



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BODUR KURU FASULYE BİTKİSİNİN
FARKLI ŞEKİLLERDE VE MİKTARLARDA
UYGULANAN SELENYUMA TEPKİSİNİN
BELİRLENMESİ

Duygu AKÇAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Temmuz-2017
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Duygu AKÇAY tarafından hazırlanan “Bodur Kuru Fasulye Bitkisinin Farklı Şekillerde ve Miktarlarda Uygulanan Selenyuma Tepkisinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması 10.07.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA TEZİ~~ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof.Dr. Sait GEZGİN

Danışman

Doç. Dr. Mustafa HARMANKAYA

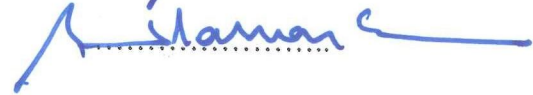
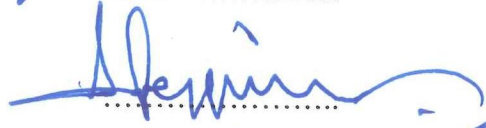
Üye

Prof.Dr. Sait GEZGİN

Doç.Dr. Emin Bülent ERENOĞLU

Doç.Dr. Mustafa HARMANKAYA

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.



Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
FBE Müdürü

Bu tez çalışması BAP tarafından 16201063 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



İmza

Duygu AKÇAY

Tarih: 10.07.2017

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BODUR KURU FASULYE BİTKİSİNİN FARKLI ŞEKİLLERDE VE MİKTARLARDA UYGULANAN SELENYUMA TEPKİSİNİN BELİRLENMESİ

Duygu AKÇAY

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

Danışman: Doç. Dr. Mustafa HARMANKAYA

2017, 54 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Sait GEZGİN

Doç. Dr. Mustafa HARMANKAYA

Doç. Dr. Emin Bülent ERENOĞLU

Son yıllarda antikanserojen etkisiyle anılan selenyum (Se), bitki gelişimi için gerekli olmamakla birlikte, insan ve hayvan sağlığı açısından çok önemli bir besin elementidir. İnsanlarda ve hayvanlarda Se eksikliğinin ana nedeni olarak tüketilen gıdaların Se bakımından fakir olması gösterilmektedir. Bu nedenle, bitkilerin ve dolayısıyla bitkisel kökenli gıdaların selenyumca zenginleştirilmesine yönelik yapılan çalışmalar önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, topraktan, yapraktan ve tohumla emdirme şeklinde Se uygulamaları ile bodur kuru fasulye bitkisinin tane Se konsantrasyonunun insan sağlığı için arzu edilen değerlere ulaşarak ulaşılmadığının tespit edilmesi, eğer ulaşıyorsa da, artırma açısından en uygun yöntemin belirlenmesi hedeflenmiştir. Artan dozlarda topraktan, yapraktan ve tohumla emdirme şeklinde Se uygulamaları bodur kuru fasulye bitkisinin yeşil aksam kuru madde ve tane verimi üzerine herhangi bir etkisi olmamıştır. Ancak tane Se konsantrasyonu üzerinde önemli bir etki göstererek, tane Se konsantrasyonunu toprak uygulamalarında 0.11 mg kg⁻¹'den 118.42 mg kg⁻¹'a, yaprak uygulamalarında 0.13 mg kg⁻¹'den 3.63 mg kg⁻¹'a, tohum uygulamalarında 0.12 mg kg⁻¹'den 6.39 mg kg⁻¹'a yükseltmiştir. Topraktan 0.05 mg kg⁻¹, yapraktan 25 mg L⁻¹ ve tohumla emdirme şeklinde 79 mg L⁻¹'a kadar Se uygulamalarıyla bodur kuru fasulye bitkisinin yeşil aksam ve tane Se konsantrasyonlarında insan ve hayvanların sağlığı açısından yiyecek ve/veya yemlerde bulunması istenen (100-1000 µg kg⁻¹) seviyelere ulaşılmıştır. Sonuçlar, uygulanan yöntemlerin tamamının tane Se konsantrasyonu üzerinde etkili olduğunu göstermesine rağmen, tohumla emdirme şeklinde ki Se uygulama yönteminin bitkilerin Se'ca zenginleştirilmesinde umut vadeden pratik bir yöntem olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Fasulye, gübreleme, hidrür, selenyum, tane selenyum.

ABSTRACT

MS/Ph.D THESIS

DETERMINATION OF DRAWF DRY BEAN'S REACTIONS TO SELENIUM APPLIED IN DIFFERENT WAYS AND QUANTITIES

Duygu AKÇAY

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION**

Advisor: Doç. Dr. Mustafa HARMANKAYA

2017, 54 Pages

Jury

**Prof. Dr. Sait GEZGİN
Doç. Dr. Mustafa HARMANKAYA
Doç. Dr. Emin Bülent ERENOĞLU**

Although selenium (Se), which has been known with its anticarcinogenic effect in recent years, is not essential for plant growth, it is a very important nutrient in terms of human and animal health. Consumption of foods lacking in Se is shown as a main cause for Se deficiencies in humans and animals. For this reason, studies on enriching plants and as a result of this plant-derived foods for Se have been gaining importance.

In this study, it was aimed to determine, using soil, foliar, and seed treated applications whether Se concentration of dry bean seeds reaches to the desired values for human health, and, if it does, to determine the most suitable method in terms of increase. Increased rates of soil, foliar, and seed treated Se application did not neither have any effect on the dry matter of the green parts nor grain yield of the dry bean plant. However, these applications showed a significant effect on seed Se concentration. In such a way that; the grain Se concentration was increased from 0.11 mg kg⁻¹ to 118.42 mg kg⁻¹ in soil applications, from 0.13 mg kg⁻¹ to 3.63 mg kg⁻¹ in leaf applications, and from 0.12 mg kg⁻¹ to 6.39 mg kg⁻¹ in seed treatments. Using Se application rates up to 0.05 mg kg⁻¹ soil, 25 mg L⁻¹ foliar, and 79 mg L⁻¹ seed treatment, shoot and seed Se concentrations in dry bean were reached to desired Se levels (100-1000 µg kg⁻¹), in terms of human and animal health. Although the results show that all of the methods applied have an effect on seed Se concentration, seed treated application of Se might be a practical and hope promising method for enriching seeds with it.

Keywords: Bean, Fertilization, Selenium, Grain Se.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans ve lisans dönemim süresince daima yardımlarını ve manevi desteğini esirgemeyen S.Ü Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Sait GEZGİN'e, çalışmam sırasında ve değerlendirilmesinde her zaman desteğini gördüğüm danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa HARMANKAYA'ya, üniversite hayatım boyunca her zaman yanımda olduğunu bana içtenlikle hissettiren hocam Sayın Dr. Fatma GÖKMEN YILMAZ'a, çalışmamın sera ve laboratuvar ortamında yardımlarını ve desteklerini her zaman gördüğüm Sayın Kimyager Ali KAHRAMAN, Uzman Nesim DURSUN, Ziraat Mühendisi Öznur YALÇIN'a, Ziraat Mühendisi Murat YOKUŞ'a, Ziraat Mühendisi Hatice ÇİÇEKDAĞI'na, Ziraat Mühendisi Yağmur KAYA'ya ve Ziraat Mühendisi Ayşegül KORKMAZ'a ve onun nezdinde bütün Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Toprak, Gübre ve Bitki Besleme Araştırma Laboratuvarındaki çalışmalarımdesteklerini esirgemeyen diğer hocalarım ve bölüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu meşakkatli süreçte maddi ve manevi her daim yanımda olan, hiçbir zaman dualarını ve desteğini eksik etmeyen babam Süleyman AKÇAY'a, annem Hatice AKÇAY'a ve biricik kardeşlerim Beyza ve Sare AKÇAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Duygu AKÇAY
KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	iv
1. GİRİŞ	1
1.1. Selenyumun Tarihçesi ve Kimyasal Özellikleri.....	1
1.2. İnsan Sağlığında Selenyum	2
1.3. Toprakta Selenyum	4
1.4. Bitkide Selenyum.....	6
1.5. Dünya’da ve Türkiye’de Fasulye Üretimi	9
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	11
2.1. Baklagiller	11
2.2. Tahıllar	15
2.3. Diğer Bitkisel Ürünler	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1. Sera denemesinde kullanılan bitki materyali	20
3.2. Sera denemesinde kullanılan toprak materyali	20
3.3. Sera denemesinin kurulması ve yürütülmesi	21
3.3.1. Yeşil aksam kuru madde miktarı (g saksı ⁻¹)	24
3.3.2. Bitki örneklerinin analize hazırlanması	25
3.3.3. Bitki örneklerinin analizi	25
3.3.4. Toprak örneğinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizler	26
3.3.5. İstatistiksel analizler	27
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI	28
4.1. Yeşil aksam kuru madde verimi	28
4.2. Yeşil aksam Se konsantrasyonu	30
4.3. Yeşil aksam Se içeriği	32
4.4. Tane verimi	34
4.5. Tane Se konsantrasyonu	36

4.6. Tane Se içeriği.....	38
5. TARTIşMA	40
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİş.....	54



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%: Yüzde

°C: Derece santigrat

µg: Mikrogram

g: Gram

kg: Kilogram

KM: Kuru madde

L: Litre

mg: Miligram

ml: Mililitre

mM: Milimol

µM: Mikromol

Se: Selenyum

B: Bor

Ca: Kalsiyum

Cu: Bakır

Fe: Demir

K: Potasyum

Mg: Magnezyum

Mn: Mangan

N: Azot

P: Fosfor

Zn: Çinko

Kısaltmalar

AAS: Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi

$\text{Na}_2\text{SeO}_4^{-2}$: Sodyum Selenat

SeO_4^{-2} : Selenat

SeO_3^{-2} : Selenit

Se^{-2} : Selenid

NaBH_4 : Sodyum Tetraborat

SeH_2 : Hidrojen Selenüre

$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: Magnezyum Nitrat

KH_2PO_4 : Potasyum Dihidrojen Fosfat

$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: Çinko Sülfat

SD: Serbestlik Derecesi

Ort. : Ortalama

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Selenyumun farklı formlarının siyah ve kırmızı görüldüğü diagram.....	1
Şekil 1.2. Selenyumun farklı izotoplarının görüldüğü diagram	2
Şekil 1.3. Organik Se formlarının açık formülü	5
Şekil 1.4. Bitkilerde selenosistein ve selenomethionin sentezi	7
Şekil 1.5. Astragalus (geven otu) (A) ve Haplopappus (papatyagiller) (B) bitkileri.....	7
Şekil 1.6. Comandra (A) ve Grindelia (papatyagiller) (B) bitkileri.....	8
Şekil 3.1. Topraktan,yapraktan ve tohumdan emdirme yöntemiyle Se uygulamaları.....	21
Şekil 3.2. Se uygulamaları yapıldıktan sonra ekim görüntüleri.....	21
Şekil 3.3. Seradan bitkilerin genel görünüşleri.....	23

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Doğadaki selenyumun konsantrasyonları.....	4
Çizelge 1.2. Organik ve inorganik Se ana bileşenleri.....	5
Çizelge 3.1. Sera denemesinde kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	18
Çizelge 4.1. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin yeşil aksam kuru madde verimine ait varyans analiz sonuçları.....	23
Çizelge 4.2. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin yeşil aksam kuru madde verimi üzerine etkileri.....	24
Çizelge 4.3. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin yeşil aksam selenyum konsantrasyonu üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	25
Çizelge 4.4. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin selenyum konsantrasyonu üzerine etkileri.....	26
Çizelge 4.5. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin yeşil aksam selenyum içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....	27
Çizelge 4.6. . Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin selenyum içeriği üzerine etkileri	28
Çizelge 4.7. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin tane verimine ait varyans analiz sonuçları.....	29
Çizelge 4.8. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin tane verimi üzerine etkileri....	30

Çizelge 4.9. Toprakdan, yaprakdan ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin tane selenyum konsantrasyonu ait varyans analiz sonuçları.....	31
Çizelge 4.10. Toprakdan, yaprakdan ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin tane selenyum konsantrasyonu üzerine etkileri.....	32
Çizelge 4.11. Toprakdan, yaprakdan ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin tane selenyum içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....	33
Çizelge 4.12. Toprakdan, yaprakdan ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin tane selenyum içeriği üzerine etkileri	34

