



Araştırma Makalesi/Research Article

## Yapraktan Uygulanan Potasyum İyodürün Roka (*Eruca vesicaria*) Bitkisinin İyotça Zenginleştirilmesine Etkisi

Gizem Aksu<sup>1\*</sup> Erdem Temel<sup>2</sup> Hamit Altay<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 17020 Çanakkale/Türkiye  
<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, 17020 Çanakkale, Türkiye  
\*Sorumlu Yazar: gizemaksu@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 10.11.2017

Kabul Tarihi: 01.12.2017

### Öz

Bu çalışma ile roka (*Eruca vesicaria*) bitkisinin yapraktan gübrelenen mikro element iyot ile zenginleştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma potasyum iyodürün 5 dozu (0, 0,2, 0,4, 0,8, 1 mM KI) ve 2 farklı uygulama zamanı (hasattan 1 ve 2 hafta önce bir defa) ile tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak sera şartlarında yürütülmüştür. Roka bitkisinin iyoda tepkisini belirlemek amacı ile bitki yaş ve kuru ağırlığı, yaprak eni, boyu ve alanı, klorofil içeriği ve bitki iyot içeriği belirlenmiştir. Yapraktan uygulanan KI bitki yaş ve kuru ağırlığında istatistiksel olarak önemli ( $P<0,05$ ) bir fark yaratmıştır. Bitki yaş ağırlığı 42,58'den 32,1 g'a bitki kuru ağırlığı ise 5,63'den 4,12 g'a düşmüştür. Yaprak eni, boyu ve alanı üzerine uygulama zamanı istatistiksel olarak çok önemli ( $P<0,01$ ) bulunurken; klorofil içeriğinde istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Bitkilerin iyot içeriği yapılan uygulama dozlarına paralel olarak artış göstermiştir. Hasattan 1 hafta önce uygulanan KI roka bitkisinin I içeriğini 1,23'den 9,22 mg kg<sup>-1</sup>'a çıkarırken; 2 hafta önce uygulanan KI 5,04'den 242,93 mg kg<sup>-1</sup>'a çıkarmıştır. Her iki uygulamada da en yüksek I içeriğine 0,8 mM KI uygulaması ile ulaşılmıştır. Bitkilerin iyoda maruz kalma süresi uzadıkça iyot içeriğinde önemli bir artış olmuştur. Sonuç olarak roka bitkisinin iyot içeriğini arttırmada potasyum iyodürün kullanılabileceği ancak bitkiye vejetatif olarak zarar vermeyecek dozu belirlemek için daha detaylı doz çalışmalarının yapılması gerektiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İyot, Roka, Yaprak gübrelenmesi, Zenginleştirme

### Effects of Potassium Iodide Foliar Applications on Iodine Enrichment of Roka Plant (*Eruca vesicaria*)

#### Abstract

This study was carried out to investigate the biofortification of the rocket (*Eruca vesicaria*) plant with micro element iodine through foliar fertilization. The study was carried out in a greenhouse with 5 doses of potassium iodide (0, 0.2, 0.4, 0.8, 1 mM KI), two different application times (1 and 2 weeks before harvest once) and three replicates according to the factorial experiment design in randomized parcels. In order to determine the reaction of rocket plant on the iodine, plant fresh and dry weight, leaf width, length and area, chlorophyll content and plant iodine content were determined. KI applied by foliar produced very statistically significant difference ( $P < 0.05$ ) in fresh and dry weight. The plant fresh weight decreased from 42.58 to 32.1 g and the plant dry weight from 5.63 to 4.12 g. The application time on leaf width, length and area was statistically significant ( $P < 0.01$ ); chlorophyll content was not statistically different. The iodine content of plants increased parallel to the application doses. KI applied 1 week before harvest was increased iodine content of rocket plant from 1.23 to 9.22 mg kg<sup>-1</sup>; KI applied 2 weeks before harvest was increased from 5.04 to 242.93 mg kg<sup>-1</sup>. In both applications the highest I content was reached with 0.8 mM KI application. There was a significant increase in the iodine content of plants as their exposure to iodine was prolonged. As a result, it was determined that potassium iodine can be used to increase the iodine content of rocket plant, However, it has been found that in order to determine the dose which does not cause vegetative damage to the plants, more detailed dose studies should be performed.

**Keywords:** Iodine, Rocket Biofortification, Foliar fertilization,

### Giriş

Tüm canlı organizmaların gelişimlerinde mineral maddelerin çok önemli fonksiyonları vardır. Bundan dolayı, minerallerin dengeli olarak organizma içerisine alınması gerekmektedir. Temelde insanların beslenmesinde amaç, sağlıklı beslenme, normal büyüme ve gelişmeyi sağlamaktır. Büyüme ve gelişme, fiziksel gelişmenin yanı sıra zihinsel değişim ve gelişim sürecini de kapsamaktadır. Bu süreçte minerallerin rolü oldukça önemlidir ve iyot (I) bu minerallerden bir tanesidir.



