademik çalışma ve bilim ahlakı konusunda ufkumu genişleten danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI' ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimi boyunca bilgi ve engin tecrübesiyle yanımızda olan, bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Sait GEZGİN Hocam'a; sera ve tez aşamasında her zaman yanımda olan, Sayın Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA Hocam'a teşekkür ederim. Laboratuvarımızda bulunan lisansüstü arkadaşlarım Noyan EKEN, Merve İNANÇ, Hatice SÜSLÜ, Yiğiter Rahim TOPBAŞ, Fırat UZUN'a ve burada belirtemediğim tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

20201024 nolu proje ile finansal destek sağlayarak bu tezin sonuca ulaşmasını sağlayan S.Ü. BAP Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Adem KOZAN, Osman AYSAN ve Yalçın COŞARLAR' a teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her anında yanımda olan Annem Müşerref DOĞANER ve kardeşim Furkan DOĞANER'e ve tüm aileme sonsuz teşekkür ederim.

Ali DOĞANER
KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

ÖNSÖZ ..... **v**

İÇİNDEKİLER ..... **vi**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **19**

3.1. Materyal 19
3.1.1. Bitki Materyali 19
3.1.2. Deneme Yeri 19
3.1.3. Denemede Kullanılan Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 19
3.2. Yöntem 21
3.2.1. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi 21
3.2.2. Hasatın Yapılması 22
3.2.3. Bitkileri Pişirme İşlemi 22
3.2.4. Laboratuvar Analizleri 23
3.2.5. İstatistiksel Değerlendirme 24

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **25**

4.1. İyot İçeriği Analiz Sonuçları 25
4.1.1. Bitki Örneklerinin İyot İçeriği Analiz Sonuçları 25
4.1.2. Pişmiş Bitki Örneklerinin İyot İçeriği Analiz Sonuçları 30
4.1.3. Ispanağı Pişirmede Kullanılmış Suyun I İçeriği Analiz Sonuçları 32
4.2. I Uygulamaların Büyüme Parametrelerine Etkisi 34
4.2.1. Bitki Kuru Ağırlığı 34
4.2.2. Bitki Boyu 36
4.2.3. Yaprak Boyu 38
4.2.4. Yaprak Eni 39

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **42**

KAYNAKÇA **45**

ÖZGEÇMİŞ **48**

ŞEKİLLER DİZİNİ

3.1. Bitki Örneklerinde Pişirme (haşlama) İşlemi..... 22

ÇİZELGE DİZİNİ

3.1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri……...20
4.1. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının ıspanağın I içeriğine etkisine ait varyans analiz sonuçları 25
4.2. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamaları ile pişirilmiş ıspanağın I içeriğine ait varyans analiz sonuçları 31
4.3. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamaları ile pişirmede kullanılan suyun I içeriğine ait varyans analiz sonuçları 32
4.4. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamaların bitkide, pişirilmiş bitkide ve pişirmede kullanılan suda iyot içeriğinin değişimi (%) 33
4.5. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının bitki kuru ağırlığına (g) ait varyans analiz sonuçları 34
4.6. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının bitki boyuna (cm) ait varyans analiz sonuçları 37
4.7. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının yaprak boyuna (cm) ait varyans analiz sonuçları 38
4.8. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının yaprak enine (cm) ait varyans analiz sonuçları 39
4.9. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamaların bitki büyüme parametrelerinde meydana getirdiği değişimlerin yüzde (%) değerleri 41

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
>	: Büyüktür
<	: Küçüktür
~	: Yaklaşık
^0C	: Santigrat Derece
B	: Bor
Ca	: Kalsiyum
CaO	: Kalsiyum oksit
Co	: Kobalt
Fe	: Demir
Fe-EDTA	: Demir Edta
HCl	: Hidroklorik Asit
I	: İyot
I^-	: İyodür
IO_3^-	: İyodat
K	: Potasyum
KI	: Potasyum İyodür
KIO_3	: Potasyum İyodat
K_2O	: Potasyum Oksit
K_2SO_4	: Potasyum Sülfat
Mg	: Magnezyum
MgO	: Magnezyum Oksit
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
N	: Azot
Na_2SeO_3	: Sodyum Selenit
Na_2SeO_4	: Sodyum Selenat
NH_4	: Amonyum
NO_3	: Nitrat
P	: Fosfor
P_2O_5	: Fosfor Pentaoksit
Se:	: Selenyum
Zn	: Çinko
$ZnSO_4.7H_2O$	: Çinko Sülfat 7 sulu

Kısaltmalar

±	: Artı eksi
µg	: Mikrogram
µg $100g^{-1}$	: Mikrogram/100gram
µg L^{-1}	: Mikro gram/Litre
µM	: Mikro molar
µmol L^{-1}	: Mikromol/Litre
Cm	: Santimetre
DAP	: Diamonyum Fosfat
Dk	: Dakika
dm^{-3}	: Desimetreküp
FKA	: Fırın Kuru Ağırlık
G	: Gram
g cm^{-3}	: Gram/Santimetreküp
g kg^{-1}	: Gram/Kilogram
g mol^{-1}	: Gram/mol
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer
IDD	: İyot eksikliği bozuklukları
Kg ha^{-1}	: Kilogram/Hektar
M	: Molar
mg dm^{-3}	: Miligram/Desimetreküp
mg kg^{-1} (ppm)	: Milyonda bir
mg L^{-1}	: Miligram/Litre
mg m^{-2}	: Miligram/Metrakare
mM	: Milimolar
Ppb	: Milyarda bir
Rpm	: 1 dakikadaki devir sayısı
UI	: Uluslararası idrar iyot verileri
w/V	: Ağırlık/Hacim
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

İyot (I) periyodik cetvelin VIII A grubunda yer alan, halojenler ailesinde bulunan, insan ve hayvan sağlığı açısından kritik öneme sahip bir elementtir. I'un diyet yoluyla yetersiz alımı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki her yaştan insanı etkileyen bir dizi sağlık sorunlarına yol açabilir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) insan sağlığını 'sadece hastalık veya sakatlığın olmaması değil, zihinsel, fiziksel ve sosyal açıdan tam bir iyilik hali' olarak tanımlamaktadır. WHO'nun bu tanımlaması insan sağlığının sadece tıp biliminin ilgi alanında değil çemberin daha geniş çizgilerinde temel gıda maddelerinin üretimini de kapsadığını belirtmektedir.

İyot Küresel Ağı ve Dünya Sağlık Örgütü' ne göre sağlıklı insanların günlük tüketmesi gereken I miktarları;

- 0-6 yaş arasında 90 µg,
- 7-12 yaş arasında 120 µg,
- 12 yaş üzerinde 150 µg,
- hamile ve emziren kadınlarda 250 µg şeklindedir (Organization, 2007).

İnsanlarda I eksikliği, iyot tüketiminin önerilen seviyelerin altına düştüğünde ve tiroid bezinin artık yeterli miktarda tiroid hormonu sentezleyemediğinde ortaya çıkar. Ortaya çıkan guatr yaşamın herhangi bir aşamasında kendini gösterebilir, ancak iyot eksikliğinin en yıkıcı sonuçları fetal gelişim ve ölü doğum, düşükler ve çocukluk döneminde zayıf büyüme ile ortaya çıkar. Her ne kadar kretinizm (tiroid hormonu yetersizliği) en uç nokta olsada, daha büyük öneme sahip olan okul çağı çocuklarında öğrenme güçlüğüne, azalan entellektüel yeteneğe ve bozulmuş çalışma kapasitesine yol açabilir. I eksikliği, insanlarda önlenebilir beyin hasarının en büyük nedenidir ve bu gerçek, yetersiz I tüketimini ortadan kaldırmak için dünya çapındaki mevcut gayretlerin önemini arttırmaktadır.

Yetersiz I tüketiminin önüne geçebilmek için tuz iyotlaştırma mevzuatları uygulanmaktadır. Her ne kadar birçok ülkede tuz iyotlaştırma mevzuatları olsada yetersiz I tüketimi dünya nüfusunun %35' i için hala ciddi bir risk oluşturmaktadır (Pearce ve ark., 2004).

Gıda işlemede iyotlu tuz kullanımı halen yaygın bir uygulama olmakla birlikte gıda depolama, taşıma veya pişirme sırasında iyotun uçucu bir element olmasından dolayı

iyot kaybı fazla olmaktadır. Ayrıca, birçok ülke tarafından benimsenen politikalar, hipertansiyon ve kalp hastalıklarını önlemek için tuz tüketimini azaltmayı amaçlamaktadır (Zimmermann ve Andersson, 2012). Bundan dolayı Dünya çapında birçok insan tansiyon, kolesterol ve kalp hastalıkları gibi rahatsızlıklardan dolayı günlük diyetlerinden tuzu neredeyse tamamen çıkarmışlardır.

Mevcut I'lu tuz uygulaması ve tuz tüketiminin farklı sağlık nedenleri ile azaltılmasını teşvik eden çalışmalar ile ortaya çıkan çelişkili durum ve de pişirme esnasında meydana gelen I kaybı dolayısıyla (Caffagni ve ark., 2012) yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Son yıllarda, dünya çapında tuz iyotlaştırmasından istenilen sonuç alınamadığı için alternatif bir yol olarak, üretimi ve tüketimi fazla olan bitkilerin (özellikle sebzelerin) iyotça zenginleştirilmesi, bu elementin insan beslenmesinde kullanılmasında alternatif bir yol olarak düşünülmüştür (Strzetelski, 2005; Yang ve ark., 2007; White ve Broadley, 2009; Zhao ve McGrath, 2009).

I insanlar ve hayvanlar için kritik önem taşıyan bir element olmasına rağmen bitkiler için mutlak gerekli bir besin elementi değildir (Mackowiak ve Grossl, 1999; Smoleń ve Sady, 2011) ve I'un bitki gelişimi üzerine etkileri tam olarak belirlenememiştir. İyotun jeokimyasal döngüsü bu elementi okyanuslarda yoğunlaştırmışt bu durum okyanus ürünlerinin (balık, kabuklu deniz canlıları vb.) iyotça zengin olduğunu göstermiştir. (Fuge ve Johnson, 2015). I'un genel olarak okyanuslarda yoğunlaşmış olmasından dolayı okyanuslara uzak iç topraklarda ve tatlı yeraltı sularının çok büyük bir kısmında insanların günlük ihtiyacını karşılayabilecek seviyede I yoktur. Bundan dolayı birçok insan yaşadığı coğrafyadan dolayı günlük iyot ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bu mevcut durum karasal kesimlerdeki insanların diyetlerine yeterince I ilave edebilmeleri için dışardan I takviyesini zorunlu kılmaktadır.

Daha önce yapılan çeşitli çalışmalar bitkilerin iyot içeriği bakımından zenginleştirilebileceğini göstermiştir. Bunun yanında herhangi bir işleme (gıda işleme veya pişirme vb.) tabi olmadan doğrudan yaprağı tüketilebilen sebzelerin I içeriğini artırma düşüncesi gün geçtikçe güç kazanmaktadır. Topraktan, yapraktan veya topraksız kültürde doğrudan kök bölgesine yapılan I uygulamalarını içeren çalışmalar bitkilerin I

biriktirebildiğini göstermiştir. Elde edilen sonuçlarda I'un çoğunlukla bitki yapraklarında depolandığı belirtilmiştir.

Bu çalışmada, çiğ veya farklı şekillerde pişirilerek tüketilebilen ıspanağın (*Spinacia oleracea* L.) iyotça zenginleştirilmesi amacıyla topraktan ve yapraktan iyot uygulaması yapılmıştır. Topraktan iyot uygulaması ekim anında, yapraktan iyot uygulamaları ise püskürtme yöntemiyle hasattan 4 hafta önce ve hasattan 2 hafta önce yapılmıştır. Bu kapsamda yaşadığı coğrafyadan veya beslenme alışkanlıklarından dolayı I noksan beslenen insanların günlük tüketmesi gereken I miktarını yakalayabilmesine katkı sağlamak hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

İnsanların günlük tüketmesi gereken iyot miktarı ile ilgili olarak; uluslararası idrar iyot verilerine (UI) göre, 100 ila 199 µg L^{-1} I alımı günlük tüketim için önerilen miktar, 200 ila 299 µg L^{-1} I alımı fazlasıyla yeterli ve 300 µg L^{-1} 'nin üzerindeki iyot alımı da aşırı olarak kabul etmektedir. Popülasyonların iyot beslenmesi UI'ne göre şu şekilde sınıflandırılır;

- <20 µg L^{-1} şiddetli eksiklik,
- 20 ila 49 µg L^{-1} orta düzeyde eksiklik,
- 50 ila 99 µg L^{-1} hafif eksiklik,
- 100 ila 199 µg L^{-1} optimum,
- 200 ila 299 µg L^{-1} duyarlı gruplarda iyot kaynaklı hipertiroidizm riski,
- ≥ 300 µg L^{-1} olumsuz sağlık sonuçları riski oluşturmaktadır (De Benoist ve ark., 2008).

Türkiye'de 1960'larda özellikle Karadeniz bölgesinin endemik guatr bölgesi olarak belirlenmesinden sonra I eksikliğini giderme konusunda WHO ile birlikte çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, Türkiye'de 1998 yılında iyotlu sofra tuzu üretimi zorunlu hale getirilmiştir. Dilek ve Tütüncüler (2016)'in gerçekleştirmiş olduğu ve 30 ili kapsayan bu çalışmada, ağır ve orta düzeyde iyot eksikliği 1997 yılında %58 iken, 2008 yılında %28.2 olarak saptanmıştır. Bunun yanında 20 ilde günlük iyot tüketim düzeyinin ise yeterli olduğu belirlenmiştir. Ancak, dünyada ve Türkiye'de iyot eksikliği azalmış olmakla birlikte, hala önemli bir halk sağlığı sorunu olarak önemini sürdürmektedir.

Dünya genelinde 2 milyar kişinin yetersiz iyot alımına sahip olduğu bilinmektedir. Özelikle, Güney Asya ve Orta Afrika toplumları bu eksiklikten önemli düzeyde etkilenmiştir. İyot eksikliğinin büyüme ve gelişme üzerine birçok olumsuz etkisi vardır. Bu etkilerin tiroid hormonunun yetersiz üretiminden kaynaklanmakta olduğu ve iyot eksikliği bozuklukları (IDD) olarak adlandırıldığı bilinmektedir. İyot eksikliği, dünya çapında önlenebilir zihinsel bozulmanın en yaygın nedenlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Değerlendirme yöntemleri arasında idrarda iyot konsantrasyonu, guatr, yenidoğan tiroid uyarıcı hormonu ve kan tiroglobulini bulunur. Neredeyse tüm ülkelerde, iyot eksikliğini kontrol etmek için en iyi strateji, ekonomik ve sosyal kalkınmaya katkıda bulunmanın en uygun maliyetli yollarından biri olan tuzun

iyotlaştırılmasıdır. Tuzun iyotlanmasının mümkün olmadığı durumlarda duyarlı insan gruplarına iyot takviyeleri verilebilir. İyotlu tuzun kontrolsüz olarak kronik iyot eksikliği bozuklukları yaşanan bölgelere sokulması, tiroid bozukluklarının oranını geçici olarak artırabilir, ancak genel olarak küçük iyot fazlalığı riskleri, iyot eksikliği risklerinden çok daha önemsiz görülmektedir. İyot eksikliği bozukluklarını kontrol etme konusundaki uluslararası çabalar yetersiz kalmaktadır ve dünya nüfusunun I eksikliği yaşayan üçte birlik kısmına ulaşmakta büyük zorluklar oluşturmaktadır (Zimmermann ve ark., 2008).

Çin'de iyot eksikliğinin zihinsel engelli vakaların yaklaşık %80'inin nedenini oluşturduğu tahmin edilmektedir. IDD'nin insan sağlığı risk faktörü göz önüne alındığında, diyetlerde iyot takviyesi kesinlikle dünyanın karşı karşıya olduğu çok önemli bir halk sağlığı sorunudur (Weng ve ark., 2013).