1. GİRİŞ

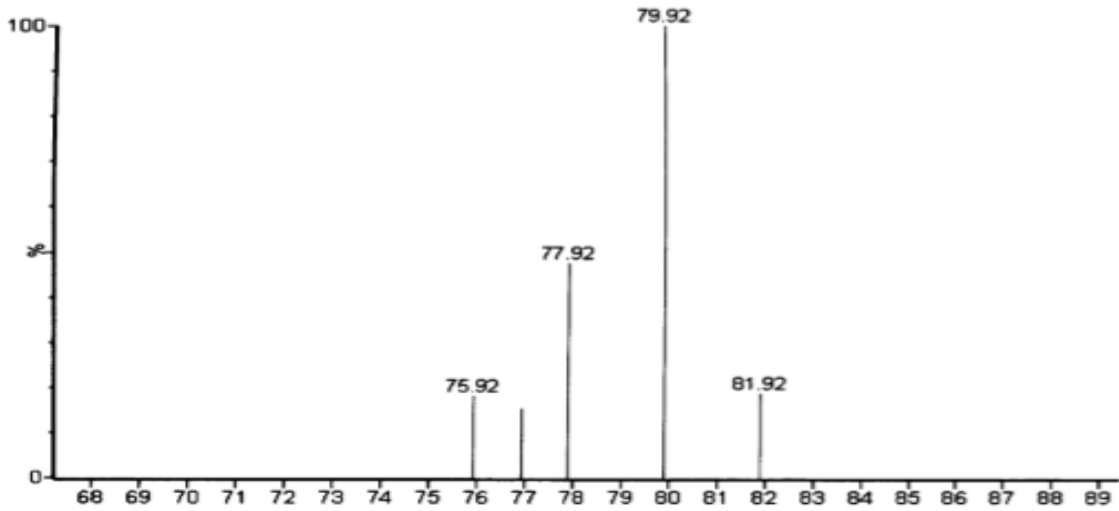
1.1. Selenyumun Tarihçesi ve Kimyasal Özellikleri

Selenyum (Se) elementi, 1817’de İsveçli kimyager Jons Jacob Berzelius tarafından İsveçteki özel bir fabrikada sülfirik asit üretimi yaptığı esnada keşfedilmiştir. Sülfirik asit üretimi sırasında ortaya çıkan materyalin tellür olduğunu düşünen Berzelius, gerçekte bilinmeyen bir element keşfetmiştir (Back, 1999; Kim, 2003; Şimşir ve Özgen, 2010; Kieliszek ve ark., 2012).

Periyodik tabloda 16. grupta yeralan metal olmayan bir elementi tanımlayan selenyum kelimesi, Yunanca’da ‘**Ay**’ anlamına gelen ‘**Selene**’den gelir. Birkaç farklı allotropik formda, amorf ve strüktürel yapıda olabilir. Amorf Se’un rengi kırmızı ve toz formunda ya da siyah renginde camsı formdadır. Kristal monoklinik selenyumda daha derin bir kırmızıyken, kristal hegzagonal formunun olağan rengi ise gridir (Şekil 1.1). Doğal olarak oluşan selenyumun 6 tane durağan [^{74}Se (% 0.89), ^{76}Se (% 9.37), ^{77}Se (% 7.63), ^{78}Se (% 23.77), ^{80}Se (% 49.61) ve ^{82}Se (% 8.73)] ve 23 tane durağan olmayan izotopu vardır (Şekil 1.2).



Şekil 1.1. Gri ve kırmızı renklerdeki farklı selenyum formları



Şekil 1.2. Selenyumun farklı izotoplarının görüldüğü diagram (Sunde, 2000)

1.2. İnsan Sağlığında Selenyum

İnsanların beslenmesinde Se'un gerekli bir element olduğu çok daha önceden bilinmesine rağmen rağmen (Schwarz ve Foltz, 1957), glutasyon peroksidaz enziminin önemli bir bileşeni olduğunu bildirmesiyle (Rotruck ve ark., 1973) önemi daha da iyi anlaşılmıştır. Yine aynı yıllarda, kas ağrısı, kolay incinme ve yetersiz beslenmeden dolayı zayıflama problemi olan bir hastaya haftada 100 μg Se gün^{-1} verilmesi ile bu problemlerin ortadan kalktığı belirlenerek, Se'un bu süreçteki önemi vurgulanmıştır (Van Rij ve ark., 1979). 1980'lerde Çin'de yaygın olarak görülen ve endemik kardiyomiyopati olarak da bilinen Keshan hastalığının tedavisinde sodyum selenat tabletleri kullanımının hastalığını tekrarlama oranının çarpıcı biçimde azalttığı ve hatta bu tabletlerin düzenli olarak kullanması ile hastalığın tamamen ortadan kalktığı belirlenmiştir (Chen, 1986; Sunde, 2000). Ayrıca, Se noksanlığının sebep olduğu, özellikle de çocuklarda yaygın olarak görülen kronik, dejeneratif osteoartrit olarak bilinen Kaschin-Beck hastalığının tedavisinde de sodyum selenatlı tabletlerin kullanılması ile bu hastalığın azaldığı bildirilmiştir (Peng ve Yang, 1991).

Günümüzde yaklaşık 1 milyar insanın Se eksikliği ile karşı karşıya olduğu bilinmektedir (Combs, 2001). Ayrıca, kanseri engelleyici özelliği bakımından üzerinde en çok tartışılan elementlerden biri olarak bilinen Se (Combs ve Gray, 1998; Combs, 2004) günümüzde en etkili antikanserojen madde olarak gösterilmektedir. Prostat,

akciğer gibi değişik türlerdeki kanser vakalarının ortaya çıkışının Se eksikliği tarafından tetiklendiği bilinmektedir (Cohen ve Khuri, 2004; Combs, 2004; Ferguson ve ark., 2004; Zachara ve ark., 2005). Bunun yanında, Se eksikliğin kalp hastalıklarının ve kalp krizinin ortaya çıkışında da önemli etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir (Mihailovic ve ark., 2003; Moritz ve ark., 2004; Tanguy ve ark., 2004).

Selenyum ve kanser arasındaki ilişkiye dönük araştırmalarının mihenk taşı olan çalışmalarıyla (Clark ve ark., 1996), Se'ca zenginleştirilmiş mayanın prostat, akciğer ve kolon kanserlerinin zararlı etkilerini azaltmakta önemli bir etki yaptığını belirlemişlerdir. Aynı araştırmacıların, kanserin beslenme ile önlenmesine araştırmalarına dair yürüttükleri çalışmalarında ise; günlük 200 μg Se kg^{-1} gıda dozunun kanser riskinde önemli azalmalar meydana getirdiği gösterilmiştir. Selenyumun noksanlığının yanı sıra toksisitesi de (selenosis; kronik selenyum zehirlenmesi) birçok hastalığa yol açabilir. Sindirim sistemini çökertme, saçlarda dökülme, beyaz renkli tırnaklar ve hafif sinir hasarları selenosisin belirtileri arasında sayılmaktadır. Selenyum toksisitesine ait dikkate değer örnekler 1960-1964 yılları arasındaki kuraklık dönemleri sırasında Çin Halk Cumhuriyeti'nde ortaya çıkmıştır (Yang ve ark., 1983). Özellikle de, Çin'in Enshi İlçesi sakinlerinin pirinç yerine daha fazla mısır ve yüksek Se'lu sebzeler tükettiklerinde el ve ayaklarının arkasında ilerlemiş cilt lezyonları, saç ve tırnaklarda kayıplar gibi belirtilerle bölge sakinlerinin yarısı Se toksisitesine maruz kalmıştır. Enshi İlçesi sakinlerinden alınan idrar örnekleri analiz edildiğinde ise idrardaki Se düzeyi ortalama 750 μg Se gün^{-1} olarak ölçülmüştür. Oysaki yetişkinler için 50-200 μg Se gün^{-1} düzeyinin yeterli olduğu bilinmektedir. Ayrıca, ABD'de kadın ve erkekler için önerilen Se seviyesi 55 μg Se gün^{-1} olmakla birlikte, insanların tolere edebildiği en yüksek seviyenin seviyesi 400 μg Se gün^{-1} olarak ifade edilmiştir (NAS, 2000). Farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda yetişkinlerin günlük Se alım değerleri; İngiltere'de 29-39 μg , Fransa'da 29-43 μg , Almanya'da 35 μg , Danimarka'da 38-47 μg , Kanada'da 98-224 μg , Venezüella'da 200-350 μg , İsviçre'de 70 μg , Japonya'da 104-127 μg ve Çin'de Se'un yüksek olduğu bölgelerde 2-36 μg , düşük olduğu bölgelerde ise 240-6990 μg olduğu belirtilmiştir (Rayman, 2000; Tinggi, 2003). Türkiye'de yürütülmüş çalışmalarda (Foster ve Sumar, 1997; Aras ve ark., 2001; Hıncal, 2007) elde edilen verilere göre günlük Se alım miktarı değerleri sırasıyla, 30 μg gün^{-1} , 20-53 μg gün^{-1} ve 30-40 μg gün^{-1} olarak bulunmuştur. Söz konusu bu değerler, Se eksikliğin Türkiye'de de Se insanlarda yaygın olduğunu göstermektedir.

1.3. Toprakta Selenyum

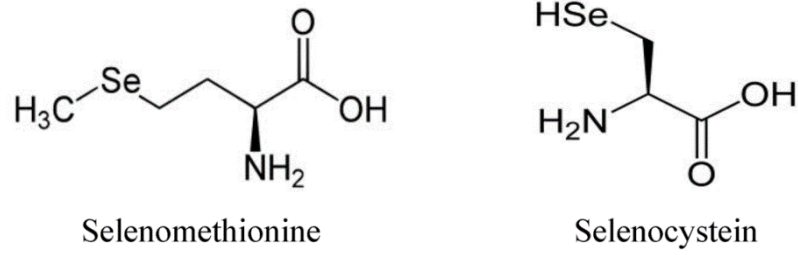
Selenyum; kaya/kayaçlar, şist, kumtaşı, kömür, toprak, yüzey suyu ve bitkilerde doğal olarak bulunur. Dünyada doğal koşullarda bulunan bazı materyallerin ortalama Se konsantrasyonları Çizelge 1.1’de verilmiştir (Fan ve Kizer, 1990; Özkan, 2000; Goldhaber, 2003). Bitkiler vasıtasıyla besin zincirine girerek, ya bu bitkieri doğrudan tüketimi ya da bu bitkilerle beslenen hayvanlardan elde edilen ürünlerin kullanımıyla insanlar Se’u vücutlarına alırlar.

Çizelge 1.1 Doğada bulunan bazı materyallerin Se konsantrasyonları

Materyal	Konsantrasyon
Yeryüzü tabakası	0.03-0.8 mg kg ⁻¹
Kumtaşı	1.0 mg kg ⁻¹
Kireçtaşı	<1.0 – 300 mg kg ⁻¹
Hava	<0.01 µg m ⁻³
Okyanus suyu	<6.0 µg L ⁻¹
Göl suyu	0.04 – 1.40 µg L ⁻¹

Toprakta mevcut Se organik ve inorganik formlarda bulunabilir (Korenovska, 2006). Topraklardaki başlıca organik Se formları; selenosistin (SeCys) ve selenomethionin (SeMet) olup (Sors ve ark., 2005; Sanmartin ve ark., 2012), bunlara ait organik formüller Şekil 1.3’de gösterilmiştir. Selenyumun dimetilselenid ve dimethildiselenid gibi bazı organik formları oda sıcaklığında uçucudurlar (Martens, 2003; Sager ve Hoesch, 2006). Toprakta bulunan Se’un başlıca inorganik formları ise selenat (SeO₄⁻²), selenit (SeO₃⁻²), selenid (Se⁻²) ve elementel Se olmak üzere dört tanedir (Maher ve ark., 2010; Wallschlaeger ve Feldmann, 2010; Sanmartin ve ark., 2012; Winkel ve ark., 2012). Oksidasyon derecesi arttıkça Se’un bitkilere olan yararı da artmaktadır. Bu nedenle, Se’un bitkilere olan yararı, iyi havalandan ve pH’sı yüksek olan topraklarda havalandanması yetersiz ve pH’sı düşük olan topraklara göre çok daha yüksektir (Mikkelsen ve ark., 1989).

Toprakta bulunan Se’un ana bileşenleri Çizelge 1.2’de verilmiştir (Martens, 2003; Sanmartin ve ark., 2012).



Şekil 1.3. Organik Se formlarının açık formülü

Çizelge 1.2. Organik ve inorganik Se ana bileşenleri

Kategori	Kimyasal Bileşeni
Selenoamino asitler	selenomethionin, selenosistein, selenosistin, methilselenosistein, selenohomosistein, Se-methilselenosisteine, selenosistamine, selenosistatonine
Se (IV ve VI) bileşenleri	selenit, selenat, selen asidi, selenik (VI) asit, selenyum dioksit
Selenürler	hidrojen selenid, dimetil selenid, trimethylselenid
Selenosyanatlar ve diğer organik bileşenler	glutathionilselenol, selenoglutathion, methilselenol

Normal toprakların toplam Se içerikleri 0.1-2.0 mg Se kg⁻¹ arasında değişiklik gösterirken (Fordyce, 2005; Broadley ve ark., 2006; Fernandez-Martinez ve Charlet, 2009), Se'lu olarak adlandırılan topraklarda ise toplam Se değerinin >2 mg Se kg⁻¹ olduğu bilinmektedir (David ve ark., 2006).