İyot bitkiler için mutlak gerekli bir besin elementi olmamasına rağmen insanlar ve hayvanlar için gerekli önemli bir eser elementtir. İyot, tiroid hormonu yapımında görev almakla beraber, normal büyüme ve gelişme ile beyin ve vücut fonksiyonları içinde gereklidir (Erbaş, 2008).

Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization-WHO), İyot Küresel Ağ (Iodine Global Network-IGN) ve Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (United Nations International Children's Emergency Fund-UNICEF) 'na göre sağlıklı insanların günlük alması gereken iyot miktarları çeşitli yaş gruplarına göre 90 µg ve 150 µg, hamile ve emziren kadınlarda, 250 µg şeklindedir (FAO, 2007).

İnsan vücudundaki iyotun miktarı toplam 15-20 mg'dır (Erdoğan ve Erdoğan, 1999). Bireyin günlük iyot ihtiyacı karşılanmadığı zaman, İyot Eksikliği Rahatsızlıkları (IER) adı verilen gelişimsel ve fonksiyonel hastalıklar ortaya çıkabilmektedir. İyot eksikliği tedavi edilebilir bir eksiklik olsa da dünya nüfusunun yaklaşık %35'i için hala bir sağlık sorunu olmaya devam etmektedir (Pearce ve ark., 2004; Winger ve ark., 2008; Landini ve ark., 2011). WHO'nun son anketlerine göre küresel olarak hala yaklaşık 2 milyar kişi yetersiz iyot alımı ile karşı karşıyadır.

İyot yetersizliğinin en göze çarpan belirtisi guatrdir. Bunun yanı sıra iyot yetersizliği yeni doğan bebeklerde ölümlere ve tiroit yetmezliğine, çocuk ve ergenlik çağındaki çocuklarda geciken fiziksel ve zihinsel gelişime neden olmaktadır. İyot eksikliğini IQ'da 13,5 puan gerilemeye neden olduğu daha önce yapılan çalışmalar ile belirtilmiştir (Pekcan, 2008; Zimmermann, 2012). İyot eksikliği yetişkinlerde guatr ve komplikasyonlarına neden olurken, tüm yaş gruplarında tiroit yetmezliği, bozulmuş mental fonksiyonlar ve nükleer radyasyona duyarlılığa neden olmaktadır (FAO, 2007).

İyot kaynakları açısından kayaçlardaki iyot miktarı 0,2-2,0 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişirken yüzey topraklarının iyot kapsamının ortalaması 5 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirtilmektedir (Halilova, 2004). Whitehead (1984)'e göre topraklardaki iyotun kaynağı atmosferik iyottur ve atmosferdeki iyotun ana kaynağının denizler ve okyanuslar olduğu düşünülmektedir (Miyake ve Tsunogai, 1963; Korzh, 1984; Tsukada ve ark., 2008).

Bitkilerin iyot içerikleri yetiştiği toprağın iyot içeriğine bağlıdır ve iyot yerkabuğunda düzensizce dağıldığı için farklı coğrafik bölgelerdeki bitkilerin iyot içeriklerinde farklılıklar görülmektedir (Koutras ve ark., 1985; Ujowundu ve ark., 2010). Gerek toprağın jeolojik orijini gerekse iyotun topraklara ulaşana kadar geçirdiği süreçteki kayıplar yetişen ürünlerde düşük miktarda iyot bulunmasına neden olmaktadır.

İyodun insan vücuduna alınmasının tek yolu beslenmedir (Vitti ve ark. 2001; Pekcan 2008). İyotlu tuz kullanımı iyot takviyesi için kullanılan en yaygın yaklaşımdır (Delange ve Lecomte, 2000; Andersson ve ark., 2005; Landini ve ark., 2011). Bununla birlikte, pişirme, depolama ve taşıma gibi faaliyetler sırasında iyot kaybının kontrolü güç olduğu için, iyot takviyesi gıda işleminde birçok probleme neden olmaktadır (Winger ve ark., 2008; Landini ve ark., 2011). Ülkemizde iyotlu tuz kullanım seviyesi iyot eksikliğini kontrol etmek için yetersiz olmuştur (Özkan ve ark., 2004). Gıdalardaki iyot miktarının biyolojik yararlanım oranı ve asimilasyonu yüksek olan sebzeler ile artırılması, iyot eksikliğini daha ekonomik bir şekilde kontrol altına alınmasında etkin bir yoldur (Dai ve ark., 2004; Weng ve ark., 2009; White ve Broadley, 2009; Landini ve ark., 2011).

Sebzeler içerdikleri protein, karbonhidrat, yağ, vitamin ve mineral maddeler bakımından insan yaşamı ve beslenmesi açısından oldukça önemlidir. İnsan vücudundaki ve hayvanlardaki iyotun % 80'i doğal şartlarda yenilebilir sebzelerden karşılanmakta (Welch ve Graham, 2005; Weng ve ark., 2013) ve bu sebzelerdeki iyotun biyolojik yararlanım oranı yaklaşık % 99'a ulaşmaktadır. Sebze yetiştiriciliği yapılan alanlarda ve topraklarda iyot konsantrasyonları genellikle insan vücudunun ihtiyacını karşılayamayacak kadar azdır (Weng ve ark., 2013). Ülkemiz topraklarının iyot konsantrasyonları ve bu topraklar üzerinde yetişen sebze, meyve ve tahıllarda iyot içeriği düşük olduğundan dolayı, insanların bünyelerine aldığı iyot miktarı da düşük seviyede kalmaktadır (Aydın, 1989).