Tuz iyotlaştırma yaklaşımları ile birçok rahatsızlığın nedeni olduğu bilinen tuz kullanımını azaltmayı hedefleyen girişimler arasındaki zıtlıktan dolayı, I tüketiminde yeterli netice alınamamıştır ve alternatif arayışlar gündeme gelmektedir. Etkili bir çözüm olarak son yıllarda bitkilerin doğrudan kendilerine zenginleştirme yapma hedefi doğrultusunda yapılan çeşitli çalışmalar ile alınan olumlu sonuçlar neticesinde bu yaklaşımın benimsenmesi güç kazanmaya başlamıştır.

I'un insan ve hayvan sağlığı için temel bir besin maddesi olduğu iyi bilinmektedir. Birçok çalışma bitkilerin yenilebilir kısımlarında I biriktirebildiğini göstermesine rağmen, bitkiler için mutlak gerekli bir element olduğuna dair kanıta rastlanmamıştır (Mackowiak ve Grossl, 1999; Zhu ve ark., 2003; Dai ve ark., 2004).

Whitehead (1973), iyotla ilgili olarak bitki kökleri tarafından alınmadan önce iyodatın (IO_3) elektrokimyasal veya biyolojik olarak iyodüre (I^-) indirgendiğini bildirmiştir.

Toprak ve çözelti kültür sistemleri arasında bitkiler tarafından spesifik iyot zenginleştirilmesinin tutarsızlığı çeşitli nedenlerden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Toprakta yetişen bitkiler tarafından iyot alımı, esasen topraklarda adsorpsiyon-desorpsiyon süreçleri tarafından yönetilen iyotun bulunmasına bağlıdır. Bununla birlikte, buradan elde edilen sonuçlar, iyodür ile muamele edilmiş toprak çözeltisindeki iyot konsantrasyonlarının, genellikle iyodat ile muamele edilenlerden daha düşük olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, iyodür ve iyodat ile beslenen ıspanak bitkilerinin iyot

alımındaki fark, toprak çözeltisindeki iyot konsantrasyonları farkı ile açıklanabilir. Bitkilerin iyodürü daha kolay biriktirebilmesine rağmen, topraktaki iyodürün, ıspanak bitkileri tarafından iyot birikimindeki tutarsızlığa katkıda bulunabilecek buharlaşma yoluyla kaybedilebileceğini göstermiştir. Bu bilgiye dayanarak iyodür yerine iyodat içeren gübre uygulaması önerilmektedir (Dai ve ark., 2006).

İyot, bitkiler için mutlak gerekli olmayan bir elementtir, ancak üzerinde çalışılmış tüm bitkilerin onu topraktan alabildikleri gözlenmiştir. Toprağın iyotu depolama kapasitesi iyot gübrelemesi için çok önemlidir. Humus ve kil topraklarında iyot, organik madde, alüminyum ve demir oksitler ile sabitlenir. Bu nedenle, bu topraklarda yetişen bitkiler düşük bir iyot içeriğine sahiptir (Jopke ve ark., 1996).

Mackowiak ve Grossl (1999), yapmış oldukları çalışmada topraksız tarım kültüründe çeltikte (*Oryza sativa* L.) iyodür ve iyodatın etkilerini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında fideler besleyici çözelti içeren 48 L'lik havalandırmalı küvetlere dikilmiştir. Besleyici çözelti günlük takip edilmiş ve belli bir seviyenin altına indiğinde çözelti tamamlanmıştır. Dikimden 26 gün sonra 0, 1, 10, 100 µM I^- ve IO_3^- dozları besleyici çözeltiye dahil edilmiş ve besleyici çözelti önceden belirlenen seviyenin altına indiğinde bu iyot dozlarında da eklenen tamamlayıcı çözeltinin bir parçası olarak eklenmeye devam edilmiştir. Hasat işleminin sırasıyla 46, 77 ve 113. günde yapıldığı belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 113. günde hasat edilen bitkilerin yapraklarının bitki başına kuru biyokütlesinin I^- uygulamalarında kontrol grubuna oranla tüm uygulamalarda düştüğünü belirtmişlerdir (artan dozlarda sırasıyla 6.2 g, 6 g, 3.5 g, 0.9 g). IO_3^- uygulamalarında ise 1 µM I dozunun yaprak kuru ağırlığını kontrol grubuna oranla artırdığını artan dozlarda ise yaprak kuru ağırlığının düştüğünü belirtmişlerdir (artan dozlarda sırasıyla 6.2 g, 7 g, 5.9 g, 5.2 g). 100 µM I^- uygulanmış bitkilerin hiç tohum oluşturamadıkları gözlenmiştir. I dozu ve I'a maruz kalma süresinin artması ile verimde istatistiki olarak önemli düzeyde azalma olduğu belirtilmiştir.

Altınok ve ark. (2003), yapmış oldukları çalışmada; iyotun farklı konsantrasyonlarının ve uygulama metotlarının yonca (*Medicago sativa* L.) yem verimine etkisini değerlendirmişlerdir. İlk deneme yılında (1998) potasyum iyodür (KI) konsantrasyonları 0, 1, 1.5 ve 2 kg ha^{-1} olmak üzere tohum ekme işleminden hemen sonra toz halde, ikinci yılda (1999) ise aynı iyot dozlarını ilk hasattan 2 hafta önce yapraktan püskürtme şeklinde uygulamışlardır. Çalışmanın sonucuna göre, yoncanın iyotu

biriktirebildiği (0.09 mg I kg^{-1} ile 2.01 mg I kg^{-1} arasında) belirtilmiştir. Bitki boyunun ilk yıl uygulamalarında kontrol grubuna oranla tüm uygulardа arttığı ve en yüksek dozda (2 kg KI ha^{-1}) en yüksek değere (53 cm) ulaştığı gözlenmiştir (ilk yıl 48-53 cm arasında, 2. yılda 76-80 cm arasında). 1999 yılında yapılan 3. hasatta kuru madde miktarları artan dozlarda sırasıyla 3050, 2863, 3187, 3340 kg ha^{-1} olarak değiştiği, 1999 yılının 4. hasatında ise kuru madde miktarlarının artan dozlarda sırasıyla 1917, 2267, 2473, 2677 kg ha^{-1} olarak değiştiği belirtilmiştir. Ayrıca, artan iyot dozlarına paralel olarak bitkilerdeki iyot içeriklerinin arttığı ve yaprak gübrelemesinin daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Zhu ve ark. (2003), yaptıkları çalışmada; iyot türlerinin ve çözelti konsantrasyonlarının ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) tarafından iyot alımı üzerindeki etkilerini araştırmak için topraksız kültürde bir deneme gerçekleştirmişlerdir. İyodür (I^-) ve iyodat (IO_3^-) için beş iyot konsantrasyonu (0, 1, 10, 50 ve 100 µM) kullanılmıştır. Sonuç olarak bitki bünyesinde iyot konsantrasyonunun IO_3^- uygulamalarında artan dozlarda sırasıyla 3.01, 14.72, 24.49, 28.02 mg I kg^{-1}; I^- uygulamalarında ise artan dozlarda sırasıyla 1.81, 24.67, 119.83, 263.43 mg I kg^{-1} olduğunu belirtmişlerdir. I^- için 10 µM ve daha yüksek dozların bitki büyümesi üzerinde bazı zararlı etkilere sahip olduğunu ve elde edilen sonuçlara göre IO_3^- uygulamasının ise ıspanak bitkilerinin biyokütle üretimi üzerinde istatistiki olarak önemsiz düzeyde etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Başka bir çalışmada ise sera şartlarında Çin lahanası (*Brassica chinensis* L.), ıspanak (*Spinacia oleracea* L.), soğan (*Allium cepa* L.), su ıspanağı (*Ipomoea aquatica* Forssk.), kereviz (*Apium graveolens* L.) ve havuçta (*Daucus carota* L.) iyodat gübrelemesinin bitkilerin büyümesi ve iyot alımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, uygulama öncesi 0.88 mg kg^{-1} I içeren deneme toprağına 0 mg kg^{-1}, 1 mg kg^{-1}, 5 mg kg^{-1} dozlarında KIO_3 uygulanmıştır. Bu çalışmada, farklı bitki türlerinin topraktaki artan iyota farklı tepki verdiği görülmüş, araştırmacılar uygulanan iyot dozu arttıkça bitki iyot içeriklerinin artmış olduğunu ve en yüksek I içeriğinin ıspanakta (kontrolde 0.09 mg I kg^{-1}, 5 mg I kg^{-1} dozunda 50 mg kg^{-1}) olduğunu belirtmişlerdir. Topraktaki iyodat konsantrasyonlarının Çin lahanası ve ıspanağın yenilebilir kısımlarının biyokütlesi üzerinde istatistiki olarak önemli bir etkiye sahip olduğu ($p<0.01$), topraktaki iyodat konsantrasyonlarının havuç, su ıspanağı, kereviz ve soğanın yenilebilir kısımları üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Sebze

mahsullerini biyolojik olarak güçlendirmek için toprağa iyot uygulaması kullanılıyorsa, makul mahsül verimini korumak için toprağa aşırı iyot uygulamasından kaçınılması gerektiği belirtilmiştir (Dai ve ark., 2004).

Toprak çözeltisindeki toplam iyot konsantrasyonu ile ilişkili olarak toprakta yetiştirilen ıspanakta (*Spinacia oleracea* L.) iyodür ve iyodatın mevcudiyetini araştırmak için bir sera saksı deneyi gerçekleştirilmiştir. İyodür (I^-) ve iyodat (IO_3^-) için dört iyot konsantrasyonu (0, 0.5, 1, 2 mg kg^{-1}) kullanılmıştır. Sonuçlar, ıspanağın biyokütle üretiminin toprağa iyodat ve iyodür ilavesinden önemli ölçüde etkilenmediğini ve ıspanak yapraklarında iyot ilavesinin artmasıyla taze ağırlık bazında iyot konsantrasyonlarının 0.06±0.01 mg kg^{-1}'den 8.24±0.65 mg kg^{-1}' a arttığını göstermiştir (Dai ve ark., 2006).

Blasco ve ark. (2008), su kültüründe marulda yaptıkları çalışma ile uygulanacak iyotun sınır değerlerini ve iyotun antioksidan kapasitesine etkisini araştırmışlardır. Çimlenmeden 45 gün sonra I^- formunda KI kaynak seçilerek 0, 10, 20, 40, 80, 120, 160 ve 240 µmol L^{-1} ve IO_3^- formunda KIO_3 kaynak seçilerek 0, 10, 20, 40, 80, 120, 160 ve 240 µmol L^{-1} dozlarında uygulama yapılmıştır. Elde ettikleri sonuçlarda uygulanan kaynaklara göre bitki kuru ağırlığı kıyaslandığında IO_3^- uygulamalarında artan dozlarda sırasıyla 3.02, 3.81, 3.75, 3.55, 3.37, 4.30, 3.34, 3.11 mg kg^{-1}, I^- için 3.02, 3.04, 2.85, 2.98, 2.34, 2.47, 1.99, 1.92 mg kg^{-1} sıralamasında değiştiği belirtilmiştir. IO_3^-'ün bitki kuru ağırlığını kontrol grubuna oranla 120 µM dozuna kadar olumlu etkilediği, I^-'ın ise 10 µM dozunun üstünde azalmalara neden olduğu görülmüştür. I^- uygulamalarında bitki I içeriğinin sadece 120 µM dozunda artan dozlara bağlı olarak I artışına ters düştüğü bunun dışında diğer tüm uygulamalarda kontrol grubuna oranla I içeriğinin arttığı belirtilmiştir. IO_3^- uygulamalarında ise bitki I içeriğinin kontrol grubuna oranla 120 µM dozuna kadar artan dozlara paralel şekilde arttığı daha yüksek dozlarda ise 120 µM dozuna oranla azalma eğiliminde düzensiz değişim olduğunu belirtmişlerdir. Tüm sonuçlara ek olarak uygulamalardan sonra bitkilerde antioksidan bileşiklerde önemli oranda artış olduğu belirtilmiştir.

Szwonek (2009) yaptığı çalışmada iyot içeren yaprak gübrelerinin "Golden Delicious" çeşidi elma ağaçlarına etkisini incelemiştir. Çalışma 9 yaşındaki ağaçlar üzerinde yürütülmüştür. Deneme, her birinde beş ağaç olmak üzere dört tekerrür ile tesadüf parselleri deneme deseni kullanılarak yapılmıştır. Gübreleme yapraktan püskürterek 2 kez tekrarlanmıştır. Yapraktan püskürtme ile uygulanan gübre içeriği; %

olarak N: 0.85-1.5, P: 0.9-1.5, K: 0.82-1.5 CaO: 0.4-2.0, MgO: 0.25-2.0, Fe: 0.08-0.2, Mn: 0.002-0.05, Cu: 0.008-0.01, Zn: 0.002- 0.01, Co: 0.002-0.005, Mo: 0.002-0.005, B: 0.008-0.01 seviyesindedir. İyot içeriği ise 1.50-2.40 mg L^{-1} (1. uygulamada) ve 3.00-4.80 mg L^{-1} (2. Uygulamada) seviyesinde yapraktan püskürtme ile uygulanmıştır. Su püskürtülen ağaçlar kontrol grubunu oluştururken ilk gübreleme (600 L ha^{-1} su ile seyreltilmiş 5 L ha^{-1}) %10-15 çiçek tomurcukları geliştikten sonra, ikincisi aynı oranda (iyot içeriği 2 kat daha yüksek) yaklaşık %80 çiçek geliştikten sonra uygulanmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre normal ve iki kat iyodür konsantrasyonunda uygulanan kombine yaprak gübresi dikkate alındığında, yürütülen deneme elma ağaçları üzerindeki olumlu etkilerini göstermiştir. Ağaçlarda kontrol grubuna kıyasla, daha iyi meyve verimi ve meyve tutumu görülmüş ve ayrıca toplam meyve veriminde de yaklaşık %61-71 oranında artış saptanmıştır. Kombine yaprak gübresinin pazarlanabilir Golden Delicious elma üretimi üzerindeki karlı etkisinin altı çizilmiştir. Araştırmacılar aynı zamanda, iyot içeren gübrenin elma meyvelerinin sertliği ve çözünür katıları üzerindeki olumlu etkisini de belirtmişlerdir.

Ujowundu ve ark. (2010) yaptıkları çalışma ile sulama suyuna 0, 10, 40, 80 ug L^{-1} KIO_3 ilave ederek yaygın olarak tüketilen sebzelerde (oluklu kabak, sakız kabağı, sarmaşık dalı) iyot seviyesini artırmayı amaçlamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; oluklu kabak bitkisindeki iyot konsantrasyonu 4 hafta içinde 89.02±0.31 ile 140.36±1.08 µg $100g^{-1}$ aralığında ve 6 hafta sonucunda 102.86±0.60 ile 115.89±0.05 µg $100g^{-1}$ arasında artış göstermiştir. Sakız kabağındaki iyot konsantrasyonları 4 haftada 60.879±0.32 ile 76.786±0.16 µg $100g^{-1}$ 4 ve 6 haftada 62.078±0.09 ile 107.679±0.24 µg $100g^{-1}$ arasında artmıştır. Sarmaşık dalındaki iyot konsantrasyonu artışının ise 4 haftada 61.59±0.24 ile 73.41±0.83 µg $100g^{-1}$, 6 haftada 62.06±0.09 ile 96.25±0.025 µg $100g^{-1}$ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Uygulamaların sebzelerin kuru biyokütlesi üzerindeki önemli olmayan etkilerinin, KIO_3 uygulamasının fotosentetik süreçler ve diğer önemli minerallerin alımını etkilemediğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak iyot zenginleştirme çalışmaları ile toprağa iyot ilavesinin sebzelerin iyot alınımını artırdığını gözlemişlerdir. Basit teknoloji gerektirdiğinden, sulama suyunun iyotlaştırılması fikrinin, iyot takviyesi için avantajlı ve düşük maliyetli bir yöntem olduğu belirtilmiştir.