Türkiye'de Orta Anadolu Bölgesi koşullarından Konya, Niğde ve Nevşehir illerinden alınan 173 adet toprak örneği ile yürütülen bir çalışmada, topraklardaki yarıyışlı Se içeriğinin 0.56-9.76 µg Se kg⁻¹ toprak arasında değiştiği, ortalama olarak da 2.25 µg Se kg⁻¹ toprak olduğu bulunmuştur (Harmankaya, 2009). Toprakların yarıyışlı Se içeriklerindeki bu kadar önemli farklar, farklı topraklarda yetişen bitkilerin hatta aynı toprakta yetişen farklı bitki türlerinin dokularındaki Se içeriklerinde de farklılıklara yol açar (Dündar ve Altundağ, 2004; Sager ve Hoesch, 2006; Sharma ve ark., 2009).

Topraklardaki Se yarayırlılığı toprak tekstürü, toprak reaksiyonu (pH), tuzluluğu (EC), organik madde miktarı, redoks potansiyeli, demir oksit/hidroksit içeriği ve magnezyum, kükürt, fosfor, potasyum ve demir elementlerinin konsantrasyonlarına bağlıdır (Halilova, 2004; David ve ark., 2006; Taban ve ark., 2009).

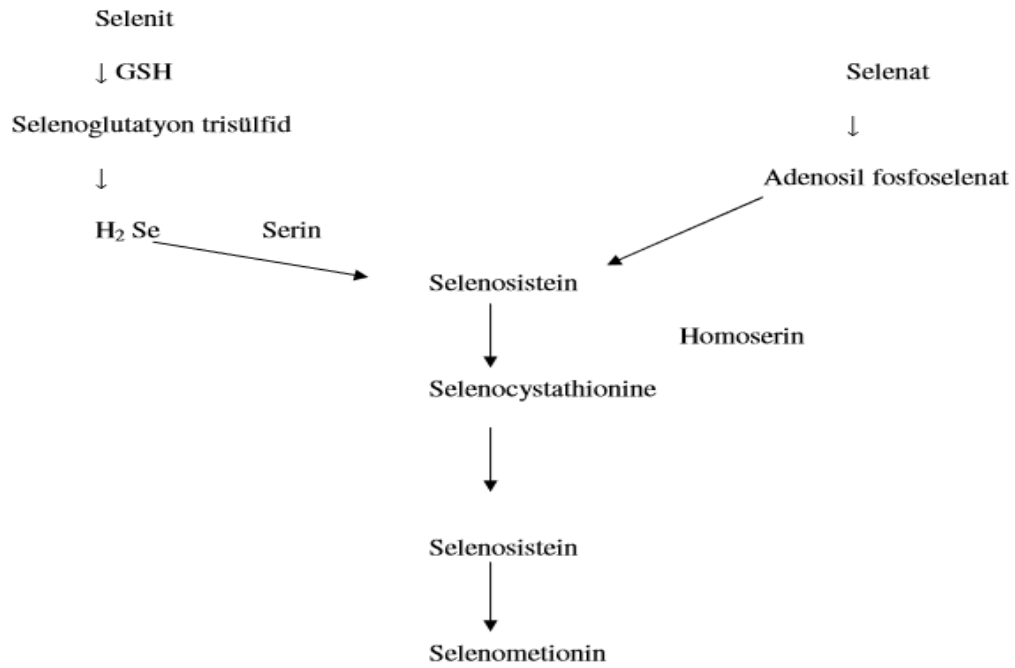
Selenyum noksanlığı; düşük Se'a sahip topraklarda yetiştirilen bitkilerden elde edilen ürünlerdeki yetersiz Se düzeylerinden kaynaklanmaktadır. Çünkü bitkisel kökenli gıdalardaki Se konsantrasyonları, gıdaların elde edildiği bitkilerin yetiştiği toprakların Se yarayırlılığı ile doğrudan ilişkilidir. Yeni Zelanda, Avustralya, Tayland, Finlandiya, Merkez Sibirya, Güney Çin'in en kuzeyi, Türkiye, Hindistan'ın bir bölümü, Nepal ve Bangladeş ve Avrupa'nın büyük bir bölümü başta olmak üzere, yeryüzündeki toprakların büyük bir kısmında yetersiz Se olduğu bildirilmiştir (Fordyce, 2005; Lyons ve ark., 2005).

1.4. Bitkide Selenyum

Selenyum bitkiler için mutlak gerekli bir besin elementi olarak sınıflanmadığından, bitkilerin yetişme ortamlarına ilave edilmesinin bitkisel üretimde herhangi bir artışa yol açması beklenmemektedir. Ancak son dönemlerde yürütölen çalışmaların bazılarında verim artışı sağladığına dair sonuçlar rapor edilmiştir (Yang ve ark., 2003; Martinez ve ark., 2009; Poblaciones ve ark., 2013a; Poblaciones ve ark., 2013b; Ekanayake ve ark., 2015a; Thavarajah ve ark., 2015). Bitkiler için mutlak gerekli bir besin elementi olmamasına rağmen, insan ve hayvanlar için mutlak gerekli bir besin elementi olmasından dolayı bitkilerde ve bitkisel kökenli gıdalardaki Se konsantrasyonunun yeter düzeylerde olması istenmektedir.

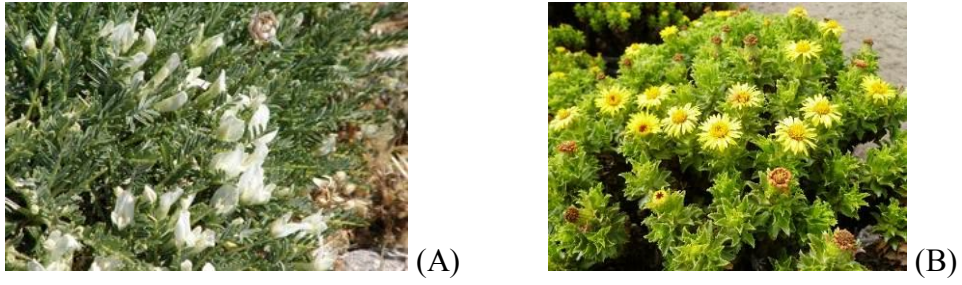
Bitkiler Se'u yetiştikleri ortamdan selenat (SeO_4^{2-}) ve selenit (SeO_3^{2-}) iyonları şeklinde almalarına rağmen, selenit (SeO_3^{2-}) iyonu şeklinde alınan miktar oldukça azdır (Banuelos ve Meek, 1989). Bitkiler selenat formunda aldıkları selenyumu ilk olarak selenit daha sonra da selenid formuna indirgerler. Bu indirgemelerden sonra Se sistein ve methionin sentezleri (şekil 1.4) sayesinde selenosistein (SeCys) ve selenomethionine (SeMet) dönüştürölür (Leustek ve ark., 2000; Mounicou ve ark., 2006). Farklı araştırıcılar (Wang ve ark., 1999; Terry ve ark., 2000; Pilon-Smits ve Quinn, 2010) tarafından Se'un bitkiler tarafından alımıyla ilgili yapılan çalışmalarda; bitkilerin esas olarak selenat formunda aldıkları selenyumu kloroplastlara taşındığı, bu

süreci ise S asimilasyonunun takip ettiği, devamında ise ATP sülfürlaz ile aktive edilerek adenosin-5-fosfoselanata dönüştüğünü, selenyumun enzimatik olarak veya enzimatik olmayan yollardan selenite indirgendiğini ve selenit ile serinin reaksiyona girmesi sonucu SeCys (selenosistein) oluştuğunu, SeCys'nin, SeMet (selenomethionin)'e metabolize edilebildiğini ve metillenerek Se-metil Met gibi ürünleri oluşturabildiğini, alternatif olarak SeCys-metil transferaz SeMSC (Se-metil selenosistein) oluşturabildiğini ve bu yolla da bitkilerin yüksek miktarda Se biriktirebildikleri rapor edilmiştir.



Şekil 1.4. Bitkilerde selenosistein ve selenomethionin sentezi

Bitkiler dokularında bulundurdıkları Se düzeylerine göre 3 gruba ayrılırlar. Birinci grupta, 1000-10000 mg kg⁻¹ Se içeren *Astragalus* (geven otu) ve *Haplopappus* (papatyagiller) (Şekil 1.5. A,B) bitkiler yer alır. Bu bitkilerin hayvanların beslenmeleri için yem olarak kullanılması durumunda, hayvanlarda kısmi toksisiteye neden olabilirler (Terry ve ark., 2000; Suzuki, 2005). Birincil indikatörlerdeki Se, selenomethyl- selenosistin ve selenosisthatin gibi çoğunlukla suda çözünen ve düşük molekül ağırlıklı bileşikler halinde bulunur (Martin ve ark., 1981; Terry ve ark., 2000; Ogra ve ark., 2004; Suzuki, 2005; Hasanuzzaman ve ark., 2010).



Şekil 1.5. *Astragalus* (geven otu) (A) ve *Haplopappus* (papatyagiller) (B) bitkileri

İkinci grupta *Comandra* ve *Grindelia* bitkileri yer alır (Şekil 1.6. A, B) ve bu bitkilerin Se içerikleri nadiren $300 \text{ mg Se kg}^{-1} \text{ KA}'ı$ geçer. Bu bitkilerdeki Se'un asıl formu organik Se da bulunmasına rağmen selenattır (Martin ve ark., 1981; Terry ve ark., 2000; Ogra ve ark., 2004; Suzuki, 2005; Hasanuzzaman ve ark., 2010).



Şekil 1.6. *Comandra* (A) ve *Grindelia* (papatyagiller) (B) bitkileri

Yemler, tahıllar ve doğal çimler Se içeriği yüksek olmayan üçüncü grupta yer alırlar ve bunların Se içerikleri 30 mg kg^{-1} 'in altındadır. Selenyumun bu bitkilerdeki bulunma formu çoğunlukla bitkisel protein ile bağlantılı biçimde selenomethionin şeklindedir (Martin ve ark., 1981; Terry ve ark., 2000; Ogra ve ark., 2004; Suzuki, 2005; Hasanuzzaman ve ark., 2010).

Bitkilerde Se'un; selenat (SeO_4^{-2}), selenit (SeO_3^{-2}) ve selenid (Se^{-2}) gibi çeşitli inorganik formları bulunmaktadır. Sodyum selenat (NaSeO_4^{-2}) ilk olarak sodyum selenit (NaSeO_3^{-2}) daha sonra ise hidrojen selenid (H_2Se) formuna indirgenmektedir (Combs, 2001). Selenyumun bu inorganik formunun dönüşümü genellikle selenoproteinlerin (selenosistein (SeCys) gibi) sentezi için olup, doğrudan insanlar ya da hayvanlar tarafından alınarak kullanılması söz konusu değildir (Ganter, 2000).

İnorganik Se'un yanında, bitkiler tarafından organik Se'un da alındığı bilinmekle beraber, Se'un inorganik türlerinin bitkiler tarafından alımının organik türlere göre daha yüksek oranda (20-100 kat daha fazla) olduğu bildirilmiştir (Abrams ve ark., 1990; M.P. ve ark., 2000; Kikkert ve Berkelaar, 2013). Yapılan araştırmalar, Se'un amino asit taşınımında önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir (Kikkert ve Berkelaar, 2013). Bugüne kadar yürütülen çalışmalardan, Se'a ait spesifik bir alım mekanizması hakkında yeterli bilgi elde edilememiştir. Fakat selenat alımının sülfat tarafından tutulmasının engellenerek daha az düşürülmesinin bitkilerde Se'un hiperakümülatör türlerinin ortaya çıkmasına neden olabileceği ifade edilmiştir (Winkel ve ark., 2012). Hiperakümülatör türlerin ve diğer bitki türlerinin büyüme ortamları karşılaştırıldığında daha yüksek Se:S oranına sahip oldukları tespit edilmiştir (Hengl ve ark., 2014).

Selenyum da içeren amino asitler (SeCys ve SeMet) bitkilerdeki asıl Se molekülleridir. Çünkü onlar Se'un protein yapısındaki formu olan SeCys'in parçalanıp birleşmesiyle doğrudan antioksidant gibi davranma ve fiziksel fonksiyonları yerine getirme özelliğine sahiptir (Brown ve Arthur, 2001; Rahmanto ve Davies, 2012; Hurst ve ark., 2013). Bunun yanı sıra, Se amino asit (SeCys) proteinlerinin spesifik olmayan birleşmesi Se toksisitesinin de ana sebebidir (Stadtman, 1990).