Yapılan bazı çalışmalar toprağa yapılan iyot arttırıcı uygulamaların sebzelerin yenilebilir kısımlarındaki iyot miktarını arttırdığını göstermektedir (Dai ve ark., 2004). Umaly ve Poel (1971) yaptıkları çalışma ile bitkilerin biyolojik olarak iyodatı iyodürden daha fazla kullanabildiklerini bildirmişlerdir. Önceki çalışmalara göre iyot hangi formda olursa olsun çok düşük konsantrasyonlarda bile birçok bitki için yararlıdır (Landini ve ark., 2011).



Bitkiler iyotu bünyelerine kökleri ve stomaları aracılığı ile alırlar. Çoğu durumda elementler bitkilerin üst kısımlarına kök sistemi boyunca taşınırlar. Yapılan çalışmalar bitkilerin iyodür iyonunu, iyodat iyonuna göre kök sistemi ile daha rahat alabildiklerini ortaya koymuştur (Fuge, 2005).

Landini ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada domatesin aldığı iyotun ne kadarını meyveye taşıdığını belirlemeye çalışmışlardır. İyodun domates dokularında taşınması ve biriktirilmesini tespit etmek için radyoaktif iyot kullanmışlar, uygulanan doz arttıkça iyot içeriği de artmıştır.

Marulda yapılan bir çalışmada yapraktan uygulanan iyodun 0,25 ve 0,50 kg ha<sup>-1</sup> dozunun ürün verimini ve kalitesini azaltmadan bitkinin yenilebilir kısımlarında iyot içeriğini arttırdığı saptanmıştır (Daum ve ark., 2013).

Altınok ve ark. (2003) yapmış oldukları çalışmada potasyum iyodürün (KI) 0, 1, 1,5 ve 2 kg ha<sup>-1</sup> konsantrasyonlarının hasattan 2 hafta önce yaprak gübrelmesi şeklinde uygulanması ile artan iyot dozlarına paralel olarak bitkilerdeki iyot içeriklerinin arttığını belirlemiştir.

Dai ve ark. (2006) ıspanakta (*Spinacia oleracea* L.) yapmış oldukları çalışmada 4 farklı (0, 0,5, 1 ve 2 mg kg<sup>-1</sup>) potasyum iyodür (KI) ve potasyum iyodat (KIO<sub>3</sub>) dozu kullanmıştır. Elde edilen verilere göre toprağın iyot konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak ıspanak veriminde önemli bir artış olmamış ancak uygulanan doz artışına paralel olarak ıspanağın iyot içeriği artmıştır.

Bu çalışmanın hedefi ülkemizde üretimi ve tüketimi son yıllarda artan, sıklıkla çiğ olarak salatalarda tüketildiği için pişirme esnasında iyot kaybının olmadığı, yapraklarında iyot biriktirebilecek bir sebze olan rokanın, uygun zamanda yapraktan yapılacak uygulama ile iyot içeriğini arttırmaktır. Bu sayede ülkemiz başta olmak üzere yaşadığı coğrafyadan dolayı iyot içeriği düşük bitkiler ile beslenmek zorunda kalan insanların iyot ihtiyaçlarının etkin bir şekilde kontrolünün sağlanması amaçlanmıştır.

### Materyal ve Metot

Çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nde sera koşullarında yürütülmüştür. Yapraklarının çiğ tüketilmesi nedeniyle roka (*Eruca vesicaria*) bitkisi seçilmiştir. Denemede üst çapı 8,75 cm, alt çapı 5,5 cm, yüksekliği 13 cm olan saksılara 2 L steril perlit konulmuştur. Tohumların kabuk sterilizasyonu % 5'lik NaClO (sodyum hipoklorit) çözeltisi yapılmıştır. Vural ve ark. (2000)'nin doğrudan tohum ekimi yoluyla üretilen sebzeler için verdikleri değerler kullanılarak metrekareye 2 g roka tohumu gelecek şekilde saksı alanına uygun olarak her saksıya 0,05 g roka (*Eruca vesicaria*) tohumu serpmeye yöntemi ile ekilmiştir.

Denemede iyot kaynağı olarak seçilen potasyum iyodürün 5 farklı dozu (0, 0,2, 0,4, 0,8, 1 mM KI) 2 farklı uygulama zamanı (hasattan 1 ve 2 hafta önce bir defa) ile tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yapraktan uygulanmıştır. Bitkiler, Hoagland Besin Çözeltisi uygulanarak yetiştirilmiştir. Hoagland Besin Solusyonu reçetesindeki elementler Azot: 210 (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O); Fosfor: 31 (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>); Potasyum: 234 (KNO<sub>3</sub>); Magnezyum: 48 (MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O); Kalsiyum: 200; Kükürt: 64; Demir: 2,5 (Fe-EDTA); Mangan: 0,5 (MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O); Bor: 0,5 (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); Bakır: 0,02 (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O); Çinko: 0,05 (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O); Molibden: 0,01 (H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2O) mg/L olarak laboratuvar koşullarında hazırlanmıştır (Hoagland ve Arnon, 1950).