Caffagni ve ark. (2011), buğday (*Triticum aestivum* L.), arpa (*Hordeum vulgare* L.), mısır (*Zea mays* L.), tütün (*Nicotiana tabacum* L.), patates (*Solanum tuberosum* L.) ve domatese (*Solanum lycopersicum* L.) iki farklı kimyasal iyot formu olan potasyum

iyodür (KI) ve potasyum iyodat (KIO_3) kullanarak, iyot absorbsiyonunun etkilerini belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. Saksılara ağırlık/hacim (w/V) esasına göre %0.05 ve %0.1 KIO_3 ile %0.05, %0.1, %0.2, %0.5 (KI) uygulanmıştır. İyot eklendikten sonra bitki büyümesi üzerinde olumsuz etkisi gözlenmiş, bitki yaş ağırlıklarında azalma meydana gelmiştir. Bitkilerin kök bölgesinde potasyum iyodatın yüksek seviyelerini potasyum iyodüre göre daha iyi tolere ettiği belirtilmiştir. İyot toksisitesinden dolayı, yetiştirilen türler arasında, en düşük biyokütle azalmasının arpa (*Hordeum vulgare* L.) bitkisinde en yüksek biyokütle azalması ise mısır (*Zea mays* L.) ve tütün (*Nicotiana tabacum* L.) bitkisinde olduğu belirtilmiştir. Yetiştirilen patates ve domateslere %0.05 potasyum iyodür uygulamasında sırasıyla taze ağırlıkta 272 ve 527 μg $100g^{-1}$ I absorbe ettikleri belirtilmiştir. Aynı bitkilere iyodat uygulandığında ise taze ağırlıkta sırasıyla 1.875 ve 3.900 μg $100g^{-1}$ I absorbe ettikleri görülmüştür. Tüm bitki kısımları incelendiğinde; iyodürün, iyodattan daha fazla biriktiği belirlenmiştir. Bu birikim değerleri patates yumruları ve domates meyvesindeki iyot konsantrasyonlarında; iyodür için %0.05'ten daha fazla ve iyodat için de sırasıyla %0.2 ve %0.1 oranlarında bir azalma göstermiştir. Birikim etkinliği açısından kıyaslandığında ise domatesin meyvesinin patates yumrusundan daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir.

Landini ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada topraksız kültürde uygulama ile domatesin aldığı iyotun ne kadarını meyveye taşıdığını belirlemeye çalışmışlardır. Bu kapsamda iyotun domates dokularında taşınması ve biriktirilmesini tespit etmek için 5, 10 ve 20 mM dozlarında radyoaktif iyot kullanmışlardır. Uygulanan doz arttıkça iyot içeriği de artmıştır. Yaş ağırlık bazında 5 mM dozunda 3000 mg I kg^{-1},10 mM dozunda 5000 mg I kg^{-1}, 20 mM dozunda 9000 mg I kg^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre su kültürü yetiştiriciliğinde bitkilerin iyotu kökleri ile alabildiği, ayrıca uygulanan iyotun büyük çoğunluğunun floem boruları ile taşındığı ve yapraklarda biriktirildiği belirlenmiştir. Ayrıca domatesin iyot konsantrasyonu fazlalığına karşı yüksek derecede tolerans gösterebileceği sonucuna varmışlardır. Yapılacak 5 mM iyot uygulamasının yetişkinlerin günlük alması gereken iyot miktarı olan 150 μg iyot ihtiyacını fazlasıyla karşılayabileceği öngörülmüştür.

Smoleń ve Sady (2011), ıspanakta yaptıkları bir çalışmada; ekim öncesi iyot gübrelemesi (KI şeklinde) ve toprağa sükroz uygulaması ile çeşitli kombinasyonları denemede kullanmışlardır. Çalışmada; kontrol, 1 mg I dm^{-3}, 2 mg I dm^{-3}, 1 mg I + 1 g sükroz dm^{-3}, 2 mg I + 1 g sükroz dm^{-3} uygulaması yapılmıştır. Ispanak örneklerinde ve

ekim sonrası toprakta şu içerikler: P, K, Mg, Ca, S, Na, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Al, Ba, Cd, Ce, Co, Cr ve La, ICP-OES cihazında, Cl nefelometrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. İyot sinerjistik olarak Mg, Na ve Ce'nin yanı sıra Fe alımını (sadece daha yüksek iyot dozları durumunda Fe için) iyileştirirken ıspanak bitkilerinin Cr alımını antagonistik olarak etkilediği gözlenmiştir. İyotun 2 mg dm^{-3} dozunda toprağa uygulanmasından sonra, ıspanak bitkilerinde kontrole göre daha düşük P, S, Cu ve Ba konsantrasyonunun yanında daha yüksek Na, Fe, Zn ve Al birikimi gözlenmiştir.

Caffagni ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada erik (*Prunus domestica* L.), nektarin (*Prunus persica* L.), domates (*Solanum lycopersicum* L.) ve patatesin (*Solanum tuberosum* L.) yenilebilir kısımlarında iyot alınımı ve birikimini araştırmışlardır. İki farklı iyot uygulaması (topraktan ve yapraktan püskürtme ile gübre uygulaması) ve taze domates için 2 üretim sistemi (tarla ve hidroponik sistem) denenmiştir. Açık alan denemeleri için uygulama dozları topraktan 90 g KI kg^{-1}, yapraktan 25 g KI L^{-1} püskürtme ile uygulanmıştır. Domatesin hidroponik sistem denemesinde 1, 2, 5 mM KI uygulanmıştır. Patatesin kök ve yapraklarında, domates meyvesinde, erik ve nektarin ağacının meyve, kök ve dallarında iyodun dağılımı incelenmiştir. İyot birikiminde ürünler, uygulamalar ve üretim sistemleri arasında farklılıklar bulunmuştur. Açık alan denemelerinde maksimum I içeriği sırasıyla erik ve nektarin meyvesinde 9,5 ile 14,3 µg $100g^{-1}$, domates ve patateste ise 89,4 ve 144,0 µg $100g^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, yenilebilir kısımları karşılaştırıldığında nektarin ve erik ağaçlarında domates ve patatese göre daha az I birikimi olmuştur. Ayrıca, sonuçlar domateste en verimli iyot alınımının hidroponik kültürde olduğunu göstermiştir (açık alan denemelerinde yapraktan püskürtme ile en yüksek I içeriği 94.6 g I $100g^{-1}$ (yaş ağırlık bazında), hidroponik kültürde 5mM I dozunda 2423 g I $100g^{-1}$ (yaş ağırlık bazında)). Bütün türlerde iyot çoğunlukla yapraklarda depolanmıştır. İyotun sadece az miktarı eriğin dal ve meyvesine, patatesin ise kök ve yumrusuna taşınmıştır. Domates ve patates kabuk soyma işleminden sonra iyot içeriklerinde farklılık görülmemiştir. Pişirme denemelerinde patatesin iyot içeriğinde haşlama sonrasında önemli bir azalma gözlenirken, fırınlama işleminden sonra ise artış belirlenmiştir. Sonuç olarak, arazide ve hidroponik sistemde yetiştirilerek iyotla zenginleştirilmiş taze domates ve fırında pişirilmiş patates iyot eksikliği hastalıkları ile mücadelede potansiyel fonksiyonel gıdalar olarak kabul edilebilir sonucuna varılmıştır.

Comandini ve ark. (2013) suyun kaynatılması sırasında suya eklenen iyotun stabilitesini patates ve havucun pişirilmesi sırasında değerlendirmişlerdir. İyot içeriği (%0.0051 KI'e karşılık gelen) 3 mg I $100g^{-1}$ olan iyotlu tuz kullanılmıştır. Patates ve havuçta kaynatma testi, üstü kapalı paslanmaz çelik bir kapta orta ateşte gerçekleştirilmiştir. Suyun kaynatılması sırasında iyotlu tuz ilave edilmiş ve tuz tamamen çözüldüğünde, kaynayan suya sebzeler (yaklaşık 1 kg) ilave edilmiştir. Patates 100 ^{0}C'de 35 dakika, havuç 100 ^{0}C'de 25 dakika kaynatılmıştır. Sebzelerin su oranı 1:4 olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Pişirmenin sonunda numuneler 30 saniye boyunca süzülmüş ve oda sıcaklığında soğutulmuştur. Elde edilen sonuçlar pişirme sonrasında patates ve havuçlarda yaşanan iyot kaybının istatistiksel olarak önemsiz olduğunu göstermiştir. Bunun yanında iyotun, patateslerde havuçlara göre daha iyi tutulduğu gözlenmiştir. Patates bitkisinde iyotun daha iyi tutulması, yumru köklerin taze ağırlığının yaklaşık %10-25'ini temsil eden nişasta tarafından iyot tutulumundan kaynaklanıyor olabileceğini belirtmişlerdir. Mottiar ve Altosaar (2011), yüksek bir amiloz içeriğine (nişasta ağırlığının yaklaşık %21'i) sahip olan patates nişastasının, yüksek seviyelerde iyot tutabildiği gösterilmiştir.

Kiferle ve ark. (2013), yapmış oldukları çalışmada; günlük tüketimi fazla olan domateste iyot içeriğinin arttırılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu amaçla öncelikle topraktan 0-60 mM aralığında iyot (I) uygulaması yapılmış ve bitkilerin 10 mM I dozunun üstünde toksisite (yaprak klorozu, görülür solma) gösterdiğini ve ayrıca 40 mM I dozunun üstünde bitki gelişimi üzerine ciddi seviyede olumsuz etkiler gözlemişlerdir. Bu nedenle, potasyum iyodür (KI) ve potasyum iyodat (KIO_3) kaynak seçilerek 2 farklı toprak türünde (organik maddesi düşük ve organik maddesi yüksek), domateslere topraktan 0, 0.5, 1, 2, 5, 10 mM I dozlarında uygulaması yapılmıştır. Örnekledikleri domateslerde kırmızı veya kırmızıya dönmek üzere olan meyveleri seçmişlerdir. En uygun dozun 0.5-1 mM I aralığında olduğunu, toprağa yapılan KI ve KIO_3 gübrelemesi sonucu domatesin meyvelerinde iyot birikiminin sağlandığı belirlenmiştir. Düşük organik maddeli toprakta 1, 2 ve 5 mM KI uygulamasından sonra meyveler ortalama 1.5, 4.7 ve 10 mg I kg^{-1} (yaş ağırlık); KIO_3 uygulanmış bitkilerden elde edilen meyvelerde, 0.5, 1 ve 2 mM KIO_3 uygulamalarında 0.3, 0.7 ve 1.2 mg I kg^{-1} (yaş ağırlık) konsantrasyonlarında I biriktiğini tespit etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda yüksek organik madde içeriğine sahip toprakta yetiştirilen domates bitkilerinin, KI (10 mM dozunda 4 mg I kg^{-1} (yaş ağırlık)) ile kıyaslandığında KIO_3 (10 mM dozunda 1.5 mg kg^{-1} (yaş ağırlık)) ile muamele edilen

bitkilerin meyvelerinde daha az iyot biriktirdiğini buna karşın yüksek organik maddenin yüksek dozlarda uygulanmış iyotun bitkiye toksik etkisinin şiddetini azalttığını göstermektedir. Hem düşük hem de yüksek organik madde içeriğine sahip topraklarda KI ve KIO_3 uygulamalarının domates meyvelerinin kuru madde ağırlığında azalmaya sebep olduğunu gözlemişlerdir.

Weng ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada; yaprağı tüketilen sebzeler (ıspanak, lahana, kişniş, sert hardal ve Çin lahanası) ve meyvesi tüketilen sebzeler (domates, salatalık, uzun börülce, patlıcan ve acı biber) olmak üzere iki gruptan oluşan 10 ortak bitki seçerek alg organik iyotlu gübresini ekimden önce toprak yüzeyine uygulamışlardır. Farklı miktarda I içeren iki set gübre kullanarak, yaprağı tüketilen sebzeler için altı iyot uygulama seviyesi (0, 12, 25, 50, 100, 150 mg I m^{-2}) varken, meyvesi tüketilen sebzeler için beş iyot uygulama seviyesi (0, 12, 35, 70, 150 mg I m^{-2}) tercih etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, ıspanak, lahana, kişniş, sert hardal ve Çin lahanasının yenilebilir kısımlarındaki en yüksek iyot konsantrasyonunun sırasıyla 0.45, 2.28, 4.83, 1.45, 1.05 mg kg^{-1} (taze ağırlık) olduğunu belirlemişlerdir. Patlıcan, acı biber, salatalık, domates ve uzun börülcede en yüksek iyot konsantrasyonunun ise sırasıyla 1.23, 0.88, 0.91, 1.12 ve 0.92 mg kg^{-1} (yaş ağırlık) olduğunu tespit etmişlerdir.

Roka bitkisine yapraktan 5 farklı KI dozu (0; 0,2; 0,4; 0,8; 1 mM) iki farklı zamanda (hasattan 2 hafta ve hasattan 1 hafta önce) uygulanmış ve uygulama konsantrasyonuna paralel olarak bitki iyot içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bitki iyot içeriğinin 0,8 mM iyot uygulamasında en yüksek seviyeye ulaştığı gözlenirken, artan dozlarda bitki iyot içeriğinde azalma saptanmıştır. Hasattan 1 hafta önce yapılan uygulamalarda bitki I içeriğinin artan dozlarda sırasıyla 4.23, 2.67, 4.80, 9.22, 7.90 mg I kg^{-1}, hasattan 2 hafta önce yapılan uygulamalarda ise bitki I içeriğinin artan dozlarda sırasıyla 5.04, 29.20, 159.20, 242.93, 199.23 mg I kg^{-1} olarak değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan I uygulamalarında, bitkilerin iyota maruz kaldığı süre uzadığında bitki boyunda azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Bitkiye uygulanan doz ile birlikte uygulama zamanının da bitki iyot içeriğini etkilediği belirtilmiştir (Aksu ve ark., 2016).

Cakmak ve ark. (2017), yaptıkları çalışmada buğday, çeltik ve mısır tanelerinin iyot ile biyofortifikasyonunda iyot içeren gübrelerin kullanım olasılığını araştırmışlardır. En iyi uygulama yöntemini (toprağa veya yaprak püskürtme olarak), en iyi iyot formunu

(potasyum iyodat veya potasyum iyodür) ve optimal iyot dozunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Türkiye ve Pakistan'da yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* L.), Brezilya, Tayland ve Türkiye'de yetiştirilen çeltik (*Oryza sativa* L.) ve Türkiye'de yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) üzerinde deneyler yapılmıştır. Bu çalışmada, topraktan uygulama ekim anında potasyum iyodür (KI) ve potasyum iyodat (KIO_3) formunda 0, 0.1, 0.25, 1, 2.5, 5, 10 ve 20 mg I kg^{-1} dozlarında uygulama yapılırken, yapraktan uygulamada potasyum iyodür (KI) ve potasyum iyodat (KIO_3) formunda %0, %0.005, %0.01, %0.025, %0.05, %0.1 ve %0.25 dozlarında, süt dolum döneminde ve tane verimi başlangıcında yapraklardan solüsyon akmaya başlayana kadar uygulanmıştır. Bitkiler tahıl olgunlaştığında hasat edilmiştir. KI'nın sürgün büyümesi üzerindeki zararlı etkisinin 20 mg I kg^{-1} dozunda istatistiksel olarak önemli olduğunu gözlemişlerdir. En yüksek iyot oranına sahip yaşlı yapraklarda gözle görülür toksik etkilerin yaprak klorozu ve esas olarak yaprak uçlarında sararma olarak geliştiği gözlenmiştir. Bu çalışmada, KI veya KIO_3'ün buğday, mısır veya çeltik üzerinde farklı oranlarda toprak veya yapraktan püskürtme ile uygulanması, Pakistan'da yapılan buğday denemesi hariç bitki biyokütlesinde veya tahıl veriminde bir artış göstermediği belirtilmiştir. Pakistan'daki buğdayın KIO_3 solüsyonunun düşük oranı (%0.01); Türkiye, Tayland ve Brezilya'daki sonuçların aksine, önemli ölçüde daha yüksek bir tane verimi ile sonuçlanmıştır. Bu çalışmada uygulanan dozlarda KI'ün KIO_3'a oranla bitkilerde toksisite açısından daha büyük risk oluşturduğu belirlenmiştir.