Toprakta sülfat ve fosforun varlığı Se'un bitkiler tarafından alımını engellemektedir (Hopper ve Parker, 1999; Terry ve ark., 2000; Hengl ve ark., 2014; Schiavon ve ark., 2015). Bu besin elementlerinin düşük seviyelerde bulunması durumunda, selenat alımının selenit alımından daha fazla olduğu bildirilmiş ve bu farkın ise P ve S elementlerinin yetersizliğinde bitki köklerinden vegetatif aksama taşınımını sağlayan genlerin farklı seviyeleri veya selenatın sülfat taşınımını yaptıktan sonra selenitin bileşikleri için fosfor taşınımının daha düşük afinitesinden dolayı olabileceği ifade edilmiştir (Li ve ark., 2008).

1.5. Dünya'da ve Türkiye'de Fasulye Üretimi

Tarımsal amaçla üretilen bitkisel ürünler içerisinde yemeklik tane baklagiller tanelerinin zengin protein, nişasta, vitamin ve mineral madde içeriği, geniş adaptasyon yeteneği ve havanın serbest formdaki azotunu toprağa bağlayabilme yetenekleri gibi üstün özellikleri sebebiyle özel bir yere sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı hem

beslenme diyetlerinde, hem de tarım sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Bozoğlu ve Topal, 2005).

Yemeklik baklagillerden olan fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) yüksek protein içeriğiyle kuru ve taze olarak insan gıdası olarak tüketilen ve bitki artıkları ile de yem sanayinde kullanılan önemli bir kültür bitkisidir (Ülker ve Ceyhan, 2008). Kuru fasulye, 2014 yılı verilerine göre dünyada 31 milyon ha ekim alanı, 866 kg ha⁻¹ tane verimi ve 27 milyon ton üretim miktarı ile yemeklik tane baklagiller üretimi içerisinde ilk sırada yer almaktadır (FAO, 2014). Ancak ülkemizde ise, 89.820 ha ekim alanı ve 235.000 ton üretim miktarı (FAO, 2016) ile nohut ve mercimekten sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Konya'daki ekim alanı 20.223 ha ve toplam üretimi 69.877 ton olan fasulyenin birim alandan alınan tane verimi ise 367 kg da⁻¹'dir. Konya İli Türkiye fasulye ekim alanlarının % 22.5'ine sahip olup, bu alanda toplam üretimin % 29.7'sini gerçekleştirmektedir (TÜİK, 2016).

Dünyada konu ile ilgili çalışmalar olmasına karşın, ülkemizde fasulyenin Se gübrelemesine vereceği yanıtların belirlenmesi ile ilgili herhangi bir araştırmaya rastlanamamıştır. Ayrıca, Türkiye topraklarının besin elementlerinin alımını etkileyen yüksek kireç oranı, düşük organik madde ve yüksek pH gibi nedenlerle çoğu kez farklılıklar arz etmesi dünyada farklı şartlarda yapılan çalışmaların Türkiye'de kullanılabilirliğini de sınırlamaktadır. Bu nedenle, iklim istekleri tam olarak karşılanmadan yetiştirildiği ülkemizde önemli bir bitkisel protein kaynağı olan fasulye ile ilgili detaylı çalışmalar yapılması bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Baklagiller

Selenyum uygulamasının farklı şekillerde ve dozlarda uygulanmasının bitkilerin Se içerikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan bir tanesinde, tohumdan (0, 10, 20, 40 ve 100 g Se ha⁻¹) ve yapraktan (10 ve 100 g Se ha⁻¹) Se uygulamalarının soya fasulyesinin verimi, tanenin Se ve N içeriği üzerine etkilerini belirleme amacıyla 6 lokasyonda denemeler yürütülmüştür (MacLeod ve Gupta, 1995). Tane Se içeriğinin, Se'un yapraktan uygulandığı koşullarda (7.48-18.62 mg kg⁻¹ Se) tohum uygulamalarına (0.58-10.92 mg kg⁻¹ Se) göre daha yüksek olduğu, tohumdan ve yapraktan artan Se uygulaması ile tanenin Se konsantrasyonunun arttığı, tane verimi ve N kapsamının ise artan Se uygulamaları ile değişiklik göstermekle birlikte, bu değişikliğin kontrole göre artış şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Soya fasulyesi ile yürütülen bir başka çalışmada, Yang ve arkadaşları (2003) Se uygulamalarının soya fasulyesinin Se içeriği üzerine etkilerini araştırma amacıyla iki farklı tarla denemesi yürütülmüştür. Söz konusu denemelerden birincisinde, 0.016 µg Se g⁻¹ içeren bir toprakta yetiştirilen Shanning No:10 fasulye çeşidine sodyum selenit kullanarak topraktan 300 g Se ha⁻¹ (240 mg Se L⁻¹), yapraktan 200 g Se ha⁻¹ (180 mg Se L⁻¹) Se ile zenginleştirilmiş gübre, diğer denemede ise 0.010 µg g⁻¹ Se içeren bir toprakta Wandou No: 2 ve Tong'ai No: 405 fasulye çeşitlerine sodyum selenit kullanarak yapraktan 200 g Se ha⁻¹ (180 mg Se L⁻¹) Se ile zenginleştirilmiş gübre uygulamışlardır. İlk denemeden elde edilen sonuçlar, soya fasulyesi veriminin yapraktan (sodyum selenit ve Se ile zenginleştirilmiş gübre şeklinde) Se uygulamalarında topraktan (sodyum selenit ve Se ile zenginleştirilmiş gübre şeklinde) Se uygulamalarına göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Burada en yüksek verimin (7.37 kg 20 m⁻²) yapraktan Se ile zenginleştirilmiş gübre uygulamasında elde edildiğini, soya fasulyesinin tane protein kapsamının ise verimin tam tersine bir ilişki gösterdiğini ve en yüksek protein içeriğinin (385.7 g kg⁻¹) topraktan selenyum ile zenginleştirilmiş gübre uygulamasında elde edildiğini bildirmişlerdir. İkinci denemenin çıktıları ise, soya fasulyesi çeşitlerine göre verim ve protein içeriklerinin az da olsa değiştiğini, Se'un yapraktan sodyum selenit ve Se ile zenginleştirilmiş gübre şeklinde uygulamalarının fasulye verim ve protein içeriğindeki değişimlerin istatistiki olarak önemli olmadığını

göstermiştir. Ayrıca soya fasulyesinin Se içeriğinin yapraktan (sodyum selenit ve Se ile zenginleştirilmiş gübre şeklinde) Se uygulamalarının, topraktan (sodyum selenit ve Se ile zenginleştirilmiş gübre şeklinde) Se uygulamalarına göre daha yüksek olduğunu, en yüksek Se içeriğinin ($1.126 \mu\text{g g}^{-1}$) yapraktan sodyum selenit uygulamasıyla elde edildiğini bildirmişlerdir.

Soya fasulyesine farklı şekillerde (toprak, yaprak ve toprak+yaprak) selenyum uygulamalarının ($0, 0.5, 1.0, 1.5$ ve $2.0 \text{ kg Se ha}^{-1}$, $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) bitki boyu, bakla sayısı, 100 tane ağırlığı ve verim üzerine etkileri bir tarla denemesi ile araştırılmıştır (Martinez ve ark., 2009). Araştırmacılar bitki boyunun 50 ile 74 cm arasında değiştiğini ve topraktan selenyum uygulamalarının bitki boyunu artırdığı, bakla sayısının 27 ile 40 adet arasında değiştiğini ve toprak+yaprak uygulamalarının bakla sayısını diğer uygulamalara göre artırdığını, 100 tane ağırlığının 15.54 ile 16.84 g arasında değiştiğini ve toprak+yaprak uygulamalarının bakla sayısını diğer uygulamalara göre artırdığını, tane veriminin 1120 ile 2237 kg ha^{-1} arasında değiştiğini, en yüksek tane veriminin topraktan 1 kg ha^{-1} selenyum uygulaması ile elde edildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca bitki boyu, bakla sayısı, 100 tane ağırlığı ve verimin selenyum uygulamalarına bağlı olarak değişmekle birlikte fitotoksik etkiden dolayı azalmaların olduğunu belirtmişlerdir.

Yürütülen bir sera denemesinde, dört fasulye genotipinde farklı Se uygulamalarının (A- çiçeklenme zamanında 10 gün arayla iki kere yapraktan 10 mg Se L^{-1} uygulaması ve B- fasulye tohumlarının 10 mg Se L^{-1} içeren çözeltide bekletilmesi) Se alımı üzerine etkileri incelenmiştir (Srnkolj ve ark., 2006). Araştırma sonucunda bitkilerin Se içeriğinin her iki uygulamada da (A ve B) kontrole göre arttığı, en yüksek Se içeriğinin çiçeklenme zamanında 10 gün arayla 2 defa yapılan yapraktan Se uygulaması ile elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca, A uygulaması sonucunda elde edilen fasulye tohumlarında biriken Se miktarının ($2 \mu\text{g Se g}^{-1} \text{ KA}$), B uygulaması sonucunda elde edilen tohumlarda biriken Se miktarından (kuru ağırlık olarak $0.6 \mu\text{g Se g}^{-1} \text{ KA}$) 3.3 kat daha fazla olduğu görülmüştür.

Kanada'nın Saskatchewan eyaletinde 8 farklı lokasyonda, 2005 ve 2006 yıllarında 19 mercimek genotipinin toplam Se konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla bir sörvey çalışması yürütülmüştür (Thavarajah ve ark., 2008). 2005 yılında Saskatoon eyaletinde $301 \mu\text{g Se kg}^{-1}$ içeren bir toprakta yetiştirilen bitkilerdeki Se içeriğinin $900 \mu\text{g kg}^{-1}$ (Richiea genotipi) ile $2104 \mu\text{g kg}^{-1}$ (Robin genotipi) arasında değiştiği

görülmüştür. 2006 yılında Kyle eyaletinde $75 \mu\text{g Se kg}^{-1}$ içeren bir toprakta yürütülen denemeden elde edilen bitki örneklerindeki Se içeriğinin ise $1421 \mu\text{g kg}^{-1}$ (Chief genotipi) ile $2609 \mu\text{g kg}^{-1}$ (Greenland genotipi) arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, mercimek genotiplerinin toplam Se içeriklerinin yıllara ve genotiplere göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Artan dozlarda selenit ve selenat formlarındaki Se uygulamalarının (0, 10, 20, 40, 80 ve $160 \mu\text{M}$) fasulye bitkisinin verim ve Se konsantrasyonu üzerine etkilerinin incelendiği bir sera çalışmasında, (Hermosillo-Cereceres ve ark., 2013) tane verimini olumsuz etkilemeden tane Se konsantrasyonunu artırmada en uygun selenit dozunun $40 \mu\text{M}$, selenatın ise $20 \mu\text{M}$ olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca kritik doku konsantrasyonunun Se'un sodyum selenit formunda uygulandığında 96 mg Se kg^{-1} KA, sodyum selenat formunda uygulandığında ise $138 \text{ mg Se kg}^{-1}$ KA olduğunu, kontrolle kıyaslandığında bu değerlere kadar Se birikiminin toplam bitki verimini etkilemediğini bildirmişlerdir.

Tarla koşullarında yürüttükleri bir çalışmada (Poblaciones ve ark., 2013a), yapraktan selenit ve selenat formlarında Se uygulamalarının (0, 10, 20, 40 ve 80 g Se ha^{-1}) bezelyenin tane verimi, ham protein ve toplam Se içeriği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bezelyenin selenyum alımı üzerine selenyum formlarının (selenat ve selenit) istatistiki olarak önemli olduğu görülmüş; sodyum selenat uygulamasının sodyum selenite göre daha fazla Se alımına yol açtığı tespit edilmiştir. Hem sodyum selenat hemde sodyum selenitin gübresinin her bir gram için tanedeki toplam Se konsantrasyonunda neden olduğu artışın sırasıyla kuru ağırlıkta $148 \mu\text{g Se kg}^{-1}$ ve $19 \mu\text{g kg}^{-1}$ olduğu ölçülmüştür. Ayrıca hektara 10 g sodyum selenat uygulanarak yetiştirilen bezelyenin 100 g 'ının insanlar tarafından tüketilmesi durumunda günlük olarak $179 \mu\text{g Se}$ alınabileceği; bunun sonucunda da bazı kanser türlerinin gelişimini engellemek için önerilen günlük alınması gereken minimum seviyenin ($200 \mu\text{g Se}$) yaklaşık %90'ını sağlanmasına yeteceği bildirilmiştir.