Bitkilere ilk iyot uygulaması hasattan 2 hafta önce 16.02.2015 tarihinde bir defa; ikinci uygulama ise hasattan 1 hafta önce 16.02.2015 tarihinde bir defa bitki yapraklarına sprey (100 ml) ile uygulanmıştır. Çalışma 23.02.2015 tarihinde saksılardaki bitkilerin toprak yüzeyinden kesilmesi ile sona erdirilmiştir. Hasat sonunda bitki yaş ağırlığı (g), bitki kuru ağırlığı (g), yaprak eni (cm), yaprak boyu (cm), yaprak alanı (mm<sup>2</sup>), klorofil içeriği (SPAD) ve bitki iyot içeriği (mg kg<sup>-1</sup>) belirlenmiştir.

Hasattan sonra önce çeşme suyu sonra saf su ile yıkanan ve fazla suyu uzaklaştırılan yaprakların yaş ağırlığı doğrudan tespit edilmiştir. Kuru ağırlık tespiti için, yapraklar 70 ° C'de 48 saat etüvde kurularak tartılmıştır. Yaprak eni ölçümü için ortadan dışa doğru olgunlaşmış 6 adet genç yaprak örneklenerek kenar uçları arasındaki mesafe cetvel ile ölçülmüştür. Bitki boyu ise bitki kök boğazından bitkinin yaprak ucuna kadar olan mesafe cetvel ile ölçülerek hesaplanmıştır. Bitkiler hasat edildikten sonra yaprak alanları Sheffield Üniversitesinde geliştirilen Leaf Area Measurement programı ile hesaplanmıştır (Askew, 2003). Bitkilerin klorofil içerikleri hasattan 1 gün önce Konica Minolta SPAD-502 Plus Klorofil Meter cihazı ile ölçülmüştür. Bitki örneklerinde iyot, mikrodalga yaş yakma yöntemine göre hazırlandıktan sonra Akdeniz Üniversitesi Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırmalar Merkezi'nde ICP-MS cihazında belirlenmiştir (Anonim, 2007).



Sonuçlar MINITAB 17.0 istatistik paket programında tek yönlü varyans analizi (One–Way ANOVA) ile değerlendirilerek en küçük önem testine (LSD) göre % 5 ve % 1 seviyesinde karşılaştırılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Roka bitkisine 2 farklı zamanda artan dozlarda uygulanan KI ile bitki yaş ağırlığı 43.50 g ve 26.13 g arasında değişmiştir (Çizelge 1). En fazla ağırlık kontrol grubunda elde edilirken en az ağırlık 0,8 mM iyodun hasattan 2 hafta önce uygulanmasında elde edilmiştir. Uygulama zamanı istatistiksel olarak ( $P<0,05$ ) bitki yaş ağırlığı üzerinde önemli bulunmuştur.

Zhu ve ark.,(2003) yapmış oldukları çalışmada uyguladıkları iyot miktarı arttıkça bitki yaş ağırlığının azaldığını belirlemişlerdir. Bitki veriminde meydana gelen bu değişimin iyot konsantrasyonunun köklerde toksik etki yaratmasından ve bitki gelişimini olumsuz etkilemesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Gonzali ve ark., 2017).

Elde ettiğimiz sonuçlar Caffagni ve ark. (2011)' nın potasyum iyodür ve potasyum iyodat kullanarak, iyot absorpsiyonunun etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışma ile benzerlik göstermektedir. Yapılan çalışmada sulama suyuna iyot eklendikten sonra bitki büyümesi üzerinde engelleyici etkisi gözlemlenmiş bitki yaş ağırlığı azalmıştır.

Daum ve ark. (2013)' da yapmış oldukları çalışma ile kıvırcık marul çeşidinde iyotlu gübre uygulama yöntemi ve zamanının büyüme ve gelişmeye olan etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak çalışmamıza paralel olarak artan dozlarda uygulanan iyot ile bitki yaş ağırlığında azalma belirlemiş buna rağmen bitki iyot içeriğinin arttığını söylemişlerdir. Yöntem olarak ise yaprağa sprey şeklinde yapılan püskürtme işleminin topraktan yapılan uygulamadan daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Sonuçlarımıza zıt bir şekilde Li ve ark. (2016) ise çilek bitkisinin verim ve meyve kalitesi üzerine potasyum iyodür ve potasyum iyodat uygulamalarının etkilerini değerlendirmek için hidroponik ortamda yürüttükleri çalışmada yapılan uygulamalardan sonra bitki yaş ağırlığında artış tespit etmişler ve su kültüründe iyodür ve iyodatın artan konsantrasyonlarında çilek bitkilerinin iyot alımının arttığını belirtmişlerdir.