Li ve ark. (2017), çilek bitkisinin verim ve meyve kalitesi üzerine potasyum iyodür (KI) ve potasyum iyodat (KIO_3) uygulamalarının etkilerini değerlendirmek için hidroponik kültürde bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada kontrol, 0.25, 0.50, 1.00, 2.50, 5.00 mg L^{-1} dozlarında KI ve KIO_3 uygulanmıştır. Besleyici solüsyonlar her 5 günde bir değiştirilerek besin çözeltilerinin pH değerleri her gün 5.50±0.10 seviyesinde olacak şekilde düzenlenmiştir. Yapılan uygulamalardan sonra taze çilek meyvelerinin iyot içerikleri 600-4000 μg kg^{-1} arasında olduğunu tespit etmişlerdir. İyodür ve iyodatın artan konsantrasyonlarında çilek bitkilerinin iyot alımının arttığı görülmüştür. İyot konsantrasyonu daha düşük olduğunda ($I^- \leq 0.25$mg L^{-1}, $IO_3^- \leq 0.50$mg L^{-1}), çilek bitkisi başına kök üstü biyokütlenin kontrolden yüksek olduğunu ve bunun da uygun miktarda iyot gübresinin, iyot bitki büyümesi için gerekli bir element olmamasına rağmen, çilek bitkilerin büyümesini teşvik ettiğini, bitki yaş ağırlığında artışa yol açtığını tespit

etmişlerdir. Sonuç olarak, çileğin iyot zenginleştirilmesi için kullanılabilir bir hedef ürün olduğu belirtilmiştir.

Kiferle ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada hem açık alanda hem de büyüme odasında yetiştirilen fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkilerinin temel kantitatif ve kalitatif özellikleri üzerinde iyot biyogüçlendirmesini değerlendirmişlerdir. İyot sulama suyu ile iyodür (KI) ve iyodat (KIO_3) olarak açık alan deneylerinde 0; 0.1; 1; 10 mM dozlarında, büyüme odası deneylerinde ise sulama suyuna 10 µM; 0.1 mM; 1 mM; 10 mM; 100 mM dozlarında uygulanmıştır. Uygulamalar bir ticari biçme işleminden sonra iki günde bir olacak şekilde iki kez tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, açık alanda yetiştirilen fesleğenlerde hem KI hem de KIO_3 olarak uygulanan iyot dozuna bağlı olarak bitki iyot içeriği artmıştır. Bunun yanında KI' nın KIO_3' e oranla bitkide daha çok biriktiği gözlenmiştir. Açık alan deneylerinde 0.1 mM KI ve KIO_3 uygulamalarında bitki kuru ağırlığı kontrol grubuna oranla artmıştır, buna karşı 0.1 mM dozunun üstündeki dozlarda ise bitki kuru ağırlığı azalmıştır. KI uygulamalarında KIO_3' a göre bitki kuru ağırlığında daha çok azalma meydana gelmiştir. Büyüme odası denemelerinde ise hem KI hem de KIO_3 olarak uygulanan iyot dozuna bağlı olarak bitki iyot içeriği artmıştır. Büyüme odası denemelerinde en yüksek dozda (100mM KIO_3 ve KI) KIO_3'ün 2330 mg I kg^{-1} ve KI'ün 5215 mg I kg^{-1} seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. 10 µM dozu, KI ve KIO_3 olarak uygulandığında kontrol grubuna oranla bitki kuru ağırlığını artırmış, uygulanan doz arttıkça bitki kuru ağırlığının ise azaldığı belirtilmiştir.

Golob ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada Alman şalgamına (*Brassica oleracea* L. *var. Gongylodes* L.) selenit ve selenat olarak selenyum (Se) ile iyodür ve iyodat olarak iyot (I) kullanarak biyogüçlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu element kombinasyonlarının yapraktan püskürtme ile uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar; Se (Na_2SeO_3), Se (Na_2SeO_4), I (KI), I (KIO_3), Se (Na_2SeO_3) + I (KI), Se (Na_2SeO_3) + I (KIO_3), Se (Na_2SeO_4) + I (KI), Se (Na_2SeO_4) + I (KIO_3) ve kontrol grubu olarak gerçekleştirilmiştir. Püskürtme için Se ve I sırasıyla 10 mg L^{-1} (0,126 mM Se konsantrasyonu) ve 1 g L^{-1} (8 mM I konsantrasyonu) ve parsel başına yapraklara 150 mL püskürtülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre sadece I (KIO_3) uygulanan bitkilerde I içeriği 0.1 mg kg^{-1}'den 1.1 mg kg^{-1} arasında artmıştır. Se' un her iki formu ile birlikte I uygulanan bitkilerde I birikimi önemli düzeyde azalmıştır. Sadece I (KI) ilavesinin toplam klorofil miktarını azalttığı ve antosiyaninleri artırdığı belirlenmiş, uygulamaların bitki verimini ise etkilemediği görülmüştür. Bitkilerde I ve Se miktarının arttığı uygulamalar göz önünde

bulundurulduğunda, insanların günlük tüketim seviyesinin çok altında kaldığı belirtilmiştir.

Dobosy ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada; KI içeren suyla sulanan yeşil fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve marul (*Lactuca sativa* L.) bitkilerini kireçli-kumlu toprak sisteminde iyotla biyolojik olarak güçlendirmeyi hedeflemişlerdir. Bu kapsamda bitkileri 0.10, 0.25, 0.50 mg I L^{-1} konsantrasyonuna sahip su ile sulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre uygulama dozu arttıkça bitki iyot içeriği artmıştır. Kuru ağırlık esasına göre taze fasulye baklalarındaki (1.8 mg kg^{-1}) ve marul yapraklarındaki (5.6 mg kg^{-1}) en yüksek iyot konsantrasyonları, 0.50 mg L^{-1} iyot konsantrasyonunda elde edilmiştir. Ancak biyokütle üretimi bu konsantrasyonda engellenmiştir. Bu nedenle, bitki büyümesinin orta derecede uyarıldığı ve taze fasulye baklalarındaki ve marul yapraklarındaki iyot konsantrasyonunun sırasıyla 0.6 ve 5.2 mg I kg^{-1} (kuru ağırlık) olduğu biyogüçlendirme için 0.25 mg L^{-1} iyot konsantrasyonu önerilmiştir. İyot uygulamalarının bir diğer sonucu olarak yeşil fasulyede biyokütlenin azaldığı belirtilmiştir. Marul bitkileri 0.50 mg I L^{-1} dozu ile sulandığında yaprakların boyutunun küçüldüğü buna karşı yaprak sayısının arttığı belirtilmiştir. Sonuç olarak kontrol ve uygulamaya tabi tutulan marul bitkilerinin toplam yaprak biyokütlesinin değişmediğini belirtmişlerdir.

Rashid ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada çeltik tanelerinde Zn, I, Fe ve Se konsantrasyonunun yapraktan uygulama yoluyla arttırılmasını amaçlamışlardır. Zn, I, Fe ve Se'nin yapraktan uygulamasının Brezilya, Çin, Hindistan, Pakistan ve Tayland'da 2015-2017 arasında 21 farklı alanda yetiştirilen çeltikte etkisini değerlendirmişlerdir. Buna göre, 4 gruba ayrılan uygulamanın ilk grubunda, kontrol (yani sadece bazal N, P, K gübreleri, mikro besin uygulanmamış), ikinci grubunda Zn'nun yapraktan uygulanması (püskürtme solüsyonunda %0.5 $ZnSO_4.7H_2O$), 3. Grupta I'un yapraktan uygulanması (püskürtme solüsyonunda %0.05 KIO_3) ve son grupta ise %0.5 $ZnS04.7H_2O$, %0.05 KIO_3, %0.02 Fe-EDTA, %0.001 Na_2SeO_4 içeren bir kombine solüsyonda mikro besinlerin (Zn, I, Fe ve Se) eş zamanlı yapraktan uygulanması konu edilmiştir. Yaprak çözeltisi iki kez, yani salkım başlangıcında ve erken süt olum aşamalarında uygulanmıştır. Yaprak işlemlerinin öğleden sonra geç saatlerde, çözelti yapraklardan akmaya başlayana kadar uygulandığı belirtilmiştir. Çeltik yetiştiren beş büyük ülkede iki mahsül mevsimi boyunca 21 farklı alanda yürütülen bu çalışmanın sonuçları, bir mikro besin kokteyli çözeltisinin yapraklara uygulanmasının kahverengi çeltik tanesinde Zn, I

ve Se konsantrasyonlarını artırmada oldukça etkili olduğu belirtilmiştir. Mikro besinlerin tane konsantrasyonundaki artışlar tane veriminde net bir değişiklik olmadan gerçekleşmiştir. Sonuçların, tek başına I'un yaprak spreyleri ve mikro besinlerin kombine uygulaması arasında çeltik tanelerinde I konsantrasyonlarının (0.004 mg kg^{-1} ile 0.4 mg kg^{-1} arasında) benzer olduğunu belirtmişlerdir. I konsantrasyonlarının 0.004 mg kg^{-1} ile 0.6 mg kg^{-1} arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Topraksız kültürde yetiştirilen marulda (*Lactuca sativa* L. cv. *Sementel*) yapılan bir çalışmada marulun I, Se ve Zn ile biyozenginleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda önceden belirlenmiş besin çözeltisi [NO_3:19.25; H_2PO_4 2; SO_4 1.125; K 1.25; Ca 4.5; Mg 1; Si 0.5; mmol L^{-1}, Fe 40; Zn 5; B 30; Cu 0.75; Mo 0.5; Mn 5 (mmol L^{-1}), pH:6.28, EC 2.36 mS cm^{-1}] bitkilere uygulanmıştır. İyot, Se ve Zn besin çözeltisine 150 mM I ($NaIO_3$), 20 mM Se (Na_2SeO_4), 50 mM Zn ($ZnSO_4.7H_2O$) olarak eklenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bitki yapraklarında I içeriği kontrol grubuna (2.42±0.07 mg kg^{-1}) kıyasla kombine uygulama sonucunda (2.47±0.12 mg kg^{-1}) konsantrasyonunda olduğu tespit edilmiştir. Kombine uygulamanın bitki verimini etkilemediğini gözlemişlerdir (Sahin, 2020).

Puccinelli ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada; yüzer sistem ve aeroponik sistemde yetiştirilen tatlı fesleğen ve marulu iyotça biyolojik olarak zenginleştirmeyi amaçlamışlardır. Bitkiler içeriği belirtilen çözelti ile beslenmiştir: N-NO_3 14 mM, N-NH_4 2 mM, P 2 mM, K 10 mM, Ca 4.5 mM, Mg 2 mM, S-SO_4 5 mM, Fe 40 µM, B 40 µM, Cu 3 µM, Zn 10 µM, Mn 10 µM, Mo 1 µM. Besin çözeltisi 10 µM I (KI) ile desteklenmiştir. Aeroponik sistemde karıştırma tankı, gündüz 10 dakikada bir ve gece 40 dakikada bir 20 saniye süreyle püskürtülen 200 L besin çözeltisi içermiştir. Yüzen sistemde besin çözeltisi sürekli olarak havalandırılmıştır. Dikim işleminden 14 ve 28 gün sonra ardışık 2 hasat yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre her iki hidroponik (yüzer sistem ve aeroponik) sistemde de KI ilavesi, fesleğenin biyolojik olarak güçlendirilmesi için etkili bir yöntemi temsil ederken, maruldaki biyokütle üretimini orta derecede düşürmüş, kuru biyokütlesini azaltmıştır. Yaprak I birikimi, aeroponik sistemde her iki türde de yüzen sistemden daha büyük ölçüde olduğu belirtilmiştir. KI ile muamele edilmiş fesleğen bitkilerinde, yaprak I içeriği 9.76 ile 23.58 mg kg^{-1} (yaş ağırlık) arasında değişmiştir. Sonuç olarak, İtalyan pesto sosunun (12 g) bir porsiyonunda bulunan 6 g taze fesleğen yaprağının, sağlıklı yetişkinler için önerilen günlük iyot alımının %40-94 oranında karşılayabilir (150 µg $gün^{-1}$) durumda olduğu görülmüştür. Marulda yüzen

sistemde ilk kesilen yaprakların yaprak I içeriklerinin sırasıyla 1.55 ve 3.60 mg kg^{-1} (yaş ağırlık) olduğu görülmüştür. Bu nedenle, 1.55 (yüzer sistem) ila 3.60 (aeroponik sistem) mg kg^{-1} (yaş ağırlık) I içeren 26 g marul porsiyon büyüklüğünde iyot önerilen günlük iyot alımının %27 ila %62'sini karşılayabilir olduğunu tespit etmişlerdir. Marul yapraklarının kuru madde ağırlığı kontrol grubunda yüzer sistemde 0.085 g ile 0.096 g arasında; yapılan 10 µM I uygulaması sonucunda 0.091 g ile 0.029 g arasında değiştiği belirtilmiştir. Aeroponik sistemde marul yapraklarının kuru madde miktarı kontrol grubunda 0.358 g ve yapılan uygulama sonucunda ise 0.249 g olduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki Materyali

Araştırmada deneme materyali olarak BİOTEK TOHUMCULUK' tan alınan Matador çeşidi ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) kullanılmıştır. Denemede kullanılan çeşidin bazı kültürel özellikleri şu şekildedir;

Matador ıspanak, koyu yeşil renkte ve geniş yapraklı bir çeşittir. Kasalanmaya dayanıklı ve tezgaha uygundur. Tohuma geç kalkan, pazar ve manavlar tarafından tercih edilen bir çeşittir. 16-25°C sıcaklık çimlenme ve yetişmesi için uygundur. Matador ıspanak serin iklim sebzesi olup soğuğa dayanıklıdırlar. Matador ıspanak çeşidi hasada gelme süresi ilkbahar ekiminde 2 ay kadar sonbahar ekiminde ise 5 aya kadar uzamaktadır. Hasada göre dekardan 1.5-3 ton arasında verim alınır.

3.1.2. Deneme Yeri

Deneme Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne ait bilgisayar kontrollü araştırma serasında kurulmuş ve yürütülmüştür.

3.1.3. Denemede Kullanılan Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kontrollü sera şartlarında gerçekleştirilen denemede Selçuk Üniversitesi kampüs alanından (Grand otel bölgesi) alınan toprak örneği kullanılmıştır. Deneme toprağının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları **Çizelge 3.1.'**de verilmiştir. Deneme toprağı hafif alkalin pH, az tuzlu, çok fazla kireçli ve organik maddesi az, kumlu tın tekstüre sahiptir. Deneme toprağının bitki besin elementi içeriğine bakıldığında N, P ve Zn bakımından noksan olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Analiz Adı	Birimi	Sonuç	Yorum
Tekstür Sınıfı		Kumlu tın	
pH (1:2.5,Toprak:Su)		7.6	Hafif alkalin
EC (Tuz) (1:5,Toprak:Su)	($\mu S\ cm^{-1}$)	395	Az tuzlu
$CaCO_3$ (Kireç)	(%)	26.7	Çok fazla kireçli
Organik Madde	(%)	0.7	Çok az
İnorg. azot ($NH_4 + NO_3$-N)	$mg\ kg^{-1}$	16.2	Az
Fosfor (P)	$mg\ kg^{-1}$	9.3	Orta
Potasyum (K)	$mg\ kg^{-1}$	117	Yeterli
Kalsiyum (Ca)	$mg\ kg^{-1}$	6372	Fazla
Magnezyum (Mg)	$mg\ kg^{-1}$	175.7	Yeterli
Sodyum (Na)	$mg\ kg^{-1}$	68.7	
Değişebilir Na Yüzdesi	%	0.9	Alkalilik sorunu yok
Bor (B)	$mg\ kg^{-1}$	0.8	Yeterli
Bakır (Cu)	$mg\ kg^{-1}$	1.4	Fazla
Demir (Fe)	$mg\ kg^{-1}$	8.7	Yeterli
Çinko (Zn)	$mg\ kg^{-1}$	0,3	Az
Mangan (Mn)	$mg\ kg^{-1}$	14.1	Yeterli

3.1.4. Denemede Kullanılan İyot Kaynağının Özellikleri

Denemede iyot kaynağı olarak (Merck) Potasyum İyodat (KIO_3) kullanılmıştır.

- Molar kütle : 214.001 $g\ mol^{-1}$
- Yoğunluk : 3.89 $g\ cm^{-3}$
- Erime noktası : 560 °C

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi

Deneme Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne ait bilgisayar kontrollü araştırma serasında kurulmuş ve yürütülmüştür.