Akdeniz koşullarında yürütülen iki yıllık bir tarla denemesinde yapraktan selenit ve selenat formlarında Se uygulamalarına (0, 10, 20, 40 g Se ha^{-1}) nohutun yanıtını araştırıldığı çalışmada, Se alımı üzerine selenat ve selenitin etkisinin istatistiki bakımdan önemli düzeyde farklı olduğu tespit edilmiştir (Poblaciones ve ark., 2013b). Sonuçlara göre, sodyum selenatın sodyum selenite göre çok daha etkili bir şekilde

alındığını belirlenmiştir. Selenyumlu gübre uygulamalarının tanedeki toplam Se konsantrasyonda yol açtığı artışın her bir gram için birinci yıl ve ikinci yıl sırasıyla sodyum selenat için 126 ve 87 $\mu\text{g Se kg}^{-1}$, sodyum selenit için 25 ve 19 $\mu\text{g Se kg}^{-1}$ olduğu görülmüştür. Ayrıca, çiçeklenmenin başlangıcında yapraktan 10 g Se ha^{-1} uygulamasının gıdalarda olması arzu edilen seviyelere yakın Se artış sağladığı rapor edilmiştir.

On iki mercimek çeşidi kullanarak Avustralya'nın iki farklı bölgesinde (Melton-Güney Avustralya ve Horsham-Victorya) çiçeklenme döneminde K_2SeO_4 formunda 10 g Se ha^{-1} ve tohum bağlama döneminde 30 g Se ha^{-1} olmak üzere toplamda 40 g Se ha^{-1} uygulamasının bitki dokularının Se kapsamı ve tohumun Se içeriği üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada (Rahman ve ark., 2014), uygulamaların istatistiki olarak önemli olduğu ancak tohumluk veya tohum verimi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Bu uygulamaların tane Se konsantrasyonunu 201 $\mu\text{g Se kg}^{-1}$ 'dan 2772 $\mu\text{g Se kg}^{-1}$ 'a çıkardığını ve 20 g mercimek tüketiminin önerilen günlük Se alımını karşılayacağını, sonuç olarak da, Se'un K_2SeO_4 olarak yapraktan uygulanmasının mercimeğin Se içeriğini iyileştirmede etkili bir tarımsal yaklaşım olduğu ifade edilmiştir.

Bir diğer çalışmada, iki farklı Se formunun mercimeğin tane verimi, tohum Se konsantrasyonu ve antioksidan aktivitesine olan olası etkileri iki yıl süreyle tarla koşullarında incelenmiştir (Ekanayake ve ark., 2015a). Selenit ve selenat uygulaması (30 g ha^{-1}), kontrol grubuna kıyasla mercimek tane veriminde sırasıyla % 10 ve % 4 düzeyinde artışlara neden olmuştur. Kontrol (0.6 mg Se kg^{-1}) gurubuyla kıyaslandığında selenite (0.9 mg Se kg^{-1}) kıyasla selenat (1.4 Se mg kg^{-1}) tane Se konsantrasyonunu artırmada daha etkili olmuştur. Ayrıca antioksidan aktivitesindeki artışlar karşılaştırıldığında selenatın (% 66 inhibisyon), selenit (% 64 inhibisyon) ve kontrole (% 59 inhibisyon) göre daha fazla artışa neden olduğu görülmüştür. Araştırmacılar genel olarak Se gübrelemesinin, mercimek tane verimini arttırmada faydalı olduğunu ve tane Se konsantrasyonunu artırmada ise selenatın daha etkili olacağını rapor etmişlerdir.

Yine mercimek bitkisi kullanılarak yürütülen bir sera denemesinde (Thavarajah ve ark., 2015), selenit ve selenat formlarında yapraktan ve topraktan Se uygulamalarının (0, 10, 20 ve 30 kg Se ha^{-1}) mercimek genotiplerinin verim ve tane Se içeriği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Selenyumun yapraktan uygulanmasının topraktan

uygulanmasıyla karşılaştırılması mercimek biyokütle verimini (5586'ya karşı 7361 kg ha⁻¹), tane verimini (1732'ye karşı 2468 kg ha⁻¹) ve tohum Se konsantrasyonlarını (0.8'e karşı 2.4 mg kg⁻¹) önemli ölçüde artırdığı şeklinde bir sonuca ulaşılmasına yol açmıştır. Araştırmacılar en yüksek bitki veriminin (2252 kg ha⁻¹) ve en yüksek Se içeriğinin (2.7 mg kg⁻¹) 30 kg Se ha⁻¹ uygulaması ile elde edildiğini ifade etmişlerdir.

2.2. Tahıllar

Buğday bitkisine farklı şekillerde (toprak, yaprak ve tohum) selenyum uygulamalarının (0, 5, 10 ve 20 g Se ha⁻¹, Na₂SeO₄⁻²) tane verimi ve tane Se konsantrasyonuna etkilerini belirlemek için Yeni Zeland'ın Canterbury eyaletindeki 2 farklı lokasyonda (Wakanui ve Methven) tarla denemeleri yürütülmüştür (Curtin ve ark., 2006). Elde edilen sonuçlara göre, artan dozlarda selenyum uygulamalarıyla buğday bitkisinin tane verimi kontrole göre artış göstermiştir. En yüksek verim (10.0 t ha⁻¹) sulu şartlarda yetiştiriciliğin yapıldığı Wakanui eyaletinde elde edilirken, en düşük verim (4.0 t ha⁻¹) ise kuru şartlarda yetiştiriciliğin yapıldığı Methven eyaletinde gözlenmiştir. Tane Se konsantrasyonu Se uygulama şekillerininin tamamıyla (toprak, yaprak ve tohum) kontrole göre artış göstermiştir ancak en yüksek artış ilkbaharda sulu şartlarda yetiştiriciliğin yapıldığı Wakanui bölgesindeki yapraktan 20 g ha⁻¹ uygulamasıyla (0.477 mg kg⁻¹) olurken, en düşük artış ise kuru şartlarda sonbaharda yetiştiriciliğin yapıldığı Methven bölgesinde tohumdan 10 g ha⁻¹ uygulamasıyla gerçekleştiği belirlenmiştir.

Yine buğday bitkisi kullanılarak, Kanada'nın Manitoba eyaletinde 3 farklı lokasyonda 1999-2000 ve 2001 yıllarında yapraktan (0, 20 g Se ha⁻¹, Na₂SeO₄⁻²) ve tohumdan (0, 10, 20, 30 ve 40 g Se ha⁻¹, Na₂SeO₄⁻²) Se uygulamalarının buğday bitkisinin kuru madde verimi, tane Se konsantrasyonu ve tane verimi üzerine etkilerini belirlemek için bir çalışma yürütülmüştür (Grant ve ark., 2007). Çalışmada, buğday bitkisinin kuru madde veriminde ve tane veriminde kontrole göre azalmalar görülmekle beraber, en yüksek verimlerin sırasıyla 2001 yılında Assiniboine eyaletinde yapraktan 20 g ha⁻¹ uygulamasıyla (9.62 t ha⁻¹) ve aynı yıl aynı eyalette tohumdan 20 g ha⁻¹ uygulamasıyla (4.83 t ha⁻¹), en düşük verimin ise sırasıyla 1999 yılında Assiniboine eyaletinde tohumdan 40 g ha⁻¹ uygulamasıyla (4.00 t ha⁻¹) ve aynı yıl aynı eyalette

yapraktan 40 g ha^{-1} uygulamasıyla (2.00 t ha^{-1}) gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Aynı şekilde, tane Se konsantrasyonunda kontrole göre artışlar göstermiştir. En yüksek tane Se konsantrasyonu ($1820 \mu\text{g kg}^{-1}$) 2000 yılında Newdale eyaletinde tohumdan 40 g ha^{-1} uygulamasında en düşük tane Se konsantrasyonunun ($313 \mu\text{g kg}^{-1}$) ise 2001 yılında Assiniboine eyaletinde tohumdan 10 g ha^{-1} uygulamasında gerçekleşmiştir. Sonuç olarak, buğday bitkisinin kuru madde verimi, tane verimi ve tane Se konsantrasyonları Se uygulamalarına göre farklılık gösterdiğine vurgu yapılmıştır.

Kışlık buğdayda yapraktan Se uygulamalarının ($0, 0.5, 1.0, 10$ ve 20 g Se ha^{-1} , $\text{Na}_2\text{SeO}_3^{-2}$) tane Se birikimi ve Se alımına etkilerini belirlemek için bir tarla denemesi yürütülmüştür (Ducsay ve ark., 2007). Söz konusu bu denemenin sonuçlarına bakıldığında, kışlık buğday tanesinde Se birikiminin 10 ve 20 g Se ha^{-1} uygulamalarında (0.094 mg kg^{-1} ve 0.192 mg kg^{-1}) kontrole (0.039 mg kg^{-1}) göre önemli artışlar olduğu görülmüştür. Bitkinin tane Se alımı da aynı şekilde kontrole göre önemli artışlar göstermiştir ve buğdayın her 1 gramına taşınan Se'a bakıldığında ise uygulanan $1, 10$ ve 20 g ha^{-1} selenyum dozları toplam Se'un sırasıyla $\% 10, \%2.9$ ve $\%4.4$ 'ünü temsil ettiğini belirlemişlerdir. Bu sonuçlara göre; kışlık buğday tanesi için gerekli olan Se konsantrasyonunun 10 g ha^{-1} uygulamasıyla karşılanabileceğini belirlemişlerdir.

Yazlık buğdaya topraktan Se ($0, 0.05, 0.10$ ve 0.20 mg kg^{-1} , $\text{Na}_2\text{SeO}_3^{-2}$) ve NPK ($2 \text{ g N} + 0.4 \text{ g P} + 1.6 \text{ g K}$) uygulamalarının tane, sap, kök verimleri ve bu bitki kısımlarındaki Se konsantrasyonuna etkilerini belirlemek için yürütülen bir tarla denemesinde (Ducsay ve ark., 2009), artan dozlarda Se uygulamasının verimde kontrole göre artışlara neden olduğu görülmüştür. Ancak en yüksek artışlar tanede NPK + $0.10 \text{ mg Se kg}^{-1}$ ($31,66 \text{ g saksı}^{-1}$), sapta yalnızca NPK ($49.93 \text{ g saksı}^{-1}$) ve kökte ise NPK + 0.20 mg kg^{-1} Se ($4,29 \text{ g saksı}^{-1}$) uygulamasıyla elde edilmiştir. En düşük artışlar ise tanede ve kökte NPK + 0.05 mg kg^{-1} (sırasıyla $29.10 \text{ g saksı}^{-1}$ ve $3.70 \text{ g saksı}^{-1}$) ve sapta ise NPK + $0.20 \text{ mg Se kg}^{-1}$ ($46,10 \text{ g saksı}^{-1}$) uygulamasında görülmüştür. Bitki dokularındaki Se konsantrasyonu göz önünde bulundurulduğunda da kontrole göre artışların olduğu görülmüştür. Tane, sap ve kökteki en yüksek artışın ise NPK + $0.20 \text{ mg Se kg}^{-1}$ (sırasıyla $0.732, 0.227$ ve $1.375 \text{ mg Se kg}^{-1}$ KA), en düşük artışın ise sadece NPK uygulamasıyla (sırasıyla $0.048, 0.075$ ve $0.235 \text{ mg Se kg}^{-1}$ KA) meydana geldiği tespit edilmiştir.

İç Anadolu Bölgesi'nin kireçli topraklarını temsil eden bir toprak kullanılarak ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerine topraktan artan dozlarda Se (Se_0 = Kontrol, $Se_{0.2} = 0.2 \text{ mg kg}^{-1}$, $Se_1 = 1 \text{ mg kg}^{-1}$, $Se_5 = 5 \text{ mg kg}^{-1}$ Se, $Na_2SeO_4^{2-}$) uygulamalarının bitkinin kuru madde verimi, Se konsantrasyonu, Se içeriği, tane verimi, tane Se konsantrasyonu ve tane Se içeriği üzerine etkilerini belirlemek amacıyla bir sera denemesi yürütülmüştür (Harmankaya, 2009). Sonuçlar artan dozlarda Se uygulamalarıyla hem ekmeklik hem de makarnalık buğday çeşitlerinde ortalama en yüksek kuru madde ve tane verimi $Se_{0.2}$ uygulamasında elde edildiğini göstermiştir. Bu değerler sırasıyla ekmeklik çeşitlerde $850 \text{ mg bitki}^{-1}$ ve $3.80 \text{ g bitki}^{-1}$, makarnalık çeşitlerde $816 \text{ mg bitki}^{-1}$ ve $3.78 \text{ g bitki}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Her iki verim için de değerlerin Se_0 , Se_1 ve Se_5 sırasıyla azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca artan dozlarda Se uygulamalarına bitkinin yeşil aksam ve tane Se konsantrasyonlarının artışla yanıt verdiği görülmüştür. Ortalama en yüksek bitki yeşil aksam ve tane Se konsantrasyonunun ekmeklik (sırasıyla 2129 ve $287 \text{ mg Se kg}^{-1}$ KA) ve makarnalık çeşitlerde de (sırasıyla 1795 ve $330 \text{ mg Se kg}^{-1}$ KA) Se_5 uygulamasında hesaplanmıştır. Ortalama en yüksek bitki ve tane Se içerikleri de hem ekmeklik çeşitlerde (sırasıyla $516 \text{ } \mu\text{g bitki}^{-1}$ ve $11256 \text{ ng tane}^{-1}$) hem de makarnalık çeşitlerde ($417 \text{ } \mu\text{g bitki}^{-1}$ ve $13211 \text{ ng tane}^{-1}$) Se_5 uygulamasında tespit edilmiştir.