Bitki kuru ağırlığı artan iyot konsantrasyonu ile azalmıştır. Kontrol bitkilerinin kuru ağırlığı 5,63 g iken 0,8 mM iyot uygulamasında bitki kuru ağırlığı 4,12 g olmuştur. İyot dozunun 1 mM konsantrasyona çıkması ile bitki üzerindeki olumsuz etki azalmış bitki kuru ağırlığı 4,42 g olmuştur. Genel olarak değerlendirdiğimizde artan KI'ün artan dozları bitki kuru ağırlığını kontrole göre önemli ( $P<0,05$ ) derecede azaltmıştır. Hasattan 1 hafta önce yapılan iyot uygulamalarının ortalama bitki kuru ağırlığı 5,16 g iken hasattan 2 hafta önce yapılan uygulamaların ortalama bitki kuru ağırlığı 4,27 g'a düşmüştür. Uygulama zamanı da bitki kuru ağırlığı üzerine istatistiksel olarak önemli ( $P<0,05$ ) bulunmuştur.

Çizelge 1. Yaş ağırlık ve kuru ağırlık ortalamaları ve çoklu karşılaştırma sonuçları

Uygulama Zamanı	İyot Uygulama Dozları (mM)					
	0	0,2	0,4	0,8	1	Ort.
Yaş Ağırlık (g)						
Hasattan 1 Hafta Önce	43,50	40,29	38,55	38,89	38,51	39,95A*
Hasattan 2 Hafta Önce	41,65	33,35	36,05	26,13	27,08	32,85B*
Ort.	42,58	36,82	37,30	32,1	32,79	36,40
Kuru Ağırlık (g)						
Hasattan 1 Hafta Önce	5,40	5,40	5,20	4,71	5,07	5,16A*
Hasattan 2 Hafta Önce	5,85	4,53	3,69	3,53	3,77	4,27B*
Ort.	5,63A*	4,97AB*	4,45AB*	4,12B*	4,42AB*	4,71

\*  $P<0,05$

Roka bitkisine uygulanan KI yaprak enini; uygulama zamanı ve uygulama dozuna göre istatistiksel olarak önemli ( $P<0,01$ ,  $P<0,05$ ) düzeyde etkilemiştir. Uygulama dozları ile yaprak eninde meydana gelen değişimlerin düzenli olmadığı, bunun yanında uygulama zamanına bağlı olarak bitkilerin iyota maruz kalma süreleri arttıkça yaprak eninde daralma meydana geldiği görülmüştür.



Uygulama zamanının, yaprak boyu üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli ( $P<0,01$ ) bulunmuştur. Yaprak boyunun hasattan 1 hafta önce yapılan uygulamalar ile arttığı ancak hasattan 2 hafta önce yapılan uygulamalar ile kontrole göre düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Hasattan 1 hafta önce yapılan 1 mM iyot uygulaması sonucu yaprak boyu 13,21cm iken hasattan 2 hafta önce yapılan 1 mM iyot uygulaması sonucu yaprak boyu 11,40 cm olmuştur. Yaprakların iyota maruz kalma süreleri arttıkça bitki boyunda bir azalma meydana gelmiştir.

Elde ettiğimiz sonuçlar Altınok ve ark. (2003)'nın iyodun farklı konsantrasyonlarının ve uygulama metotlarının yonca (*Medicago sativa* L.) yem verimine etkisini inceledikleri çalışma ile paralellik göstermiştir. Yapılan çalışmada yoncanın iyotu biriktirdiği fakat bunun yonca yem verimine bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Yapılan iyot uygulamaları ile bitki boyu düzensiz şekilde azalmış artan iyot dozlarına paralel olarak bitkilerdeki iyot içeriklerinin arttığı, yaprak gübrelemesinin toprağa uygulamadan daha etkili olduğu sonucunu bulmuşlardır.

Çalışmamızda hem uygulama dozu hem de uygulama zamanı yaprak alanını istatistiksel olarak önemli ( $P<0,01$ ) düzeyde etkilemiştir. En geniş yaprak alanına kontrol bitkileri ulaşımsken en dar alan 1mM iyotun hasattan 2 hafta önce uygulandığı bitkilerde belirlenmiştir. Bitkilerin iyota maruz kalma süreleri arttıkça vejetatif kısımları olumsuz etkilenmiştir.

İyot uygulamaları yaprak klorofil içeriği üzerine istatistiksel olarak bir etki yapmamıştır (Çizelge 2). Yapılan literatür çalışmalarında da sonuçları destekleyebilecek verilere rastlanılmamıştır.

Bitki iyot içeriği uygulama zamanı ve uygulama dozu arasındaki etkileşimden istatistiksel olarak ( $P<0,01$ ) etkilenmiştir.