Deneme toprağının makro ve mikro besin elementi bakımından noksanlığını gidermek için ekim öncesinde temel gübreleme uygulanmış ve deneme toprağının besin elementi eksikliği giderilmiştir. Ekim anında deneme toprağına kg başına 500 mg N (Amonyum nitrat ve DAP formunda), 100 mg P (DAP formunda), 150 mg K (K_2SO_4 formunda) ve 2.5 mg Zn ($ZnSO_4.7H_2O$ formunda) uygulanmıştır. Organik madde eksikliği ve deneme toprağında bulunan fazla kireç için ıslah uygulaması yapılmamıştır.

Deneme Ağustos ayının 29. gününde, 6 tekerrürlü olacak şekilde, saksı başına 4 kg toprak tartılarak kurulmuştur. Her saksıya tam bir daire oluşturacak şekilde 10 adet tohum ekilmiştir.

İyot, potasyum iyodat (KIO_3 (%59 I)) formunda uygulanmıştır ve uygulamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır;

i) Topraktan uygulama 0, 10, 20, 40 mg I kg^{-1}

ii) İlk yaprak uygulaması %0, %0.0025, %0.05, %0.1 I

ii.i) 2. yaprak uygulaması %0, %0.0025, %0.05, %0.1 I

Topraktan I uygulamaları, tohumların ekimi anında temel gübreleme ile birlikte toprak iyice karıştırılarak homojen şekilde gerçekleştirilmiştir.

Yapraktan I uygulamalarında, tüm yapraklar eşit oranda ıslatılmış ve yapraklardan çözeltinin damlamaya başladığı ana kadar püskürtme yöntemi ile uygulama gerçekleştirilmiştir. Toprağa iyot müdahalesi olmaması için toprak yüzeyi naylon örtü ile kapatılmıştır.

Eylül ayının 19. gününde her saksıda 4 bitki kalacak şekilde seyreltme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekim ayının 3. günü yapraktan ilk iyot uygulaması yapılmıştır. Ekim ayının 17. günü ise yapraktan 2. iyot uygulaması yapılmıştır.

Denemenin yürütüldüğü süre boyunca saksılar deiyonize su ile sulanmış ve toprak tarla kapasitesinde tutulmuştur.

3.2.2. Hasatın Yapılması

Ekim ayının 30. gününde (bitkiler yeterli olgunluğa eriştiklerinde) hasat işlemi yapılmıştır. Bitkiler, toprak ile birleştikleri kısmın hemen üst kısmından bağ makası ile kesilerek hasat edilmişlerdir. Hasat edilen bitkilerde hiç vakit kaybetmeden, ilk olarak çeşme suyu, ardından %1'lik HCl çözeltisi ve son olarakta saf sudan geçirilerek sterilizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bitki örneklerinde, kurumaları için bir süre bekletildikten sonra, aşağıdaki ölçümler yapılmıştır;

Bitki boyu (cm): Gelişimini yeni tamamlamış yaprakların en uç kısmından, bitki kök boğazına kadar olan uzunluğu metre ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

Yaprak boyu (cm): Gelişimini yeni tamamlamış yaprakların en uç kısmından, yaprağın sap ile birleştiği nokta arası metre ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

Yaprak eni (cm): Gelişimini yeni tamamlamış yaprakların eni metre ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

Bitki kuru ağırlığı (g): Bitki örnekleri, iyotun uçucu bir element olmasından dolayı, iç sıcaklığı 60°C'nin üzerine çıkmayacağı şekilde ayarlanmış bir etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Kuru ağırlıklar g cinsinden kaydedilmiştir.

3.2.3. Bitkileri Pişirme İşlemi

Etüvde kurutulmuş bitki örneklerinden fırın kuru ağırlık (FKA) esasına göre her uygulamaya ait 10 g bitki tartılmıştır ve önceden kaynatılmış 500 ml ultra saf su içerisinde 2 dk boyunca haşlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Pişirme işlemi sonunda örneklerin suyu süzülerek hem kullanılan su hem de pişmiş bitkiler örneklenmiştir. Pişirilmiş bitkiler etüve konularak etüv içi sıcaklığın 60°C'nin üzerine çıkmayacağı şekilde ayarlanmış ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur.



Şekil 3.1. Bitki Örneklerinde Pişirme (haşlama) İşlemi

3.2.4. Laboratuvar Analizleri

3.2.4.1. Örneklerinin İyot Analizi

Etüvde kurutularak bitki öğütücüde (SIEMENS MC23200) öğütülen bitki örneklerinden 0.25 g, pişmiş su örneklerinden 1 mL alınarak mikrodalga tüplerine konulmuşlardır. Üzerlerine 5 mL ultra saf su ve 1 mL tetrametilamonyum hidroksit (TMAH-%25) ilave edilmiştir. Vorteks cihazıyla iyice çalkalanan örneklerin üzerine 14 mL ultra saf su ilave edilmiştir. Yeniden vorteksle çalkalama yapılmış ve mikro dalga cihazında (Cem MARSXpress) 90 ^{0}C'de 60 dk süre ile yakma işlemi gerçekleştirilmiştir (Zia ve ark., 2015; Cakmak ve ark., 2017). Analizin güvenilirliğini sağlamak için 40 hücrelik mikrodalga seti içerisine 1 şahit örnek ve 2 adet sertifikalı referans materyal (1573a Tomato leaf ve 1547a Wheat flour) ilave edilmiştir. Yakma işlemi biten örnekler soğuduktan sonra 4500 devirde, 25 ^{0}C'de 20 dk santrifüj edilmişlerdir. Yakma işlemi gerçekleştirilen örneklerden 5 mL 0.45 µm enjektör ucu filtre yardımıyla alınmıştır ve 50 mL'lik falkon tüplerine aktarılmıştır. Örneklerin üzerine 5 mL ultra saf su ilave edilerek vorteksleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Son olarak örnekler 4500 rpm'de, 25 ^{0}C'de 20 dk santrifüj edilmiş ve sonrasında örneklerin ICP-MS cihazında I okumaları yapılmıştır.

ICP-MS okumalarında standart olarak 0, 0.1, 1, 10, 100 ppb I çözeltileri ve internal standart olarak 200 ppb tellür (Te) (Eckhoff ve Maage, 1997) çözeltisi kullanılmıştır.

3.2.5. İstatistiksel Değerlendirme

Denemede elde edilen matematiksel sonuçların varyans analizleri MİNİTAB 19 istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. İyot İçeriği Analiz Sonuçları

4.1.1. Bitki Örneklerinin İyot İçeriği Analiz Sonuçları

Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının Matador çeşidi ıspanağın I içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1.'de, elde edilen ortalama değerlere ait veriler de Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.1.) topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının ıspanağın I içeriği üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının ıspanağın I içeriğine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Topraktan Uygulama			Yapraktan Uygulama		
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Doz	**3**	58685.3	19561.8	343.2**	220178	73392.8	844.07**
Hata	**8**	456	57		696	87	
Toplam	**11**	59141.3			220874		
C.V. (%)	92.20				84.28		

** : p<0.01. * : p<0.05

Bitki örneklerinin I içeriği kontrol grubunda 0.954 mg I kg^{-1} konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Kontrol grubuna oranla uygulamalarda I konsantrasyonu değişimi (Çizelge 4.4) %+4730.19 ile %+37179.87 arasındadır. İyot uygulamaları ile kontrol grubuna oranla en yüksek I içeriği artışı yapraktan %0.1 I uygulamasında 355 mg I kg^{-1} konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Kontrol grubu dışındaki uygulamalarda en düşük I içeriği topraktan 10 mg kg^{-1} uygulamasında 46.08 mg I kg^{-1} konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Topraktan ve yapraktan I uygulamalarının uygulanan doza paralel olarak bitkide I içeriğini artırdığı görülmüştür.

Elde ettiğimiz sonuçların, literatürdeki mevcut I uygulamaları sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Buna göre; sera şartlarında Çin lahanası (*Brassica chinensis* L.), ıspanak (*Spinacia oleracea* L.), soğan (*Allium cepa* L.), su ıspanağı (*Ipomoea aquatica* L.), kereviz (*Apium graveolens* L.) ve havucun (*Daucus carota* L.) KIO_3

gübrelemesine (0 mg kg^{-1}, 1 mg kg^{-1}, 5 mg kg^{-1} KIO_3) bağlı olarak bitki I içeriklerinin arttığı (ıspanak yapraklarında kontrol grubunda 0.09 mg kg^{-1} I iken, 5 mg I kg^{-1} dozunda 50 mg kg^{-1} I) belirtilmiştir (Dai ve ark., 2004).

Dai ve ark. (2006) sera şartlarında yetiştirilen ıspanağa topraktan uygulanan I (0, 0.5, 1, 2 mg kg^{-1} I^- ve IO_3^-) ile biyozenginleştirmeyi hedeflemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre uygulanan I formunun (I^- ya da IO_3^-) I birikiminde istatistiki olarak önemli seviyede etkili olmadığını ve artan dozlara bağlı olarak yaprak I içeriğinin arttığını tespit etmişlerdir. Yapraklardaki I içeriği (yaş ağırlık olarak) 13.48 mg kg^{-1} ile 15.11 mg kg^{-1} arasında değişmiştir. I içeriğini inceledikleri bitki köklerinde ise I^- uygulamalarında kontrole (3.44 mg I kg^{-1}) oranla 0.5 mg kg^{-1} (3.26 mg kg^{-1}) uygulaması I içeriğini düşürmüş, diğer uygulamalar ise artırmıştır. IO_3^- uygulamalarında ise kontrole oranla tüm uygulamalarda kök I içeriği artmıştır.

Ispanak, lahana, kişniş, sert hardal ve Çin lahanasına alg organik iyotlu gübresinin ekimden önce topraktan 0, 12, 25, 50, 100, 150 mg m^{-2} dozlarında uygulandığı bir çalışmada (Weng ve ark., 2013), ıspanak, lahana, kişniş, sert hardal ve Çin lahanasının yenilebilir kısımlarındaki en yüksek iyot konsantrasyonunun sırasıyla 0.45, 2.28, 4.83, 1.45, 1.05 mg kg^{-1} (yaş ağırlık) olduğunu belirlemişlerdir uygulama dozuna bağlı olarak yapraklarda I içeriğinin arttığı belirtilmiştir.

Aksu ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada roka bitkisine hasattan 2 hafta önce ve hasattan 1 hafta önce yapraktan püskürtme ile I (0, 0.2, 0.4, 0.8, 1 mM I) uygulamışlardır. Hasattan 1 hafta önce yapılan uygulamalarda bitki I içeriğinin artan dozlarda sırasıyla 4.23, 2.67, 4.80, 9.22, 7.90 mg I kg^{-1}, hasattan 2 hafta önce yapılan uygulamalarda ise bitki I içeriğinin artan dozlarda sırasıyla 5.04, 29.20, 159.20, 242.93, 199.23 mg I kg^{-1} olarak değiştiği tespit edilmiştir. Uygulanan I dozu 0.8 mM'a kadar artış gösterdikçe bitki iyot içeriğinin arttığını tespit etmişlerdir. 1mM dozunda ise 0.8 mM'a oranla I içeriğinde azalma görülmüştür.

Golob ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada yapraktan püskürtme ile Alman şalgamının (*Brassica oleracea* var. Gongylodes L.) I ve Se içeriğini artırmak için I, Se ve I+Se içeren gübreleme yapmışlardır. Uygulama kapsamında 10 mg L^{-1} Se ve 1 g L^{-1} I içeren çözeltileri parsel başına 150 ml yapraktan püskürtme ile uygulamışlardır. Sonuç olarak sadece I uygulanmış olan grupta I birikiminin arttığını (sadece I uygulanan

bitkilerde I içeriği 0.1 mg kg^{-1} ile 1.1 mg kg^{-1} arasında); Yapraktan püskürtme yöntemi ile çeltik tanelerinde Zn, I, Fe, Se biyozenginleştirme yapılmış bir diğer çalışmada (Rashid ve ark., 2020), püskürtme çözeltisine Zn, I, Fe ve Se uygulamalarından ayrı olarak bir gruba %0.05 KIO_3 uygulanmıştır. Yaprak çözeltisi iki kez, yani salkım başlangıcında ve erken süt olum aşamalarında uygulanmıştır. Yaprak işlemleri öğleden sonra geç saatlerde, çözelti yapraklardan akmaya başlayana kadar uygulanmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre çeltik tanelerinde I, Zn, Fe ve Se konsantrasyonlarının arttığı I konsantrasyonlarının I içeriğinin 0.004 mg kg^{-1} ile 0.6 mg kg^{-1} arasında değiştiği tespit edilmiş ve yapraktan püskürtmenin etkili bir yöntem olduğunu belirtilmiştir.

Cakmak ve ark. (2017), Türkiye ve Pakistan'da yetiştirilen buğdaya (*Triticum aestivum* L.), Brezilya, Tayland ve Türkiye'de yetiştirilen çeltiğe (*Oryza sativa* L.) ve Türkiye'de yetiştirilen mısıra (*Zea mays* L.) topraktan ekim anında KI ve KIO_3 formunda 0, 0.1, 0.25, 1, 2.5, 5, 10 ve 20 mg I kg^{-1} ve yapraktan püskürtme ile süt olum ve tane verimi başlangıcında KI ve KIO_3 formunda %0, %0.005, %0.01, %0.025, %0.05, %0.1 ve %0.25 I uygulamışlardır. Bu çalışmada, uygulanan doz arttıkça bitki I içeriğinin arttığını belirtmişlerdir.

Dobosy ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada kireçli-kumlu toprakta yetiştirilen yeşil fasulyeyi (*Phaseolus vulgaris* L.) ve marulu (*Lactuca sativa* L.) 0.10, 0.25, 0.50 mg I L^{-1} konsantrasyonuna sahip KI ilave edilmiş su ile sulamışlardır. Sonuç olarak hem yeşil fasulyede hem de marul yapraklarında artan dozlara bağlı olarak I konsantrasyonunun arttığını tespit etmişlerdir. Bitki büyümesinin orta derecede uyarıldığı ve taze fasulye baklalarındaki ve marul yapraklarındaki iyot konsantrasyonunun sırasıyla 0.6 ve 5.2 mg I kg^{-1} (kuru ağırlık) olduğu biyogüçlendirme için 0.25 mg I L^{-1} konsantrasyonunu önermişlerdir.

Kiferle ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada sulama suyuna ilave edilen 10 µM; 0.1 mM; 1 mM; 10 mM; 100 mM dozlarındaki I'un fesleğenin (*Ocimum basilicum* L.) yapraklarındaki birikimini incelemişlerdir. Sonuç olarak, bitki I konsantrasyonunun uygulama dozu arttıkça arttığını ve 100 mM dozunda bitki büyümesinde gerileme olduğunu tespit etmişlerdir. Bitki büyütme odası denemelerinde en yüksek dozda (100mM) KIO_3 uygulanan bitkilerde iyot içeriğinin 2330 mg I kg^{-1} ve KI uygulanan bitkilerde ise 5215 mg I kg^{-1} olduğunu tespit etmişlerdir.

Ujowundu ve ark. (2010), sebzelerin yenilebilir kısımlarındaki I içeriğini artırmak için oluklu kabak, sakız kabağı ve sarmaşık dalına 0, 10, 40, 80 ug KIO_3 L^{-1} dozlarında sulama suyuna ilave edilen I uygulamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; oluklu kabak bitkisindeki iyot konsantrasyonu 4 hafta sonunda 89.02±0.31 ile 140.36±1.08 µg $100g^{-1}$ aralığında ve 6 hafta sonunda 102.86±0.60 ile 115.89±0.05 µg $100g^{-1}$ arasında; sakız kabağındaki iyot konsantrasyonları 4 haftada 60.879±0.32 ile 76.786±0.16 µg $100g^{-1}$, 4 ve 6 haftada 62.078±0.09 ile 107.679±0.24 µg $100g^{-1}$ arasında; sarmaşık dalındaki iyot konsantrasyonu artışının ise 4 haftada 61.59±0.24 ile 73.41±0.83 µg $100g^{-1}$, 6 haftada 62.06±0.09 ile 96.25±0.025 µg $100g^{-1}$ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak, uygulanan I dozu arttıkça bitki bünyesindeki I miktarının arttığını belirlemişlerdir.