Pirinç bitkisine artan dozlarda Se uygulamalarının ($0, 5, 10, 20$ ve 40 mg Se kg^{-1} toprak, $Na_2SeO_3^{2-}$) (Alıfar ve ark., 2012), tane verimi ve tane Se konsantrasyonu üzerine etkilerini belirlemek için yürütülen bir çalışmada Se uygulamalarının önemli bir etkisi görülmemiş, tane veriminin 4.95 ile 6.55 mg ha^{-1} arasında değişim gösterdiği bildirmiştir. Aynı uygulamaların tanenin Se içeriği üzerine de herhangi önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Buradaki sonuçlar, kontrole göre en düşük artışın 20 mg Se kg^{-1} toprak uygulamasında ($158.52 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$), en yüksek artışın ise 10 mg Se kg^{-1} toprak uygulamasında ($294.96 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$) olduğunu göstermiştir.

2.3. Diğer Bitkisel Ürünler

Sarımsakla yürütülen bir tarla denemesinde ise, topraktan $10, 20$ ve 50 g ha^{-1} sodyum selenat ve $60, 120$ ve 240 g ha^{-1} sodyum selenit ve yapraktan $0, 20$ ve 50 g ha^{-1} Se uygulamalarının Se konsantrasyonu üzerine etkileri incelenmiştir (JaeMoon ve ark.,

2001). Elde edilen sonuçlar, sarımsağa yapraktan selenat uygulamasının Se içeriğinde önemli oranda artışlara neden olduğunu göstermiştir.

Türkiye’de Sakarya ilinine ait ilçelerde (Kocaali, Karasu, Akyazı, Hendek ve Ferizli) yetiştirilen fındık (Kara Fındık, Tombul, Delisava) çeşitleri kullanılarak yürüttükleri bir çalışmada (Dündar ve Altundağ, 2004), elde edilen fındık içinin kabuklu ve kabuksuz olarak Se konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda, fındığın Se konsantrasyonunun çeşitler arasında farklılıklar gösterdiğini tespit etmişlerdir. Araştırılan çeşitlerden Kara Fındık, Tombul ve Delisava’nın kabuksuz fındık içindeki Se konsantrasyonunun sırasıyla, 0.47, 0.70 ve 0.36 mg Se 100 g⁻¹ iken kabuklu fındık içindeki ise sırasıyla 0.95, 1.69 ve 0.66 mg Se 100 g⁻¹ olduğu görülmüştür. Ayrıca, ilçe bazında ve çeşit düzeyinde kabuklu ve kabuksuz fındık içlerinin Se içeriklerinin değiştiğini, en yüksek Se seviyesinin Ferizli ilçesindeki Tombul fındık çeşidinin kabuklu iç kısmında (2.35 mg Se 100 g⁻¹) elde edildiğini ve en düşük Se seviyesinin ise Karasu ilçesindeki Kara Fındık ve Tombul çeşitlerinin kabuksuz fındık içlerinde (0.16 ve 0.15 mg Se 100 g⁻¹) olduğunu belirlemişlerdir.

Türkiye’nin sarımsak üretim yapılan 7 farklı ilinden (Balıkesir, Kırklareli, Kahramanmaraş, Antalya, Karaman, Muğla ve Kastamonu) alınan 80 adet toprak örneğinin sonuçları bitkiye yarayışlı Se içeriğinin 1,32 ile 11,16 µg kg⁻¹ arasında değiştiğini ve ortalama olarak 4,35 µg kg⁻¹ olduğunu göstermiştir (Türkmen, 2010). Yine aynı lokasyonlardan alınan aynı sayıdaki baş örneğinde ise Se içeriğinin 0,068 ile 0,433 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini ve ortalama 0.160 mg kg⁻¹ olduğunu belirlenmiştir. Aynı çalışmada, araştırmacı sera koşullarında topraktan (0, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 ve 5.0 mg Se kg⁻¹ toprak) ve yapraktan (% 0.01 Se) Se uygulamalarının (Na₂SeO₄⁻²) sarımsak bitkisinin Se alımına etkilerini incelemiş ve bitki gövde ağırlığının yaprak (-%17) ve toprak uygulamalarından (-%15) olumsuz etkilendiğini, toprak uygulamalarının yaprak uygulamasına göre gövdenin Se alımını daha fazla artırdığını belirlemiştir. Sera denemesine benzer şekilde tarla koşullarında yürütülen çalışmada ise topraktan (0, 12.5, 25, 50 ve 100 g Se da⁻¹) ve yapraktan (% 0.01 Se) Se uygulamalarının (Na₂SeO₄⁻²) sarımsak bitkisinin verimini toprak uygulamalarında (-%28) yaprak uygulamasına (-%15) göre daha fazla azalttığını belirlemiştir. Selenyum uygulamalarının bitki başının Se konsantrasyonunun kontrole (0.32 mg Se kg⁻¹ KA) göre arttığı, en yüksek değer 100 g Se da⁻¹ uygulaması ile elde edildiği (66.49 mg Se kg⁻¹) görülmüştür. Araştırmacı tarla koşullarında 25 g Se da⁻¹ uygulaması ile sarımsak yumrularının Se içeriğinin

yetişkin insanların günlük Se ihtiyacını ($70 \mu\text{g gün}^{-1}$) karşılayacak seviyeye ulaştığını belirlemiştir.

Yapraktan Se ve silisyum (Si) uygulamalarının hıyarda (*Cucumis sativus* L.) bitki büyümesi, verim, bitki besin maddeleri alımı ve bazı meyve kalite özellikleri üzerine etkileri açık tarla koşullarında incelenmiştir (Çetinsoy, 2014). Selenyum, Na_2SeO_4 bileşiği olarak 50 ppm dozunda, Si ise K_2SiO_3 bileşiği olarak 300 ppm dozunda yapraklardan spreylenerek olmak üzere 3 defa 15 gün aralıklarla uygulanmıştır. Sonuç olarak, yaprak uygulamaları şeklindeki Se gübrelemesinin hıyar meyve veriminde % 11’lik bir artış sağlarken, yalnızca Si’da % 8 ve Se + Si’da ise % 25’lik artışlar sağlamıştır. Her iki mineralin yapraktan bir arada kullanımı sinergistik bir etki ortaya çıkararak verimin daha da artmasına neden olmuştur. Uygulamaların bitki büyümesi ve meyve kalite özellikleri üzerine bir etkisi görülmemişken, meyvenin Se ve Si içeriği üzerinde artırıcı etkileri görülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Sera denemesinde kullanılan bitki materyali

Sera denemesinde Orta Anadolu Bölgesinde yaygın olarak yetiştirilen “Great Northern 59” bodur kuru fasulye genotipi kullanılmıştır.

3.2. Sera denemesinde kullanılan toprak materyali

Sera koşullarında yürütülen denemede Konya İli, Selçuk Üniversitesi Alaeddin Keykubat Kampüsü Ziraat Fakültesi Hangar Bölgesinden temin edilen ve özellikleri Çizelge 3.1.’de verilen toprak örneği kullanılmıştır. Denemede kullanılan toprak, nötr reaksiyona (Manual, 1951) sahip olup tuzluluk problemi (Ergene, 1982) bulunmamaktadır. Deneme toprağının organik madde miktarı düşük seviyede (Ünal ve Başkaya, 1981) olmakla birlikte çok fazla kireç (Schroo, 1963) içeren killi (C) bünyeye sahiptir. Toprakta bitkiye yararlı makro besin elementlerinden Ca miktarı fazla, K miktarı yeterli ve Mg ve P miktarı noksan düzeydedir (FAO, 1990).

Çizelge 3.1. Sera denemesinde kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Parametreler	Sonuçlar
pH (1:2.5 toprak:su)	7.43
EC (1:5 t:s, $\mu\text{S cm}^{-1}$)	135.8
----- % -----	
CaCO ₃	28.0
Organik madde	1.68
Kil	54
Silt	18
Kum	28
Tekstür sınıfı	Killi (C)
----- mg kg ⁻¹ -----	
Alınabilir P	4.3
Alınabilir Ca	4854
Alınabilir Mg	141
Alınabilir K	170
Alınabilir Na	30.9
Alınabilir Fe	1.21
Alınabilir Zn	0.08
Alınabilir Cu	0.52
Alınabilir Mn	4.98
Alınabilir B	0.34
----- $\mu\text{g kg}^{-1}$ -----	
Alınabilir Se	1.24

Toprakta bitkiye yarayışlı mikro besin elementlerinden Cu miktarı yeterli, Mn miktarı orta, Fe, Zn ve B miktarları noksan seviyelerdedir (Lindsay ve Norvell, 1978). Topraktaki Se seviyesi insan beslenmesi açısından tahıllar için yetersiz olmasına rağmen (Harmankaya, 2009), mevcut çalışmada topraktaki mevcut selenyumun tanedeki selenyum miktarını insan beslenmesi açısından yeterli düzeye çıkaracağı görülmüştür.

3.3. Sera denemesinin kurulması ve yürütülmesi

Deneme Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Bilgisayar Kontrollü Araştırma Serasında yürütülmüştür. Deneme süresince sera içi sıcaklığının 25 ± 3 °C, solar radyasyonun 1750 ± 50 kcal m⁻² ve nispi nemin $\%60\pm10$ olması sağlanmıştır.

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurulmuştur (Özbek, 1969). Denemede 3.0 kg'lık plastik saksılara ağırlık esasına göre % 0.5 torf ve % 1 perlit ilave edilmiş ve saksının geri kalanı ise 4 mm'lik elekten geçirilmiş fırın kuru esasına göre toprak konularak 3.0 kg'a tamamlanmıştır.

Selenyum, sodyum selenat (Na₂SeO₄⁻²) formunda uygulanmış ve uygulama aşağıdaki gibi 3 şekilde yapılmıştır;

- 1) Topraktan (0, 0.05, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 ve 5.0 mg Se kg⁻¹)
- 2) Yapraktan (0, 5, 10, 15, 20 ve 25 mg Se L⁻¹)
- 3) Tohumdan (0, 19.75, 39.50, 79.0, 158, 316 ve 632 mg Se L⁻¹)

Topraktan Se uygulamaları; ekimden önce temel gübrelemeyle birlikte toprağa uygulanmıştır (Şekil 3.1).

Yapraktan Se uygulamaları; çiçeklenme döneminde bitkinin yaprakları selenyumlu gübre çözeltisiyle homejen olarak ıslanacak şekilde püskürtülerek uygulanmıştır (Şekil 3.1).

Tohumdan Se uygulamaları; fasulye tohumlarını yukarıda belirtilen dozlarda hazırlanan Se çözeltileri içerisinde 2 saat bekletilerek tohumların çözeltiyi emmeleri sağlandıktan sonra ekim yapılmıştır. Kontrol grubu tohumları ise deiyonize su içerisinde aynı sürede bekletildikten sonra ekim yapılmıştır (Şekil 3.1).

Tüm saksılara temel gübreleme olarak çözelti halinde kg toprak başına 200 mg N (amonyum nitrat), 100 mg P (KH_2PO_4), 40 mg Mg ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), 10 mg Fe (FeEDDHA – 4.8 orto-orto, Sequestrene), 5 mg Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ve 2.5 mg B (Etidot-67) ekim öncesi her saksıya uygulanarak homojen bir şekilde karıştırılmış ve bir gece bekledikten sonra ekim yapılmıştır (Şekil 3.1 ve 3.2).