Çizelge 2. Yaprak eni, yaprak boyu, yaprak alanı ve klorofil içeriği ortalamaları ve çoklu karşılaştırma sonuçları

Uygulama Zamanı	İyot Uygulama Dozları (mM)					
	0	0,2	0,4	0,8	1	Ort.
<b>Yaprak Eni (cm)</b>						
Hasattan 1 Hafta Önce	2,94	2,72	2,76	2,61	2,91	2,79A**
Hasattan 2 Hafta Önce	2,80	2,47	2,61	2,22	2,25	2,47B**
Ort.	2,87A*	2,59AB*	2,68 AB*	2,41B*	2,58AB*	2,63**
<b>Yaprak Boyu (cm)</b>						
Hasattan 1 Hafta Önce	12,63	14,13	13,48	12,16	13,63	13,21A**
Hasattan 2 Hafta Önce	12,50	11,50	11,88	10,13	10,97	11,40B**
Ort.	12,56	12,81	12,68	11,15	12,30	12,30**
<b>Yaprak Alanı (mm<sup>2</sup>)</b>						
Hasattan 1 Hafta Önce	3016	2770	2184	2219	2561	2550A**
Hasattan 2 Hafta Önce	3008	2181	1591	1388	1139	1861B**
Ort.	3012A**	2476AB**	1887B**	1803B**	1850B**	1836**
<b>Klorofil İçeriği (SPAD)</b>						
Hasattan 1 Hafta Önce	31,34	30,58	32,49	30,09	30,33	30,97
Hasattan 2 Hafta Önce	31,06	33,03	32,70	34,03	34,16	33,00
Ort.	31,20	31,81	32,60	32,06	32,25	31,98

\*  $P<0,05$ , \*\*  $P<0,01$

İyot dozları ve uygulama zamanı roka bitkisinin iyot içeriğini önemli düzeyde ( $P<0,01$ ) artırmıştır (Çizelge 3). En yüksek iyot içeriği hasattan 2 hafta önce uygulanan 0,8 mM KI ile elde edilmiştir. Hasattan 2 hafta önce kontrolde bitkinin I içeriği 5,04 mg kg<sup>-1</sup> iken 0,8 mM KI uygulaması ile 242,93 mg kg<sup>-1</sup> 'e çıkmıştır. Ancak KI dozu 1 mM'a yükseltildiğinde bitkinin I içeriği 199,23 mg kg<sup>-1</sup>'a düşmüştür. Bu sonucun iklimsel dalgalanmalardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Daum ve ark., 2013). Elde ettiğimiz sonuçlara göre yapılan iyot uygulamaları bitki iyot içeriği önemli derecede artmıştır.



Elde edilen sonuçlar birçok araştırmacının elde ettiği sonuçlar ile (Altınok ve ark., 2003; Li ve ark., 2016) benzerlik göstermektedir. Zabunoğlu ve ark. (1996) buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisi üzerine iyotun etkilerini incelemek için serada kurdukları denemede potasyum iyodatı ( $KIO_3$ ) artan dozlarda uygulamış bitki ve topraktaki iyot birikiminin verilen iyot dozlarına paralel olarak artış gösterdiğini bulmuşlardır.

Dai ve ark. (2006) yapmış oldukları çalışmada ıspanağın (*Spinacia oleracea* L.) içerdiği iyodür ve iyodatın toprak çözeltisi içerisindeki toplam iyotla olan ilişkisini incelemiştir. Çalışmadan elde edilen verilere göre toprağın iyot konstrasyonundaki artışa bağlı olarak ıspanak veriminde önemli bir artış olmamış ancak uygulanan doz artışına paralel olarak ıspanağın iyot içeriği artmıştır.

Kiferle ve ark. (2013) yapmış oldukları çalışmada toprağa yapılan potasyum iyodür (KI) ve potasyum iyodat ( $KIO_3$ ) gübrelemesi sonucu domatesin meyvelerinde iyot birikiminin sağlandığını belirlemiştir.

Uygulama dozunun yanında uygulama zamanı da bitki iyot içeriğini önemli derecede etkilemiştir. Hasattan 1 hafta önce 0,8 mM iyot uygulaması ile bitki iyot içeriği  $9,22 \text{ mg kg}^{-1}$  olurken hasattan 2 hafta önce 0,8 mM iyot uygulamasında bitki iyot içeriği  $242,93 \text{ mg kg}^{-1}$  olmuştur. Bu sonuçlar uygulamadan sonra bitkilerin iyota maruz kalma sürelerinin bitki iyot içeriğini arttırmada önemli olduğunu göstermektedir. Hasattan 1 hafta önce yapılan uygulamalar ile kontrol grubu arasında rakamsal olarak önemli farklar olmamasına rağmen hasattan 2 hafta önce yapılan uygulamalar ve kontrol grubu bitkileri arasında çok önemli bir fark bulunmuştur.