Kiferle ve ark. (2013) domatese 0, 0.5, 1, 2, 5, 10 mM I (KI ve KIO_3 olarak) dozlarında ekim anında topraktan uygulama yapmışlardır. 1, 2 ve 5 mM KI uygulamasından sonra meyveler ortalama 1.5, 4.7 ve 10 mg I kg^{-1} (yaş ağırlık); KIO_3 uygulanmış bitkilerden elde edilen meyvelerde, 0.5, 1 ve 2 mM KIO_3 uygulamalarında 0.3, 0.7 ve 1.2 mg I kg^{-1} (yaş ağırlık) birikmesiyle, uygulanan I dozlarındaki artışa bağlı olarak bitki I içeriğinin arttığını tespit etmişlerdir.

Caffagni ve ark. (2011) buğday (*Triticum aestivum* L.), arpa (*Hordeum vulgare* L.), mısır (*Zea mays* L.), tütün (*Nicotiana tabacum* L.), patates (*Solanum tuberosum* L.) ve domates (*Solanum lycopersicum* L.) saksılarına ağırlık/hacim esasına göre %0.05 ve %0.1 KIO_3 ile %0.05, %0.1, %0.2, %0.5 (KI) uygulamışlardır. Yetiştirilen patates ve domateslere %0.05 KI uygulamasında sırasıyla taze ağırlıkta 272 ve 527 µg $100g^{-1}$ I biriktirdikleri belirtilmiştir. Aynı bitkilere KIO_3 uygulandığında ise taze ağırlıkta sırasıyla 1.875 ve 3.900 µg $100g^{-1}$ I biriktirdikleri görülmüştür. Elde ettikleri sonuçlarda tüm bitki kısımlarında iyodürün (I^-) daha fazla biriktiğini ve uygulama dozuna paralel şekilde bitki I içeriğinin arttığını belirtmişlerdir.

Caffagni ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, erik (*Prunus domestica* L.), nektarin (*Prunus persica* L.) ve patatese (*Solanum tuberosum* L.) iki farklı iyot uygulaması (topraktan ve yapraktan sprey ile gübre uygulaması) ile ve taze domates (*Solanum lycopersicum* L.) için 2 üretim sisteminde (tarla ve hidroponik sistem) I uygulaması ile iyotça zenginleştirmeyi denemişlerdir. Açık alan denemeleri için uygulama dozları topraktan 90 g KI kg^{-1}, yapraktan ise 25 g KI L^{-1} püskürtme ile uygulanmıştır. Domatesin hidroponik sistem denemesinde 1, 2, 5 mM KI uygulanmıştır. Açık alan denemelerinde

maksimum I içeriğinin sırasıyla erik ve nektarin meyvesinde 9,5 ile 14,3 µg $100g^{-1}$, domates ve patateste ise 89,4 ve 144,0 µg $100g^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, sonuçlar domateste en verimli iyot alınımının hidroponik kültürde olduğunu göstermiştir. Açık alan denemelerinde yapraktan püskürtme ile en yüksek I içeriğinin 94.6 g I $100g^{-1}$ (yaş ağırlık bazında), hidroponik kültürde 5 mM I dozunda 2423 g I $100g^{-1}$ olduğunu tespit etmişlerdir (yaş ağırlık bazında). Bütün türlerde iyotun çoğunlukla yapraklarda depolandığını gözlemişlerdir. Depolanan I miktarlarının uygulama dozuna paralel şekilde fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Altınok ve ark. (2003) 2 yıllık bir çalışma ile yoncayı (*Medicago sativa* L.) I ile biyozenginleştirmeyi hedeflemişlerdir. İlk yıl tohum ekiminden hemen sonra toz halde topraktan 0, 1, 1.5 ve 2 kg KI ha^{-1}, 2. yıl ise ilk hasattan 2 hafta önce yapraktan aynı dozlarda KI uygulamışlardır. Çalışmanın sonucuna göre, yoncanın iyotu biriktirebildiği (0.09 mg I kg^{-1} ile 2.01 mg I kg^{-1} arasında) belirtilmiştir. Bitki bünyesinde I birikiminin artan doza bağlı olarak arttığını ve yaprak gübrelemesinin daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Topraksız kültürde yapılan bir çalışmada (Zhu ve ark., 2003), ıspanağa (*Spinacia oleracea* L.) iyodür (I^-) ve iyodat ($IO3^-$) olarak beş iyot konsantrasyonu (0, 1, 10, 50 ve 100 µM) uygulamışlardır. Sonuç olarak bitki bünyesinde I konsantrasyonunun IO_3^- uygulamalarında artan dozlarda sırasıyla 3.01, 14.72, 24.49, 28.02 mg I kg^{-1}; I^- uygulamalarında ise artan dozlarda sırasıyla 1.81, 24.67, 119.83, 263.43 mg I kg^{-1} olduğunu belirtmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre uygulama dozu arttıkça bitki I içeriğinin arttığını tespit etmişlerdir.

Puccinelli ve ark. (2020) aeroponik ve yüzer sistemde yetiştirilen tatlı fesleğen ve marulun besin çözeltisine ilave edilen 10 µM I (KI) ile desteklendiği çalışmada yaprak I içeriğinin her 2 sistemde de arttığı fakat aeroponik sistemde daha etkili birikim olduğunu belirtilmiştir. Aeroponik sistemde KI ile muamele edilmiş fesleğen bitkilerinde, yaprak I içeriği 9.76 ile 23.58 mg kg^{-1} (yaş ağırlık) arasında değişmiştir.

Sahin (2020) topraksız kültürde yetiştirilen marulda (*Lactuca sativa* L. *cv. Sementel*) yaptığı bir çalışmada I, Se ve Zn ile biyozenginleştirilmesi amaçlamıştır. Bu kapsamda; içeriği belirtilen besin çözeltisini (NO_3 19.25; H_2PO_4 2; SO_4 1.125; K 1.25; Ca 4.5; Mg 1; Fe 40; Zn 5; B 30; Cu 0.75; Mo 0.5; Mn 5 mmol L^{-1}, pH 6.28, EC 2.36 mS

cm^{-1}) bitkilere uygulamışlardır. İyot, Se ve Zn besin çözeltisine 150 mM I ($NaIO_3$), 20 mM Se (Na_2SeO_4), 50 mM Zn ($ZnSO_4.7H_2O$) olarak eklenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bitki yapraklarında I içeriği kontrol grubunda 2.42mg kg^{-1} olduğu ve kontrole kıyasla kombine uygulama sonucunda 2.47 mg kg^{-1} konsantrasyonuna çıktığı tespit edilmiştir. Uygulamanın bitki yapraklarında I, Se ve Zn içeriğini arttırdığı tespit edilmiştir.

Topraksız kültürde yapılan bir diğer çalışmada Li ve ark. (2017), çileğe 0, 0.25, 0.50, 1.00, 2.50, 5.00 mg L^{-1} dozlarında KI ve KIO_3 uygulamışlardır. Besleyici solüsyonu 5 günde bir değiştirmişlerdir. Yapılan uygulamalardan sonra taze çilek meyvelerinin iyot içeriklerinin kontrol grubu dışında 600-4000 µg kg^{-1} arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre KI ve KIO_3 artan konsantrasyonlarında çilek bitkilerinin iyot alımının arttığı görülmüştür.

Landini ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada topraksız kültürde ve yapraktan uygulama ile domatesin uygulanan I'un ne kadarını meyveye taşıdığını belirlemeye çalışmışlardır. Bu kapsamda 5, 10 ve 20 mM dozlarında radyoaktif iyot kullanmışlardır. Yaş ağırlık bazında 5 mM dozunda 3000 mg I kg^{-1},10 mM dozunda 5000 mg I kg^{-1}, 20 mM dozunda 9000 mg I kg^{-1} olduğu tespit edilmiştir, bunun yanında uygulanan doz arttıkça iyot içeriğinin de arttığını belirlemişlerdir.

Su kültüründe yetiştirilen marulda yapılan bir çalışmada Blasco ve ark. (2008), I'un 10, 20, 40, 80, 120, 160 ve 240 µmol I L^{-1} dozlarında KI ve KIO_3 olarak uygulanmış ve I'un sınır değerini tespit etmeye çalışmışlardır. Yapılan çalışmada uygulanan I'un kök ve yaprak kalitesine olan etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak su kültürü yetiştiriciliğinde uygulanabilecek en uygun iyot dozunun 40 µM veya daha düşük olması gerektiğini belirlemişlerdir.

4.1.2. Pişmiş Bitki Örneklerinin İyot İçeriği Analiz Sonuçları

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.2.) topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının pişirilmiş ıspanağın I içeriği üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamaları ile pişirilmiş ıspanağın I içeriğine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Topraktan Uygulama			Yapraktan Uygulama		
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Doz	**3**	41173.7	13724.6	16960.92**	82291.7	271430.6	14943.96**
Hata	**8**	6.5	0.8		14.7	1.8	
Toplam	**11**	41180.2			82306.4		
C.V. (%)	90.54				80.72		

** : p<0.01. * : p<0.05

Pişmiş bitki örneklerinin I içeriği (Çizelge 4.4.) kontrol grubunda 0.371 mg I kg^{-1} konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Kontrol grubuna oranla uygulamalarda I konsantrasyonu değişimi %+10168.19 ile %+61005.12 arasındadır. İyot uygulamaları ile kontrol grubuna oranla en yüksek I içeriği artışı yapraktan %0.1 I uygulamasında 226.70 mg I kg^{-1} konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Kontrol grubu dışındaki uygulamalarda en düşük I içeriği topraktan 10 mg kg^{-1} uygulamasında 38.09 mg I kg^{-1} konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının tümünde, pişmiş bitki örneklerinin I içeriğinin çiğ örneklere oranla azaldığı görülmüştür. Haşlama işlemi ile bitki iyot içeriğinin azaldığını gösteren sonuçlarımız Caffagni ve ark. (2012)'nın pişirme denemelerinde patatesin iyot içeriğinde haşlama sonrasında önemli bir azalma olduğunu belirledikleri sonuçlar ile örtüşmektedir ve elde edilen sonuçlar bize pişirme şeklinin (haşlama, fırınlama, kızartma, buharda pişirme vb.) bitkilerin yenilebilir kısımlarındaki I içeriğini önemli seviyede etkilediğini göstermektedir. Ayrıca Caffagni ve ark. (2012) patatesi fırınlama işleminde I içeriğinde kayıp olmadığını belirtmişlerdir ve bu durum bize pişirme yönteminin (haşlama, fırınlama, buharda pişirme vb.) bitki I içeriği üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Comandini ve ark. (2013) yaptıkları bir pişirme testinde üstü kapalı paslanmaz çelik bir kaptaki 4 L suya I içeriği 3 mg $100g^{-1}$ olan iyotlu tuzu kaynatılma esnasında ilave etmişlerdir. Tuz tamamen çözündüğünde, kaynayan suya sebzeler (patates ve havuç, her ikisi de yaklaşık 1 kg (Sebzelerin su oranı 1:4 olacak şekilde)) ilave edilmiştir. Patates ve havuç orta ateşte haşlanmışlardır (patates 100 ^{0}C'de 35 dk, havuç 100 ^{0}C'de 25 dk). Pişirmenin sonunda numunelerin suyu süzülmüş ve oda sıcaklığında soğutulmuşlardır. Elde edilen sonuçlar pişirme sonrasında patates ve havuçlarda yaşanan iyot kaybının istatistiksel olarak önemsiz olduğunu göstermiştir ve bu sonuçlar elde ettiğimiz sonuçlarla

ters düşmektedir. Bu durumun nedeni olarak iyotça zenginleştirme yönteminin, kullanılan bitki (yaprağı tüketilen ve yumrusu tüketilen veya depo kök) veya bitki:su oranının farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.1.3. Ispanağı Pişirmede Kullanılmış Suyun I İçeriği Analiz Sonuçları

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.3.) topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının ıspanağı pişirmede kullanılmış suyun I içeriği üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamaları ile pişirmede kullanılan suyun I içeriğine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Topraktan Uygulama			Yapraktan Uygulama		
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Doz	**3**	0.016	0.005	9304.11**	0.042	0.014	13098.11**
Hata	**8**	0	0		0.000	0	
Toplam	**11**	0.016			0.042		
C.V. (%)	68.24				73.99		

** : p<0.01. * : p<0.05

Pişirme sonrası örneklenmiş olan ıspanağı pişirmede kullanılmış suyun I içeriği (Çizelge 4.4.) kontrol grubunda 0.019 mg I kg^{-1} konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Kontrol grubuna oranla uygulamalarla I içeriği değişimi %+100 ile %+790 arasındadır. Kontrol grubuna oranla en yüksek iyot içeriği yapraktan %0.1 uygulamasında 0.178 mg I kg^{-1} konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Kontrol grubu dışındaki uygulamalarda en düşük I içeriği topraktan 10 mg kg^{-1} uygulamasında 0.038 mg I kg^{-1} konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Pişirme işleminde bitkide meydana gelen I kaybı ve suya geçen I miktarı karşılaştırıldığında (Çizelge 4.4.) yapraklardaki I'un büyük kısmının buharlaşma yolu ile kaybedildiği belirlenmiştir. Literatür taramasında haşlamada kullanılan suyun I içeriği ile ilgili elde ettiğimiz sonuçları destekleyecek bilgiye ulaşılamamıştır.

Çizelge 4.4. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamaların bitkide, pişirilmiş bitkide ve pişirmede kullanılan suda İyot içeriğinin değişimi (%)

Parametreler	Topraktan Uygulama					Yapraktan Uygulama				
	Dozlar					Dozlar				
	Kontrol	mg kg^{-1}			Genel Ortalama	Kontrol	%			Genel Ortalama
		10	20	40			0.0025	0.05	0.1	
Bitkide I (mg kg^{-1})	0.954±0.033^{D}	46.08±0.971^{C}	80.79±12.60^{B}	190.29±8.26^{A}	79.5±73.3	0.954±0.033^{D}	86.97±11.99^{C}	228.93±13.76^{B}	355.65±3.86^{A}	168.1±141.7
% Değişim		4730.19	8268.55	19846.54			9016.35	23896.86	37179.87	
Pişmiş Bitkide I (mg kg^{-1})	0.371±0.037^{D}	38.09±0.385^{C}	71.69±0.724^{B}	157.34±1.59^{A}	66.87±59.6	0.371±0.037^{D}	75.73±0.765^{C}	121.54±1.23^{B}	226.70±2.29^{A}	106.09±84.5
% Değişim		10168.19	19222.37	42309.70			20313.75	32660.11	61005.12	
Suda I (mg kg^{-1})	0.019±0.000^{D}	0.038±0.000^{C}	0.049±0.000^{B}	0.118±0.001^{A}	0.056±0.04	0.019±0.000^{D}	0.049±0.000^{C}	0.089±0.000^{B}	0.178±0.001^{A}	0.084±0.062
% Değişim		100	150	490			150	345	790	

$^{A.B}$: P<0.01 $^{a.b}$: P<0.05

4.2. I Uygulamaların Büyüme Parametrelerine Etkisi

Matador çeşidi ıspanağın topraktan ve yapraktan I uygulamalarına verdiği tepkiler alt başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.1. Bitki Kuru Ağırlığı

Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının Matador çeşidi ıspanağın kuru ağırlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5.'te, elde edilen ortalama kuru ağırlık değerleri Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.5.) topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının ıspanağın bitki kuru ağırlığı üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının bitki kuru ağırlığına (g) ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	**Serbestlik Derecesi**	**Topraktan Uygulama**			**Yapraktan Uygulama**		
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Doz	**3**	23.89	7.96	608.23**	6.37	2.12	57.63**
Hata	**8**	0.10	0.01		0.29	0.04	
Toplam	**11**	23.99			6.67		
C.V. (%)	20.11				12.54		

** : $p<0.01$

Bitki kuru ağırlığının I uygulamaları sonucu değişimi (Çizelge 4.9.) kontrol grubuna (8.40 g) oranla %-40.65 azalma ile %+13.81 artış arasındadır. Kontrol grubuna oranla en yüksek bitki kuru ağırlığı topraktan 10 mg I kg^{-1} uygulamasında 9.62 g, en düşük kuru ağırlık ise yapraktan %0.1 I uygulamasında 4.96 g olduğu tespit edilmiştir. Topraktan 10 mg I kg^{-1} uygulaması bitki kuru ağırlığını kontrol grubuna oranla artırmış, diğer uygulamalarda ise bitki kuru ağırlığı azalmıştır. Topraktan uygulamada en düşük doz olan 10 mg I kg^{-1} uygulamasında bitki kuru ağırlığının kontrol grubuna oranla arttığını gösteren sonuçlarımız daha önce yapılan bazı çalışmalar ile uyumludur.