Şekil 3.1. Topraktan, yapraktan ve tohumdan emdirme yöntemiyle Se uygulamaları

Denemede her saksıya 8 adet fasulye tohumu ekilmiş ve çimlenme sonrası her saksıda 4 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Bitkiler deneme süresince toprağın su miktarı tarla kapasitesine gelene kadar deiyonize su ile sulanmış, her 4-5 günde bir saksıların sera içindeki yerleri değiştirilmiştir. Fasulye bitkisinin yeşil aksam kuru madde verimi ve tane verimi ile yeşil aksam ve tane Se konsantrasyonlarını belirlemek için çiçeklenme dönemi sonrası her saksıdan 2 bitki hasat edilmiş, kalan 2 bitki tane oluşumuna bırakılmıştır. Tane oluşumuna bırakılan bitkiler 105 gün sonra hasat edilerek tane ve gövde verimleri ile Se konsantrasyonları belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Se uygulamaları yapıldıktan sonra ekim görüntüleri



Şekil 3.3. Seradan bitkilerin genel görünümüleri

Sera denemesinde yapılan ölçümler

3.3.1. Yeşil aksam kuru madde miktarı (g saksı⁻¹)

Toprak üstü aksamdan kesilerek hasat edilen bitkiler kese kâğıtları içinde laboratuvara getirilerek tamamen temizleninceye kadar musluk suyuyla yıkandıktan sonra ilk önce 0.1 N HCl çözeltisiyle daha sonra musluk suyuyla ve en son da deiyonize su ile yıkanarak fazla suları alınması için kaba filtre kâğıdının üzerine serilmiştir. Fazla suları alınan bitkiler kese kâğıtları içerisine ayrı ayrı alındıktan sonra bitki örnekleri hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulan bitkiler 0.01 g duyarlı terazide tartılarak kuru madde verimleri belirlenmiştir.

3.3.2. Bitki örneklerinin analize hazırlanması

Kuru madde verimleri belirlenen bitki örnekleri tungsten kaplı bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Kilitli plastik poşetlere konan öğütülmüş bitki örnekleri analiz yapılmadan önce kurutma dolabında 70 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur.

3.3.3. Bitki örneklerinin analizi

Bitki ve tane örnekleri 5 ml konsantre HNO₃ ve 2 ml H₂O₂ (% 30 w/v) ile mikro dalga cihazında (Cem MARSPress) yüksek ısı (210 °C) ve basınç altında (200 PSI) çözündürülmüş ve analizin güvenilirliğini sağlamak için 40 hücrelik mikrodalga seti içerisine 1 blank ve 1 sertifikalı referans materyal (1547a Wheat Flour, 8346 Durum Wheat Flour, 1547 Peach Leaves, NIST) ilave edilmiştir. Çözündürülen numunelerin hacimleri deiyonize su ile 30 ml’ye tamamlanarak numunelerdeki selenyum konsantrasyonu, ETC-60 (Elektro Termal Temperature Controller) ve HS 60 (Hydride System) aparatlarının bağlandığı Atomic Absorpsiyon Spectrofotometre cihazı ile (ASS) ölçülmüştür. Öncelikle numunelerden 10 ml alınarak 10 ml hidroklorik asit ile muamele edildikten sonra 90 °C’deki su banyosunun içinde 20 dakika tutularak Se (+VI) formu Se (+IV) formuna indirgendikten sonra AAS cihazının numune giriş sistemi önüne monte edilen bir hidrür oluşturma modülün (HS-60 Hydride Generator, Analytikjena, NOVAA) hidrür oluşturma ünitesinde asidik ortamda sodyum tetraborat (NaBH₄) redüktantı ile reaksiyona sokularak uçucu hidrojen selenüre (SeH₂) indirgenerek ve SeH₂’nin ETC-60 cihazı ile yüksek ısıda (950 °C) atomize edilerek absorpsiyon şiddeti ölçülmüştür. Analizlerde her 10 örnekte bir NIST (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg-ABD) standart referans materyalleri kullanılarak analiz değerlerinin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği kontrol altında tutulmuştur.

3.3.4. Toprak örneğinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizler

Mekanik analiz: Toprak örneğinin kum, silt ve kil fraksiyonları (Bouyoucus, 1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir.

Toprak reaksiyonu (pH) : 1: 2.5 oranındaki toprak:su karışımında cam elektrotlu pH metre ile belirlenmiştir (Jackson, 1962).

Kireç (CaCO_3 , %): (Kacar, 1997) tarafından açıklandığı şekilde Scheibler Kalsimetresiyle volümetrik olarak belirlenmiştir.

Elektriksel iletkenlik ($\text{EC} \times 10^6$, $\mu\text{mhos cm}^{-1}$): 1:5 oranındaki toprak:su karışımında elektriki geçirgenlik aleti kullanılarak ölçülmüştür (Staff, 1954).

Organik madde (%) : (Kacar, 1997)'a göre Smith ve Weldon metoduyla tespit edilmiştir.

Alınabilir Ca, Mg, Na, K: (Kacar, 1997) tarafından bildirildiği şekilde 1 N amonyum asetat (pH=7.0) ile ekstrakte edilerek süzektteki Ca, Mg, Na ve K miktarı ICP-AES ile belirlenmiştir.

Alınabilir P: Olsen'in NaHCO_3 metoduyla belirlenmiştir (Bayraklı, 1987).

Alınabilir Fe, Zn, Mn ve Cu: (Lindsay ve Norvell, 1978)'e göre 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl_2 + 0.1 TEA (pH: 7.3) ile ekstraksiyondan sonra ICP-AES (Varian-Vista) ile belirlenmiştir.

Alınabilir B: (Cartwright ve ark., 1983) tarafından bildirildiği şekilde 0.01 M CaCl_2 + 0.01 M Mannitol çözeltisi ile ekstrakte edilerek ICP-AES (Varian-Vista) ile belirlenmiştir.

Alınabilir Se: (Dhillon ve ark., 2005) tarafından bildirildiği şekilde 0.1 M KH_2PO_4 ile ekstrakte edilerek hidrür oluşturma Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (novAA 350, Analytik Jena AG, Inc) ile belirlenmiştir.

3.3.5. İstatistiksel analizler

Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre kurulan sera denemesinin sonuçları MSTAT-C ve JMP.5.0.1a istatistik paket programlarından yararlanılarak analiz edilmiştir.



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Yeşil aksam kuru madde verimi

Toprak, yaprak ve tohumdan Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin yeşil aksam kuru madde verimine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de yeşil aksam kuru madde verimi ortalama değerleri ve LSD grupları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre topraktan, yaprak ve tohumdan Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin yeşil aksam kuru madde verimi üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Toprak, yaprak ve tohumdan artan miktarlarda Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin yeşil aksam kuru madde verimine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Toprak		Yaprak		Tohum	
	S.D.	K.O.	S.D.	K.O.	S.D.	K.O.
Genel	47	---	23	---	27	---
Tekerrür	3	0.024	3	0.047	3	0.005
Se Uyg. Dozu	11	0.025	5	0.053	6	0.044
Hata	33	0.021	15	0.040	18	0.031
C. V. (%)		6.63		10.60		7.66

******, $p < 0.01$

Toprak, yaprak ve tohumdan artan miktarlarda Se uygulamaları bodur kuru fasulye yeşil aksam kuru madde verimini $Se_{2.0}$ uygulaması hariç diğer uygulamalarda istatistiki olarak önemli olmasa da artırma eğilimi göstermesine neden olmuştur (Çizelge 4.2). Toprak, yaprak ve tohumdan Se uygulamaları ile kontrole göre yeşil aksam kuru madde verimindeki artış % -3.2 ile % +9.2 arasında gerçekleşmiştir. Selenyum uygulamaları ile kontrole ($2.10 \text{ g bitki}^{-1}$) göre en yüksek yeşil aksam kuru madde verimi $Se_{3.5}$ ($2.29 \text{ g bitki}^{-1}$) uygulaması ile en düşük yeşil aksam kuru madde verimi ise $Se_{2.0}$ ($2.03 \text{ g bitki}^{-1}$) uygulaması ile elde edilmiştir.

Çizelge 4.2. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin yeşil aksam kuru madde verimi üzerine etkileri

Uygulama Şekli	Uygulama Dozu	Kuru madde verimi (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)
Toprak (mg kg ⁻¹)	Se _{0,00}	2.10	-
	Se _{0,05}	2.18	3.7
	Se _{0,50}	2.24	6.4
	Se _{1,00}	2.22	5.5
	Se _{1,50}	2.27	8.2
	Se _{2,00}	2.03	-3.2
	Se _{2,50}	2.24	6.7
	Se _{3,00}	2.25	7.2
	Se _{3,50}	2.29	9.2
	Se _{4,00}	2.18	3.5
	Se _{4,50}	2.14	1.8
	Se _{5,00}	2.11	0.3
Ortalama		2.19	4.5
Yaprak (mg L ⁻¹)	Se ₀	1.85	-
	Se ₅	1.98	7.0
	Se ₁₀	1.91	3.2
	Se ₁₅	2.02	9.2
	Se ₂₀	1.93	4.3
	Se ₂₅	1.69	-8.6
Ortalama		1.90	16.4
Tohum (mg L ⁻¹)	Se ₀	2.20	-
	Se _{19,75}	2.29	3.6
	Se _{39,50}	2.32	5.5
	Se ₇₉	2.25	1.8
	Se ₁₅₈	2.48	12.7
	Se ₃₁₆	2.20	0.0
	Se ₆₃₂	2.40	9.1
Ortalama		2.30	5.5
Genel Ortalama		2.13	8.83

Yapraktan Se uygulaması da topraktan Se uygulamasında olduğu gibi bodur kuru fasulyenin yeşil aksam kuru madde verimi üzerinde istatistiki olarak önemli düzeylerde değişimlere neden olmamıştır. Bodur kuru fasulye bitkisine yapraktan Se₀, Se₅, Se₁₀, Se₁₅, Se₂₀ ve Se₂₅ uygulamalarında ortalama yeşil aksam kuru madde verimi sırasıyla 1.85, 1.98, 1.91, 2.02, 1.93 ve 1.69 g bitki⁻¹ olarak bulunmuştur. Artan miktarlarda yapraktan Se uygulamaları Se₅₀ dozu hariç diğer uygulamalarda kontrole göre bodur kuru fasulye bitkisinin yeşil aksam kuru madde verimini istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte artırma eğiliminde olmuştur. Bu artış, % -8.6 ile % +9.2 arasında değişmiştir. Bodur kuru fasulye bitkisinin ortalama olarak en yüksek kuru madde verimi Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi Se₃₀ uygulamasında en düşük kuru madde verimi ise Se₅₀ uygulamasında elde edilmiştir.

Tohumdan artan miktarlarda emdirilen Se'un, topraktan ve yapraktan Se uygulamasında olduğu gibi bodur kuru fasulye bitkisinin yeşil aksam kuru madde verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmamıştır. En yüksek uygulama dozu olan 632 mg Se L⁻¹ dahil olmak üzere hiçbir Se uygulamasında bitki çıkışları ve büyümesi üzerine Se uygulamasına bağlı herhangi bir toksisite belirtisi gözlenmemiştir (Çizelge 4.2). Başka bir deyişle, artan Se uygulamalarının çimlenme durumu, bitki büyümesi ve verim üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır. Bodur kuru fasulye bitkisine tohumdan Se₀, Se_{19.75}, Se_{39.50}, Se₇₉, Se₁₅₈, Se₃₁₆ ve Se₆₃₂ uygulamalarındaki ortalama yeşil aksam kuru madde verimleri sırasıyla 2.20, 2.29, 2.32, 2.25, 2.48, 2.20 ve 2.40 g bitki⁻¹ olarak bulunmuştur. Artan miktarlarda Se uygulamaları sonucunda bodur kuru fasulye bitkisinin en yüksek kuru madde verimi Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi Se₁₅₈ uygulamasında elde edilmiştir. Tohumdan Se uygulaması, Se₃₁₆ dozu hariç diğer bütün uygulamalarda kontrole göre bodur kuru fasulye bitkisinin yeşil aksam kuru madde verimini istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte % 0 ile % +12.7 arasında artırmıştır.

4.2. Yeşil aksam Se konsantrasyonu

Selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulyenin yeşil aksam Se konsantrasyonu üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'de mevcutken, yeşil aksam Se konsantrasyonunun ortalama değerleri ve LSD grupları Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, topraktan, yapraktan ve tohumdan Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin yeşil aksam Se konsantrasyonu üzerine olan etkisi istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin yeşil aksam Se konsantrasyonu üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Toprak		Yaprak		Tohum	
	S.D.	K.O.	S.D.	K.O.	S.D.	K.O.
Genel	47	---	23	---	27	---
Tekerrür	3	11.56	3	0.010	3	0.024
Se Uyg. Dozu	11	9986.96**	5	19.25**	6	22.70**
Hata	33	47.56	15	0.089	18	0.027
C. V. (%)		8.76		7.59		4.24

**, p<0.01

Beklenildiği gibi bodur kuru fasulyenin yeşil aksam Se konsantrasyonu topraktan, yapraktan ve tohumdan uygulanan Se miktarına bağlı olarak önemli ölçüde artış göstermiştir (Çizelge 4.4).