Çizelge 3. İyot içeriği ortalamaları ve çoklu karşılaştırma sonuçları

Uygulama Zamanı	İyot Uygulama Dozları (mM)					
	0	0,2	0,4	0,8	1	Ort.
İyot İçeriği ( $\text{mg kg}^{-1}$ )						
Hasattan 1 Hafta Önce	4,23C**	2,67C**	4,80C**	9,22C**	7,90C**	5,76
Hasattan 2 Hafta Önce	5,04C**	29,20C**	159,20B**	242,93A**	199,23AB**	127,12
Ort.	4,63	15,93	82,00	126,07	103,56	66,44

\*\* P<0.01

### Sonuç ve Öneriler

Denemeden elde edilen verilere göre en yüksek ve en düşük bitki yaş ve kuru ağırlık değerleri arasında % 40 azalma görülmüştür. En fazla gövde yaş ve kuru ağırlığı kontrol bitkilerinde elde edilirken en düşük ağırlık 0,8 mM iyot dozunun hasattan 2 hafta önce uygulanması ile elde edilmiştir. Uygulanan iyot dozları gövde yaş ve kuru ağırlığının azalmasına neden olurken en önemli farkı uygulama zamanı oluşturmuştur. Bitkilerin iyota maruz kalma süreleri arttıkça gövde yaş ve kuru ağırlıktaki düşüşte artış göstermiştir.

Yapılan iyot uygulamalarına bağlı olarak yaprak eni, yaprak boyu ve yaprak alanında azalmalara neden olmuştur. Bunun yanında uygulama zamanı da önemli bir etki yapmış hasattan 2 hafta önce yapılan uygulamalarda ilgili parametrelerde önemli düşüşler görülmüştür. İyot uygulama dozları ve uygulama zamanı bitkinin vejetatif kısmını önemli bir şekilde etkilemiştir.

Elde edilen sonuçlara göre bitki iyot içeriği uygulamalara paralel şekilde artış göstermiş 0,8 mM iyot uygulamasında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Uygulanan doz artmaya devam ettiğinde iyot içeriği azalma göstermiştir. Uygulama dozunun yanında uygulama zamanı da iyot içeriğini önemli derecede etkilemiş ve hasattan 2 hafta önce yapılan uygulamalarda kontrole göre iyot içeriği artış gösterirken hasattan 1 hafta önce yapılan uygulamalar arasında önemli bir fark bulunamamıştır.

Sonuç olarak bu çalışmadan elde ettiğimiz veriler roka bitkisinin iyot içeriğini arttırmak için iyot elementinin potasyum iyodür formunda yapraktan gübreleme yolu ile hasattan 2 hafta öncesine kadar uygulanabileceği ancak bu uygulamayı yaparken uyguladığımız doza ve uygulama zamanına dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunun (FHD-2016-864nolu proje) maddi desteği ile gerçekleştirilmiştir. Destekleri için teşekkür ederiz.