Altınok ve ark. (2003) yapmış oldukları çalışmada iyotun farklı konsantrasyonlarının ve uygulama metotlarının yonca (*Medicago sativa* L.) yem verimine etkisini değerlendirmişlerdir. İlk deneme yılında potasyum iyodür (KI) konsantrasyonları 0, 1, 1.5 ve 2 kg ha^{-1} olmak üzere tohum ekme işleminden hemen sonra toz halde, ikinci

yılda ise aynı iyot dozları ilk hasattan 2 hafta önce yapraktan püskürtme şeklinde uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda 1999 yılında yapılan 3. hasatta kuru madde miktarlarının artan dozlarda sırasıyla 3050, 2863, 3187, 3340 kg ha^{-1} olarak değiştiğini, 1999 yılının 4. hasatında ise kuru madde miktarlarının artan dozlarda sırasıyla 1917, 2267, 2473, 2677 kg ha^{-1} olarak değiştiğini belirtmişlerdir.

Kiferle ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada hem açık alanda hem de büyüme odasında yetiştirilen fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkilerinin iyot biyo-güçlendirmesini değerlendirmişlerdir. İyot sulama suyu ile iyodür (KI) ve iyodat (KIO_3) olarak açık alan deneylerinde 0; 0.1; 1; 10 mM dozlarında, bitki büyütme odası deneylerinde ise sulama suyuna 10 µM; 0.1 mM; 1 mM; 10 mM; 100 mM dozlarında uygulanmıştır. Açık alan denemelerinde bitki kuru ağırlığının kontrol grubuna (4.5 g) oranla 0.1 mM KI (4.6 g) ve KIO_3 (4.7 g) uygulamalarında arttığı tespit edilmiştir. Bitki büyütme odası demelerinde ise bitki kuru ağırlığının kontrol grubuna oranla (0.76 g) 10 µM KI (0.78 g) ve KIO_3 (0.82 g) dozunda arttığı belirtilmiştir.

I uygulamalarının artan dozlarında bitki kuru ağırlığının kontrol grubuna oranla azaldığını gösteren sonuçlarımız ise daha önceden yapılan bazı çalışmalar ile uyum içerisindedir.

Mackowiak ve Grossl (1999) yapmış oldukları çalışmada topraksız tarım kültüründe çeltikte (*Oryza sativa* L.) iyodür ve iyodatın etkilerini incelemişlerdir. Dikimden 26 gün sonra 0, 1, 10, 100 µM I^- ve IO_3^- dozları besleyici çözeltiye dahil edilmiştir. Hasat işleminin sırasıyla 46, 77 ve 113. günde yapıldığını belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre 113. günde hasat edilen bitkilerin yapraklarının bitki başına kuru biyokütlesinin I^- uygulamalarında kontrol grubuna oranla tüm uygulamalarda düştüğünü belirtmişlerdir (artan dozlarda sırasıyla 6.2 g, 6 g, 3.5 g, 0.9 g). IO_3^- uygulamalarında ise, 1 µM I dozunun yaprak kuru ağırlığını kontrol grubuna oranla artırdığını, artan dozlarda ise yaprak kuru ağırlığının düştüğünü belirtmişlerdir (artan dozlarda sırasıyla 6.2 g, 7 g, 5.9 g, 5.2 g).

Kiferle ve ark. (2013) yapmış oldukları çalışmada domatese potasyum iyodür (KI) ve potasyum iyodatı (KIO_3) kaynak seçerek topraktan 0, 0.5, 1, 2, 5, 10 mM I dozlarında uygulama yapmışlardır. Örnekledikleri domateslerde kırmızı veya kırmızıya dönmek üzere olan meyveleri seçmişlerdir. Kontrol grubuna oranla tüm dozlarda KI ve KIO_3

uygulamalarının domates meyvelerinin kuru madde ağırlığında azalmaya sebep olduğunu gözlemişlerdir.

Puccinelli ve ark. (2020)'nın yüzer sistem ve aeroponik sistemde tatlı fesleğen ve marulu iyotça biyolojik olarak zenginleştirmeyi amaçladıkları çalışmada, elde ettikleri sonuçlara göre her iki sistemde de (yüzer sistem ve aeroponik) KI ilavesinin fesleğenin biyolojik olarak güçlendirilmesi için etkili bir yöntemi temsil ettiğini tespit etmişlerdir, fakat uygulama ile marulun kuru biyokütlesinin azalttığını gözlemişlerdir. Marul yapraklarının kuru madde ağırlığı kontrol grubunda yüzer sistemde 0.085 g ile 0.096 g arasında; yapılan 10 μM I uygulaması sonucunda 0.091 g ile 0.029 g arasında değiştiği belirtilmiştir. Aeroponik sistemde marul yapraklarının kuru madde miktarı kontrol grubunda 0.358 g ve yapılan uygulama sonucunda ise 0.249 g olduğu tespit edilmiştir.

Ujowundu ve ark. (2010), sulama suyuna 0, 10, 40, 80 ug L^{-1} KIO_3 ilave ederek oluklu kabak, sakız kabak ve sarmaşık dalında iyot seviyesini artırmayı amaçladıkları çalışmada, uygulamaların sebzelerin kuru biyokütlesi üzerindeki etkilerinin istatistiki olarak önemli olmadığını belirtmişlerdir. Bu bilgi elde ettiğimiz sonuçlarla ters düşmektedir. Bu zıtlığın çalışmada kullanılan bitki materyali, uygulanan I dozları ve uygulama şeklinin ve zamanının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.2. Bitki Boyu

Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının Matador çeşidi ıspanağın bitki boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6.'da, elde edilen ortalama bitki boyu değerleri ise Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.6.) topraktan iyot uygulamalarının ıspanağın bitki boyu üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının bitki boyuna (cm) ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Topraktan Uygulama			Yapraktan Uygulama		
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Doz	**3**	50.79	16.93	108.07**	70.86	23.62	14.11**
Hata	**8**	1.25	0.16		13.39	1.67	
Toplam	**11**	52.05			84.25		
C.V. (%)	11.55				17.79		

** : $p<0.01$

Topraktan ve yapraktan I uygulamalarının bitki boyunda meydana getirdiği değişimler incelendiğinde (Çizelge 4.9.); kontrol grubunda 19 cm olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubuna oranla bitki boyunda meydana gelen değişimler %-33.89 ile %+15.79 arasındadır. Kontrol grubuna oranla en yüksek bitki boyu topraktan 10 mg I kg^{-1} uygulamasında 21.6 cm, en düşük bitki boyu ise yapraktan % 0.1 I uygulamasında 12.6 cm olduğu tespit edilmiştir. Topraktan 10 mg I kg^{-1} uygulaması bitki boyunu artırmış iken 20 mg I kg^{-1} uygulaması bitki boyunu etkilememiştir. Diğer tüm uygulamalar ise bitki boyunda azalmaya neden olmuştur. Topraktan ve yapraktan I uygulamalarının bitki boyuna etkisini gösteren elde ettiğimiz sonuçlar daha önce yapılmış olan bazı çalışmalar ile uyum içerisindedir.

Dobosy ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada KI içeren suyla sulanan yeşil fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve marul (*Lactuca sativa* L.) bitkilerini kireçli-kumlu toprak sisteminde iyotla biyolojik olarak güçlendirmeyi hedeflemişlerdir. Bu kapsamda bitkileri 0.10, 0.25, 0.50 mg I L-1 konsantrasyonuna sahip su ile sulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre uygulama dozu arttıkça marul bitkilerinde yaprak sayısının arttığı, buna karşı bitki boyunda azalma meydana geldiği belirtilmiştir.

Altınok ve ark. (2003), yapmış oldukları çalışmada iyotun farklı konsantrasyonlarının ve uygulama metotlarının yonca (*Medicago sativa* L.) yem verimine etkisini değerlendirmişlerdir. İlk deneme yılından potasyum iyodür (KI) konsantrasyonları 0, 1, 1.5 ve 2 kg ha^{-1} olmak üzere tohum ekme işleminden hemen sonra toz halde, ikinci yılda ise aynı iyot dozları ilk hasattan 2 hafta önce yapraktan püskürtme şeklinde uygulanmıştır. Bitki boyunun kontrol grubuna oranla tüm uygulamalarda arttığı ve en yüksek dozda (2 kg KI ha^{-1}) en yüksek değere (53 cm) ulaştığı gözlenmiştir (ilk yıl

48-53 cm arasında, 2. yılda 76-80 cm arasında). Yapraktan uygulamalarda bitki boyunda daha fazla artış olduğunu belirtmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar bizim sonuçlarımız ile ters düşmektedir. Bu karşıt durumun sebebinin uygulanan I dozlarının ve bitki materyallerinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.3. Yaprak Boyu

Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının Matador çeşidi ıspanağın yaprak boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7.'de, elde edilen ortalama yaprak boyu değerleri ise Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.7.) topraktan iyot uygulamalarının ıspanağın yaprak boyu üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının yaprak boyuna (cm) ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Topraktan Uygulama			Yapraktan Uygulama		
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Doz	**3**	36.34	12.11	23.57**	41.08	13.69	37.88**
Hata	**8**	4.11	0.51		2.89	0.36	
Toplam	**11**	40.45			43.97		
C.V. (%)	19.53				22.33		

** : $p<0.01$

Topraktan ve yapraktan I uygulamalarının yaprak boyunda meydana getirdiği değişimler incelendiğinde (Çizelge 4.9.); kontrol grubunda 12 cm olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubuna oranla yaprak boyunda meydana gelen değişimler %-38.75 ile %0 arasındadır. Kontrol grubuna oranla topraktan 10 mg I kg^{-1} uygulamasının yaprak boyunu etkilemediği tespit edilmiştir. Yaprak boyunda en fazla azalma kontrol grubuna oranla yapraktan %0.1 I uygulamasında görülmüştür ve 7.3 cm olduğu tespit edilmiştir. Topraktan 10 mg I kg^{-1} dozunun üstündeki I uygulamalarında ve yapraktan tüm I uygulamalarında yaprak boyunda azalma meydana gelmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar daha önce yapılan bazı çalışmalar ile uyum içerisindedir.

Aksu ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada yapraktan püskürtme ile iki farklı zamanda (hasattan 1 ve 2 hafta önce) uygulanan 5 farklı KI dozunun (0; 0,2; 0,4; 0,8; 1

mM) roka bitkisine etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak, bitkilerin iyota maruz kaldığı süreye paralel olarak yaprak boyunda istatistiki olarak önemli düzeyde azalma (hasattan 2 hafta önce uygulamalarında kontrol bitkisinde 12.50 cm, 1 mM KI dozunda 10.97 cm) meydana geldiği tespit edilmiştir.

Dobosy ve ark. (2020), yeşil fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve marul (*Lactuca sativa* L.) bitkilerini kireçli-kumlu toprak sisteminde KI ilave edilmiş sulama suyu ile iyotla biyolojik olarak güçlendirmeyi hedeflemişlerdir. Bu kapsamda bitkileri 0.10, 0.25, 0.50 mg I L^{-1} konsantrasyonuna sahip su ile sulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre uygulama dozu arttıkça marul bitkilerinde yaprak boyunda, genel yaprak boyutunda, azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir.

4.2.4. Yaprak Eni

Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının Matador çeşidi ıspanağın yaprak eni değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8.'de, elde edilen ortalama yaprak boyu değerleri ise Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.8.) topraktan iyot uygulamalarının ıspanağın yaprak eni üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamalarının yaprak enine (cm) ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	**Serbestlik Derecesi**	**Topraktan Uygulama**			**Yapraktan Uygulama**		
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Doz	**3**	9.00	3.00	63.13**	6.51	2.17	433.94**
Hata	**8**	0.38	0.05		0.04	0.01	
Toplam	**11**	9.38			6.55		
C.V. (%)	16.54				14.45		

** : $p<0.01$

Topraktan ve yapraktan I uygulamalarının yaprak eninde meydana getirdiği değişimler incelendiğinde (Çizelge 4.9.); kontrol grubunda 6.5 cm olduğu tespit edilmiştir. Meydana gelen değişimlerin kontrol grubuna oranla %-29.87 ile %-8.54 arasında olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubuna oranla tüm uygulamalarda yaprak eni azalmış, en fazla azalma yapraktan %0.05 I uygulamasında 4.6 cm olduğu tespit

edilmiştir. Topraktan I uygulamalarında uygulama dozu arttıkça yaprak eninde daha fazla azalma olduğu görülmüştür. Yapraktan I uygulamalarında ise yaprak enindeki azalmaların düzensiz olduğu tespit edilmiştir. Topraktan ve yapraktan I uygulamalarının yaprak eninde azalma olduğunu gösteren elde ettiğimiz sonuçlar paralelinde veriler daha önce; Aksu ve ark. (2016)'nın yapmış oldukları, hasattan 1 ve 2 hafta önce yapraktan püskürtme yöntemi ile 5 farklı KI dozunun (0; 0,2; 0,4; 0,8; 1 mM) uygulandıkları çalışmada görülmüştür. Araştırmacılar bu çalışmalarında bitkilerin iyota maruz kaldığı süreye paralel olarak yaprak eninde istatistiki olarak önemli düzeyde azalma meydana geldiğini (hasattan 2 hafta önce uygulamalarında kontrol grubunda 2.80 cm, 1 mM KI dozunda 2.25 cm) belirtmişlerdir ve bu sonuç bizim sonuçlarımızla örtüşmektedir.

Çizelge 4.9. Topraktan ve yapraktan iyot uygulamaların bitki büyüme parametrelerinde meydana getirdiği değişimlerin yüzde (%) değerleri

Parametreler	Topraktan Uygulama					Yapraktan Uygulama				
	Dozlar					Dozlar				
	Kontrol	mg kg^{-1}			Genel Ortalama	Kontrol	%			Genel Ortalama
		10	20	40			0,0025	0,05	0,1	
Kuru Ağırlık (g)	8.40±0.06^{B}	9.62±0.07^{A}	7.18±0.20^{C}	5.77±0.05^{D}	7.74±1.48	8.40±0.06^{A}	6.51±0.25^{B}	6.55±0.25^{B}	4.96±0.13^{C}	6.60±0.77
% Değişim		13.81	-12.14	-30.60			-22.5	-22.02	-40.65	
Bitki Boyu (cm)	19.0±0.01^{B}	21.6±0.40^{A}	19.0±0.00^{B}	15.8±0.68^{C}	18.9±2.17	19.0±0.01^{A}	16.5±2.50^{AB}	14.2±0.29^{B}	12.6±0.6^{B}	15.6±2.76
% Değişim		15.79	0	-15.8			-13.15	-25.47	-33.89	
Yaprak Boyu (cm)	12.0±1.00^{A}	12.0±1.00^{AB}	7.7±0.23^{C}	8.6±0.05^{BC}	9.8±1.91	12.0±1.0^{A}	8.9±0.57^{B}	7.6±0.30^{B}	7.3±0.15^{B}	8.9±1.99
% Değişim		0	-36.67	-28.33			-26.16	-36.66	-38.75	
Yaprak Eni (cm)	6.6±0.12^{A}	6.1±0.06^{AB}	5.5±0.10^{B}	4.2±0.40^{C}	5.6±0.92	6.6±0.12^{A}	5.1±0.06^{B}	4.6±0.01^{C}	5.1±0.05^{B}	5.3±0.77
% Değişim		-8.54	-16.16	-28.35			-21.78	-29.87	-23.78	

^{A,B} : P<0.01

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık 1/3'i günlük tüketmesi gereken I miktarını (yetişkinler için 150 µg) tüketememektedir. İnsanlarda iyot tüketimi önerilen seviyelerin altına düştüğünde ve tiroid bezinin artık yeterli miktarda tiroid hormonu sentezleyemediği durumlarda ortaya çıkan (iyot eksikliği rahatsızlıkları) IDD yaşamın herhangi bir aşamasında kendini gösterebilir. Ancak iyot eksikliğinin en yıkıcı sonuçları fetal gelişim kısıtlığı, ölü doğum, düşükler ve büyüme zayıflığı olarak ortaya çıkabilir. Her ne kadar kretinizm (tiroid hormonu yetersizliği) en uç nokta olsa da, daha büyük öneme sahip olan, okul çağı çocuklarında öğrenme zorluğuna, azalan entellektüel yeteneğe ve bozulmuş çalışma kapasitesine yol açabilir. IDD önlenebilir halk sağlığı sorunlarının başında gelmektedir.

Dünyada yeterli I tüketimini sağlayabilmek için tuz iyotlaştırması mezvuatları Türkiye dahil birçok ülkede uygulanmaktadır ve diyetlere I takviyesinin en kolay ve faydalı yolu olarak kabul edilmiştir. Fakat birçok gelişmiş veya gelişmekte olan ülkede ciddi sağlık sorunlarının nedeni olarak yüksek seviyede tuz tüketimlerini kısıtlama veya tamamen ortada kaldırma girişimleri son yıllarda hız kazanmıştır. Bu karşıt durum günlük yeterli I tüketim seviyesine ulaşabilmek için yeni yöntemleri zorunlu hale getirmektedir. Doğrudan tüketilen sebze ve meyvelerin iyotça biyozenginleştirilmesi uygulamaları dünyada tercih edilmeye başlanılmış yöntemlerin başında gelmektedir.

Bu çalışmada topraktan ve yapraktan artan dozlarda I uygulamaları ile ıspanağın iyotça zenginleştirilmesi ve insanların günlük tüketmesi gereken I miktarının önerilen seviyelere yükseltilmesine katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Topraktan ve yapraktan I uygulamaları ile ıspanak yapraklarında uygulama dozuna paralel şekilde artan miktarlarda I birikimi sağlanmıştır. Topraktan ve yapraktan I uygulamalarının ıspanakta yüksek konsantrasyonda I birikimi üzerine olan etkileri uygulama dozlarının yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Pişirilmiş bitkilerde çiğ bitkilere oranla, I kaybı gerçekleşmiş ve bu kaybın istatistiki olarak önemli seviyede ($P<0.01$) olduğu görülmüştür. Pişirmede kullanılan suya az da olsa I geçişi olduğu belirlenmiştir ama pişirme işlemi ile suya geçen I miktarı çiğ bitkideki I miktarı ile karşılaştırıldığında haşlama esnasında buharlaşma yolu ile I kaybı yaşandığı görülmüştür. Elde ettiğimiz sonuçlarla birlikte daha önce yapılan bazı çalışmalar da kullanılan bitki

çeşidinin, pişirme yönteminin ve pişirme süresinin bitki I içeriğini etkilediğini belirtmiştir. Buna göre farklı popüler ıspanak çeşitlerinin kullanılacağı I uygulamalarının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Yapraktan I uygulamaları ile ıspanaklardaki I konsantrasyonlarının topraktan uygulamalara oranla daha fazla artış gösterdiği görülmüştür. Bu durumun ortaya çıkmasında uygulanan dozların farklı olması ve yapraktan uygulamanın 2 hafta ara ile 2 kez tekrarlanmış olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bundan dolayı I uygulama zamanının önemi ortaya çıkmaktadır. Yapraktan uygulamalarda I içeriği artmış, buna karşı bitki kuru ağırlığında, bitki boyunda, yaprak boyunda ve yaprak eninde kontrol grubuna oranla istatistiki olarak önemli seviyede azalmalar meydana gelmiştir.

Çalışma sonucunda elde ettiğimiz veriler ıspanak bitkisinin I içeriğini arttırmak için kaynak olarak KIO_3 kullanılabileceğini ve hem topraktan ekim veya dikim anında hem de yapraktan püskürtme ile uygulanabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, bitki I konsantrasyonunun fazla yüksek çıkması ve bazı büyüme parametrelerinde dikkate değer şekilde azalmaların görülmesi, I dozu ile uygulama şeklinin ve uygulama zamanının da önemli olduğunu göstermiştir. Topraktan uygulama ekim veya dikim anında yapılabildiğinden ayrıca uğraş gerektirmemektedir, fakat elde ettiğimiz sonuçlar 10 mg kg^{-1} dozunun üstündeki dozlarda bitki büyümesinde gerilemeye yol açtığını göstermiştir. Bundan dolayı, topraktan I uygulamayı içeren daha dar aralıklarda I dozu uygulama çalışmalarının yapılması faydalı olacaktır.

Topraktan ve yapraktan I uygulamaları ile ıspanak iyotça zenginleştirilebilmiştir. Fakat ıspanak yapraklarında kontrol grubu dışındaki bitkilerde biriken I miktarının 1 porsiyon (~150g) ıspanak tüketiminde insanların günlük alması gereken I miktarının (yetişkinler için 150µg $gün^{-1}$) çok üzerinde olduğu görülmüştür. Buna göre, I bakımından yüksek düzeyde zenginleştirilmiş ıspanak ürünlerinin günlük tüketim dozunun belirlenmesi ile bu ürünlerin bilhassa endüstriyel gıda uygulamalarında günlük doz aşımına uğramayacak şekilde farklı gıda ürünleri ile harmanlanması konusunda gerekli hassasiyetin gösterilmesi ve uygun şekilde etiketlenmesi önem arz etmektedir. Pazarlarda veya marketlerde satılmak üzere yapılacak zenginleştirme çalışmalarında ise, bitki I içeriğinin insanlar için zararlı olabilecek seviyeyi aşmadan günlük tüketilmesi gereken I miktarına katkı sağlayabilecek seviyede artırılabilmesi için yapraktan ve topraktan yapılacak daha detaylı ve düşük I dozu ve uygulama zamanı üzerinde duran çalışmaların

planlanması faydalı olacaktır. Bu düşük dozlarda optimum uygulamaların saptanması, aynı zamanda I uygulaması ile muhtemel bitki gelişimi gerilemesine bağlı muhtemel verim kaybının da önüne geçebilecektir.

İyotun bitki bünyesindeki etkilerinin moleküler seviyede anlaşılabilmesi için çeşitli metabolik işlevlerdeki etkilenmelerin saptanması, bitkide hangi seviyede iyot birikiminin hangi metabolik işlevlerde ne tür metabolitler üzerine etkili olduğu ve toksisiteye hangi durumlarda yol açmaya başladığının tam olarak anlaşılabilmesi için ve de konunun yeni açılımları olarak çeşitli fizyolojik testlerin de (MDA, prolin, antioksidant, enzim vb.) dahil edilebileceği doktora düzeyinde fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler çalışmaların planlanmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Ayrıca insan sağlığı için kritik rol oynayan diğer sağlık elementleri ile ikili veya çoklu kombine uygulamalar ile elementlerin birbirleri ile aralarındaki etkileşimlerini, bitki gelişimi üzerine olumlu/olumsuz etkilerini incelemek için de ayrıca detaylı çalışmaların planlanmasının konunun kapsamlı bir şekilde anlaşılması için yararlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Aksu, G., Temel, E. ve Altay, H., 2016, Yaprak Gübrelemesi ile Roka (Eruca vesicaria) Bitkisinin İyotça Zenginleştirilmesi, *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 (2), 97-104.

Altınok, S., Sozudogru-Ok, S. ve Halilova, H., 2003, Effect of iodine treatments on forage yields of alfalfa, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34 (1-2), 55-64.

Blasco, B., Rios, J., Cervilla, L., Sánchez-Rodrigez, E., Ruiz, J. ve Romero, L., 2008, Iodine biofortification and antioxidant capacity of lettuce: potential benefits for cultivation and human health, *Annals of Applied Biology*, 152 (3), 289-299.

Caffagni, A., Arru, L., Meriggi, P., Milc, J., Perata, P. ve Pecchioni, N., 2011, Iodine fortification plant screening process and accumulation in tomato fruits and potato tubers, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42 (6), 706-718.

Caffagni, A., Pecchioni, N., Meriggi, P., Bucci, V., Sabatini, E., Acciarri, N., Ciriaci, T., Pulcini, L., Felicioni, N. ve Beretta, M., 2012, Iodine uptake and distribution in horticultural and fruit tree species.

Cakmak, I., Prom-u-thai, C., Guilherme, L. R. G., Rashid, A., Hora, K. H., Yazici, A., Savasli, E., Kalayci, M., Tutus, Y., Phuphong, P., Rizwan, M., Martins, F. A. D., Dinali, G. S. ve Ozturk, L., 2017, Iodine biofortification of wheat, rice and maize through fertilizer strategy, *Plant and Soil*, 418 (1-2), 319-335.

Comandini, P., Cerretani, L., Rinaldi, M., Cichelli, A. ve Chiavaro, E., 2013, Stability of iodine during cooking: investigation on biofortified and not fortified vegetables, *International journal of food sciences and nutrition*, 64 (7), 857-861.

Dai, J.-L., Zhu, Y.-G., Zhang, M. ve Huang, Y.-Z., 2004, Selecting iodine-enriched vegetables and the residual effect of iodate application to soil, *Biological trace element research*, 101 (3), 265-276.

Dai, J., Zhu, Y., Huang, Y., Zhang, M. ve Song, J., 2006, Availability of iodide and iodate to spinach (Spinacia oleracea L.) in relation to total iodine in soil solution, *Plant and Soil*, 289 (1-2), 301-308.

De Benoist, B., McLean, E., Andersson, M. ve Rogers, L., 2008, Iodine deficiency in 2007: global progress since 2003, *Food and nutrition bulletin*, 29 (3), 195-202.

Dilek, E. ve Tütüncüler, F., 2016, İyot Yetersizliği Hastalıklarında Dünyada ve Türkiye'de Güncel Durum, *Türkiye Klinikleri Pediatrik Bilimler-Özel Konular*, 12 (2), 7-13.

Dobosy, P., Kröpfl, K., Óvári, M., Sandil, S., Németh, K., Engloner, A., Takács, T. ve Záray, G., 2020, Biofortification of green bean (Phaseolus vulgaris L.) and lettuce (Lactuca sativa L.) with iodine in a plant-calcareous sandy soil system irrigated with water containing KI, *Journal of Food Composition and Analysis*, 88, 103434.

Eckhoff, K. M. ve Maage, A., 1997, Iodine Content in Fish and Other Food Products

from East Africa Analyzed by ICP-MS, *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 270-282.

Fuge, R. ve Johnson, C. C., 2015, Iodine and human health, the role of environmental geochemistry and diet, a review, *Applied Geochemistry*, 63, 282-302.

Golob, A., Novak, T., Maršić, N. K., Šircelj, H., Stibilj, V., Jerše, A., Kroflič, A. ve Germ, M., 2020, Biofortification with selenium and iodine changes morphological properties of Brassica oleracea L. var. gongylodes) and increases their contents in tubers, *Plant Physiology and Biochemistry*.

Jopke, P., Bahadir, M., Fleckenstein, J. ve Schnug, E., 1996, Iodine determination in plant materials, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 27 (3-4), 741-751.

Kiferle, C., Gonzali, S., Holwerda, H. T., Real Ibaceta, R. ve Perata, P., 2013, Tomato fruits: a good target for iodine biofortification, *Frontiers in plant science*, 4, 205.

Kiferle, C., Ascrizzi, R., Martinelli, M., Gonzali, S., Mariotti, L., Pistelli, L., Flamini, G. ve Perata, P., 2019, Effect of Iodine treatments on Ocimum basilicum L.: Biofortification, phenolics production and essential oil composition, *PLoS One*, 14 (12), e0226559.

Landini, M., Gonzali, S. ve Perata, P., 2011, Iodine biofortification in tomato, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174 (3), 480-486.

Li, R., Liu, H. P., Hong, C. L., Dai, Z. X., Liu, J. W., Zhou, J., Hu, C. Q. ve Weng, H. X., 2017, Iodide and iodate effects on the growth and fruit quality of strawberry, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97 (1), 230-235.

Mackowiak, C. ve Grossl, P., 1999, Iodate and iodide effects on iodine uptake and partitioning in rice (Oryza sativa L.) grown in solution culture, *Plant and Soil*, 212 (2), 133-141.

Mottiar, Y. ve Altosaar, I., 2011, Iodine sequestration by amylose to combat iodine deficiency disorders, *Trends in Food Science & Technology*, 22 (6), 335-340.

Organization, W. H., 2007, Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers.

Pearce, E. N., Pino, S., He, X., Bazrafshan, H. R., Lee, S. L. ve Braverman, L. E., 2004, Sources of dietary iodine: bread, cows' milk, and infant formula in the Boston area, *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89 (7), 3421-3424.

Puccinelli, M., Landi, M., Maggini, R., Pardossi, A. ve Incrocci, L., 2020, Iodine biofortification of sweet basil and lettuce grown in two hydroponic systems, *Scientia horticulturae*, 276, 109783.

Rashid, A., Ram, H., Zou, C., Guilherme, L. R. G., Corguinha, A. P. B., Guo, S., Kaur, C., Naeem, A., Yamuangmorn, S. ve Ashraf, M. Y., 2020, Simultaneous biofortification of rice with zinc, iodine, iron and selenium through foliar treatment of a micronutrient cocktail in five countries, *Frontiers in plant science*, 11.

Sahin, O., 2020, Combined biofortification of soilless grown lettuce with iodine, selenium and zinc and its effect on essential and non-essential elemental composition, *Journal of Plant Nutrition*, 1-7.

Smoleń, S. ve Sady, W., 2011, Influence of soil application of iodine and sucrose on mineral composition of spinach plants, *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 10 (3), 3-13.

Strzetelski, P., 2005, Wystepowanie i przemieszczanie jodu w systemie gleba-roslina, *Postępy Nauk Rolniczych*, 6 (52), 85-100.

Szwonek, E., 2009, Impact of foliar fertilizer containing iodine on "Golden Delicious" apple trees.

Ujowundu, C., Ukoha, A., Agha, C., Nwachukwu, N., Igwe, K. ve Kalu, F., 2010, Effects of potassium iodate application on the biomass and iodine concentration of selected indigenous Nigerian vegetables, *African Journal of Biotechnology*, 9 (42), 7141-7147.

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

White, P. J. ve 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 Phytologist*, 182 (1), 49-84.

Whitehead, D., 1973, Uptake and distribution of iodine in grass and clover plants grown in solution culture, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24 (1), 43-50.

Yang, H., Liu, W., Li, B., Zhang, H., Liu, X. ve Chen, D., 2007, Speciation Analysis for Iodine in Groundwater Using High Performance Liquid Chromatography-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (HPLC-ICP-MS), *Geostandards and Geoanalytical Research*, 31 (4), 345-351.

Zhao, F.-J. ve McGrath, S. P., 2009, Biofortification and phytoremediation, *Current opinion in plant biology*, 12 (3), 373-380.

Zhu, Y.-G., Huang, Y.-Z., Hu, Y. ve 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.

Zia, M. H., Watts, M. J., Gardner, A. ve Chenery, S. R., 2015, Iodine status of soils, grain crops, and irrigation waters in Pakistan, *Environmental Earth Sciences*, 73 (12), 7995-8008.

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

Zimmermann, M. B. ve Andersson, M., 2012, Assessment of iodine nutrition in populations: past, present, and future, *Nutrition reviews*, 70 (10), 553-570.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Ali DOĞANER
Uyruğu	**:**	T.C
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Ilgın/KONYA-27.05.1994
Telefon	**:**	507 303 6694
Faks	**:**	
e-mail	**:**	ziraatmuhalidoganer@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Fatih And. Teknik Lisesi Selçuklu/KONYA	2012
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi-Ziraat Fakültesi	2018
Yüksek Lisans	:		
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2018	AY Fidancılık ve Peyzaj	Ziraat Mühendisi
2018	5N Danışmanlık/Proje	Ziraat Mühendisi
2019	BOĞAZİÇİ Proje/Mühendislik	Saha Çalışanı
2019	UZMAN KOMPOST	Ziraat Mühendisi

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

The Effect of Foliar and Soil Potassium Iodate Applications on the Morphological Properties of Spinach. II. INTERNATIONAL AGRICULTURAL, BIOLOGICAL&LIFE SCIENCE CONFERENCE 1-3 September, 2020, Edirne, Turkey.