### Kaynaklar

- Altınok, S., Sozudogru-Ok, S., Halilova, H., 2003. Effect of iodine treatments on forage yields of alfalfa. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 34(1-2): 55-64.
- Andersson, M., Takkouche, B., Egli, I., Allen, H.E., de Benoist, B., 2005. Current global iodine status and progress over the last decade towards the elimination of iodine deficiency. *Bull. World Health Organ.* 83(7): 518–525.
- Anonim, 2007. As, Cd, Hg, Pb and other elements determination by ICP-MS after pressure digestion, No:186, Nordic Committee On Food Analysis (NMKL).
- Askew, A.P., 2003. Leaf Area Measurement Version 1.3, The University of Sheffield.
- Aydın, N.Ş., 1989. Mineraloji - petrografi - jeokimya ve insan sağlığı arasındaki bağıntılar. *Jeoloji Mühendisliği.* 34-35, 18-27s.
- Caffagni, A., Arru, L., Meriggi, P., Milic, J., Perata, P., Pecchioni, N., 2011. Iodine fortification plant screening process and accumulatın in tomato fruits and potato tubers. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 42(6): 706-718.
- Dai, J.L., Zhu, Y.G., Zhang, M., Huang, Y.Z., 2004. Selecting iodine-enriched vegetables and the residual effect of iodate application to soil. *Biol. Trace Elem. Res.* 101: 265–276.
- Dai, J.L., Zhu, Y.G., Huang, Y.Z., Zhang, M., Song, J.L., 2006. Availability of iodide and iodate to spinach (*spinacia oleracea* l.) in relation to total iodine in soil solution. *Plant Soil.* 289(1): 301–308.
- Daum, D., Lawson, P., Czauderna, R., 2013. Enrichment of field grown butterhead lettuce with iodine by foliar fertilization: effect of application mode and time. XVII. International Plant Nutrition Colloquium. 946-947.
- Delange, F., Lecomte, P., 2000. Iodine supplementation: benefits outweigh risks, *Drug Saf.* 22: 89–95.
- Erbaş, T., 2008. İyot eksikliği ve guatr. *Uluslararası Katılımlı Tıbbi Jeoloji Sempozyumu Kitabı:* 94-95s. Ankara.
- Erdoğan, M.F., Erdoğan, G., 1999. Türkiye ve dünyada endemik guatr ve iyot eksikliği rahatsızlıkları. *Türkiye Klinikleri J Med Sci.* 19: 106-113.
- FAO, 2007. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a Guide for Programme Managers (3rd ed.). Geneva, Switzerland.
- Fuge, R., 2005. soil and iodine deficiency. *Essential of Medical Geology.* (Ed: Selinus, O). Springer Netherlands. Pp: 417-433.
- Gonzali, S., Kiferle, C. and Perata, P., 2017. Iodine biofortification of crops: agronomic biofortification, metabolic engineering and iodine bioavailability. *Current Opinion in Biotechnology* 2017, 44:16–26.
- Halilova, H., 2004. Mikroelementlerin (I, Zn, Co, Mn, Cu, Se) biyojeokimyası. *İlke-Emek Yayınları.* 9-23s.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil. C347 rev 1950, California Agricultural Experiment Station, Berkeley.
- Kiferle, C., Gonzali, S., Holwerda, H.T., Ibaceta, R.R., Perata, P., 2013. Tomato fruits: a good target for iodine biofortification. *Front. Plant Sci.* 4(205): 10-3389.
- Korzh, V.D., 1984. Ocean as a source of atmospheric iodine. *Atmos. Environ.* 18(12): 2707-2710.
- Koutras, D.A, Matovinovic, J., Vought, R., 1985. The Ecology of iodine. in: stanbury jb, hetzel bs (eds). endemic goiter and cretinism, iodine nutrition in health and disease.185-195s. New York.
- Landini, M., Gonzali, S., Perata, P., 2011. Iodine biofortification in tomato. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 174: 480–486.
- Li, R., Liu, H.P., Hong, C.L., Dai, Z.X., Liu, J.W., Zhou, J., Hu, C.Q., Weng, H.X., 2016. Iodide and iodate effects on the growth and fruit quality of strawberry. *J. Sci. Food Agric.* 97: 230-235.
- Miyake, Y., Tsunogai, S., 1963. Evaportaion of iodine from the ocean. *J. Geophys. Res.* 68(13): 3989-3993.
- Özkan, B., Olgun, H., Ceviz, N., Polat, P., Taysi, S., Orbak, Z., Koşan, C., 2004. Assessment of goiter prevalence, iodine status and thyroid functions in school-age children of rural yusufeli district in eastern turkey. *The Turkish Journal of Pediatrics.* 46: 16-21.
- Pearce, E.N., Pino, S., He, X., Bazrafshan, H.R., Lee, S.L., Braverman, L.E., 2004. Sources of dietary iodine: bread, sow's milk and infant dormula in boston area. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 89: 3421-3424.
- Pekcan, G., 2008. Uluslararası katılımlı tıbbi jeoloji sempozyumu kitabı.Yurt Madenciligi Geliştirme Vakfi Yayını. 96-98s.
- Tsukada, H., Takeda, A., Tagami, K., Uchida, S., 2008. Uptake and distribution of iodine in rice plants. *J. Environ. Qual.* 37: 2243-2247.
- Umaly, R.C., Poel, L.W., 1971. Effects of iodine in various formulations on the growth of barley and pea plants in nutrient solution culture. *Annals of Botany.* 35(1): 127–131.
- Ujowundu, C.O., Ukoha, A.I., Agha, C.N., Nwachukwu, N., Igwe, K.O., Kalu, F.N., 2010. Effects of potassium iodate application on the biomass and iodine concentration of selected indigenous nigerian vegetables. *Afr. J. Biotechnol.* 9(42): 7141-7147.



- Vitti, P., Rago, T., Aghini-Lombardi, F., Pinchero, A., 2001. Iodine deficiency disorders in europe. Public Health Nutrition. 4(2b): 529-535.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ., 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Basımevi. Bornova, İzmir, 2000.
- Welch, R.M., Graham, R.D., 2005. Agriculture: The Real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. J. Trace Elem. Med. Biol. 18(4): 299-307.
- Weng, H.X., Yan, A.L., Hong, C.L., Qin, Y.C., Pan, L., Xie, L.L., 2009. Biogeochemical transfer and dynamics of iodine in a soilplant system. Environ. Geochem. Health. 31: 401-411.
- Weng, H.X., Hong, C.L., Xia, T.H., Bao, L.T., Liu, H.P., 2013. Iodine biofortification of vegetable plants- an innovative method for iodine supplementation. Chin. Sci. Bull. 58(17): 2066-2072.
- White, P.J., Broadley, M.R., 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets- iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. New Phytol. 182(1): 49-84.
- Whitehead, D.C., 1984. The Distribution and transformations of iodine in the environment. Environ. Int. 10(4): 321-339.
- Winger, R.J., Konig, J., House, D.A., 2008. Technological issues associated with iodine fortification of foods. Trends Food Sci Technol. 19(2): 94-101.
- Zabunoğlu, S., Hosseini S., Hashemi A.G., Erdal, İ., Eken, D., 1996. İyotun bitki gelişimi ve insan sağlığı bakımından önemi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi. 6(2): 219-232.
- Zimmermann, M.B., 2012. Iodine and Iodine Deficiency Disorders. Present Knowledge in Nutrition. 554-568s. Oxford, UK.
- Zhu, Y.G., Huang, Y.Z., Hu Y., Liu, Y.X., 2003. Iodine uptake by spinach (*Spinacia oleracea* L.) plants grown in solution culture: effects of iodine species and solution concentrations. Environment International 29: 33-37.