Topraktan Se uygulamaları ile kontrole (0.11 mg kg^{-1}) göre en yüksek yeşil aksam Se konsantrasyonu $\text{Se}_{5.00}$ ($158.04 \text{ mg kg}^{-1}$) uygulaması ile en düşük yeşil aksam Se konsantrasyonu ise $\text{Se}_{0.05}$ (1.51 mg kg^{-1}) uygulaması ile elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin Se konsantrasyonu üzerine etkileri

Uygulama Şekli	Uygulama Dozu	Se konsantrasyonu (mg kg^{-1})
Toprak (mg kg^{-1})	Se_0	0.11 e
	$\text{Se}_{0.05}$	1.51 e
	$\text{Se}_{0.50}$	48.05 d
	$\text{Se}_{1.00}$	60.34 cd
	$\text{Se}_{1.50}$	68.48 c
	$\text{Se}_{2.00}$	69.62 c
	$\text{Se}_{2.50}$	72.78 c
	$\text{Se}_{3.00}$	98.28 b
	$\text{Se}_{3.50}$	106.96 b
	$\text{Se}_{4.00}$	110.08 b
	$\text{Se}_{4.50}$	151.98 a
	$\text{Se}_{5.00}$	158.04 a
Ortalama		78.85
Yaprak (mg L^{-1})	Se_0	0.11 e
	Se_5	3.10 d
	Se_{10}	3.63 d
	Se_{15}	4.55 c
	Se_{20}	5.51 b
	Se_{25}	6.40 a
Ortalama		3.89
Tohum (mg L^{-1})	Se_0	0.12 e
	$\text{Se}_{19.75}$	2.76 d
	$\text{Se}_{39.50}$	2.88 d
	Se_{79}	3.02 d
	Se_{158}	5.57 c
	Se_{316}	6.04 b
	Se_{632}	6.95 a
Ortalama		3.91
Genel Ortalama		28.88
LSD_{0.01}(Toprak, Yaprak ve Tohumdan Se uygulamaları): (13.33, 0.6216 ve 0.3344)		

Bodur kuru fasulyenin yapraktan Se_0 , Se_5 , Se_{10} , Se_{15} , Se_{20} ve Se_{25} uygulamalarında ortalama yeşil aksam Se konsantrasyonu sırasıyla 0.11, 3.10, 3.63, 4.55, 5.51, 6.40 mg kg^{-1} olarak bulunmuştur. Yapraktan artan miktarlarda Se uygulamaları kontrole göre bodur kuru fasulyenin yeşil aksam Se konsantrasyonunu istatistiksel olarak önemli biçimde artışa neden olmuştur. Bodur kuru fasulyenin

kontrole (Se_0) göre en yüksek yeşil aksam Se konsantrasyonu yukarıda görüldüğü gibi Se_{50} uygulamasında, en düşük yeşil aksam Se konsantrasyonu ise Se_5 uygulamasında elde edilmiştir.

Tohuma artan miktarlarda emdirme şeklindeki Se uygulamaları kontrole göre bodur kuru fasulyenin yeşil aksam Se konsantrasyonunu istatistiksel olarak önemli biçimde artırmıştır. Bodur kuru fasulyenin tohumdan Se_0 , $Se_{19.75}$, $Se_{39.50}$, Se_{79} , Se_{158} , Se_{316} , Se_{632} uygulamalarında ortalama yeşil aksam Se konsantrasyonu sırasıyla 0.12, 2.76, 2.88, 3.02, 5.57, 6.04, 6.95 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bodur kuru fasulyenin kontrole (Se_0) göre en yüksek yeşil aksam Se konsantrasyonu Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi Se_{632} uygulamasında, en düşük Se konsantrasyonu ise $Se_{19.75}$ uygulamasında elde edilmiştir.

4.3. Yeşil aksam Se içeriği

Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin yeşil aksam Se içeriği üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'de, Se içeriğinin ortalama değerleri ve LSD grupları ise Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre topraktan, yapraktan ve tohumdan Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin yeşil aksam Se içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak 0.01 seviyesinde önemli olmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin yeşil aksam selenyum içeriğine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Toprak		Yaprak		Tohum	
	S.D.	K.O.	S.D.	K.O.	S.D.	K.O.
Genel	47	---	23	---	27	---
Tekerrür	3	260.885	3	0.435	3	0.064
Se Uyg.Doza	11	45957.190**	5	62.70**	6	128.94**
Hata	33	364.85	15	1.144	18	0.543
C. V. (%)		11.09		14.46		8.10

**, p<0.01

Topraktan, yapraktan ve tohumdan uygulanan Se, bodur kuru fasulyenin yeşil aksam Se içeriğini, aynen Se konsantrasyonunda (Çizelge 4.4) da olduğu gibi uygulama miktarına bağlı olarak önemli ölçüde artmıştır (Çizelge 4.6)Topraktan Se uygulamaları

ile kontrole ($0.11 \mu\text{g bitki}^{-1}$) göre en yüksek yeşil aksam Se içeriği $\text{Se}_{5.00}$ ($332.91 \mu\text{g bitki}^{-1}$) uygulaması ile en düşük yeşil aksam Se içeriği ise $\text{Se}_{0.05}$ ($3.29 \mu\text{g bitki}^{-1}$) uygulaması ile elde edilmiştir.

Çizelge 4.6. Toprak, yaprak ve tohumdan artan miktarlarda Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin Se içeriği üzerine etkileri

Uygulama şekli	Uygulama dozu	Se içeriği ($\mu\text{g bitki}^{-1}$)
Toprak (mg kg^{-1})	Se_0	0.24 g
	$\text{Se}_{0.05}$	3.29 g
	$\text{Se}_{0.50}$	107.24 f
	$\text{Se}_{1.00}$	133.57 e
	$\text{Se}_{1.50}$	156.04 de
	$\text{Se}_{2.00}$	140.84 de
	$\text{Se}_{2.50}$	164.01 cd
	$\text{Se}_{3.00}$	221.29 cd
	$\text{Se}_{3.50}$	244.08 bc
	$\text{Se}_{4.00}$	238.56 ab
	$\text{Se}_{4.50}$	325.33 a
	$\text{Se}_{5.00}$	332.91 a
Ortalama		182.57
Yaprak (mg L^{-1})	Se_0	0.20 c
	Se_5	6.55 b
	Se_{10}	6.93 b
	Se_{15}	9.21 a
	Se_{20}	10.67 a
	Se_{25}	10.82 a
Ortalama		7.37
Tohum (mg L^{-1})	Se_0	0.26 d
	$\text{Se}_{19.75}$	6.32 c
	$\text{Se}_{39.50}$	6.68 c
	Se_{79}	6.76 c
	Se_{158}	13.78 b
	Se_{316}	13.25 b
	Se_{632}	16.66 a
Ortalama		9.10
Genel Ortalama		66.35
LSD_{0.01}(Toprak,Yaprak ve Tohumdan Se uygulaması) : (36.92, 2.229 ve 1.500)		

Bodur kuru fasulyenin yaprakta Se_0 , Se_5 , Se_{10} , Se_{15} , Se_{20} ve Se_{25} uygulamalarında ortalama yeşil aksam Se içeriği sırasıyla 0.20, 6.55, 6.93, 9.21, 10.67, 10.82 $\mu\text{g bitki}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Yapraktan artan dozlarda Se uygulamaları kontrole göre bodur kuru fasulyenin yeşil aksam Se içeriğini istatistiki olarak önemli biçimde artırmıştır. Bodur kuru fasulyenin kontrole (Se_0) göre en yüksek yeşil aksam Se içeriği yukarıda görüldüğü gibi Se_{25} uygulamasında en düşük yeşil aksam Se içeriği ise Se_{10} uygulamasında elde edilmiştir.

Tohuma emdirme suretiyle artan miktarlarda Se uygulamaları kontrole göre bodur kuru fasulyenin yeşil aksam Se içeriğini istatistiksel olarak önemli biçimde artırmıştır. Bodur kuru fasulyenin tohumdan Se_0 , $\text{Se}_{19.75}$, $\text{Se}_{39.50}$, Se_{79} , Se_{158} , Se_{316} , Se_{632}

uygulamalarında ortalama yeşil aksam Se içeriği sırasıyla 0.26, 6.32, 6.68, 6.76, 13.78, 13.25, 16.66 $\mu\text{g bitki}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Bodur kuru fasulyenin kontrole (Se_0) göre en yüksek yeşil aksam Se içeriği Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi Se_{632} uygulamasında en düşük Se içeriği ise $\text{Se}_{19.75}$ uygulamasında elde edilmiştir.

4.4. Tane verimi

Topraktan, yapraktan ve tohumla emdirme şeklinde Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin tane verimine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7'de, fasulye bitkisinin tane verimi ortalama değerleri ve LSD grupları ise Çizelge 4.8'de görülmektedir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre topraktan, yapraktan ve tohumdan selenyum uygulamalarının fasulye bitkisinin tane verimi üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin tane verimine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Toprak		Yaprak		Tohum	
	S.D.	K.O.	S.D.	K.O.	S.D.	K.O.
Genel	47	---	23	---	27	---
Tekerrür	3	0.247	3	0.072	3	0.040
Se Uyg. Dozu	11	0.227	5	0.075	6	0.182
Hata	33	0.119	15	0.060	18	0.114
C. V. (%)		11.26		8.02		11.03

**, $p < 0.01$

Topraktan artan miktarlarda selenyum uygulamaları bodur kuru fasulye bitkisinin tane verimini $\text{Se}_{2.0}$ uygulaması hariç diğer uygulamalarda istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte artırmıştır (Çizelge 4.8). Topraktan Selenyum uygulamaları ile kontrole göre tane verimindeki artış % -19.6 ile % +6.8 arasında değişmiştir. Selenyum uygulamaları ile kontrole ($3.22 \text{ g saksı}^{-1}$) göre en yüksek tane verimi $\text{Se}_{1.0}$ ($3.44 \text{ g saksı}^{-1}$) uygulaması ile en düşük yeşil aksam kuru madde verimi ise $\text{Se}_{5.0}$ ($2.59 \text{ g saksı}^{-1}$) uygulaması ile elde edilmiştir.

Çizelge 4.8. Toprakтан, yaprakтан ve tohumdan artan miktarlarda Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin tane verimi üzerine etkileri

Uygulama Şekli	Uygulama Dozu	Tane verimi (g saksı ⁻¹)	Değişim (%)
Toprak (mg kg ⁻¹)	Se ₀	3.22	-
	Se _{0.05}	3.05	-5.3
	Se _{0.50}	3.30	2.5
	Se _{1.00}	3.44	6.8
	Se _{1.50}	2.95	-8.4
	Se _{2.00}	2.85	-11.5
	Se _{2.50}	2.92	-9.3
	Se _{3.00}	3.34	3.7
	Se _{3.50}	3.12	-3.1
	Se _{4.00}	2.93	-9.0
	Se _{4.50}	3.01	-6.5
	Se _{5.00}	2.59	-19.6
Ortalama		3.06	-5.4
Yaprak (mg L ⁻¹)	Se ₀	3.24	-
	Se ₅	2.97	-8.3
	Se ₁₀	3.27	0.9
	Se ₁₅	3.11	-4.0
	Se ₂₀	2.95	-9.0
	Se ₂₅	2.99	-7.7
Ortalama		3.06	-5.6
Tohum (mg L ⁻¹)	Se ₀	3.12	-
	Se _{19.75}	3.25	4.2
	Se _{39.50}	3.04	-2.6
	Se ₇₉	2.93	-6.1
	Se ₁₅₈	3.24	3.8
	Se ₃₁₆	3.09	-1.0
	Se ₆₃₂	2.98	-6.7
Ortalama		3.06	-1.4
Genel Ortalama		3.06	-4.1

Yapraktan Se uygulaması da, aynen topraktan Se uygulamasında olduğu gibi bodur kuru fasulyenin tane verimi üzerinde istatistiki olarak önemli herhangi bir etki göstermemiştir. Bodur kuru fasulyenin yaprakтан Se₀, Se₅, Se₁₀, Se₁₅, Se₂₀ ve Se₂₅ uygulamalarında ortalama tane verimi sırasıyla 3.24, 2.97, 3.27, 3.11, 2.95, 2.99 g saksı⁻¹ olarak bulunmuştur. Tane verimleri kontrole göre % -9.0 ile % +0.9 arasında değişmiştir. Bodur kuru fasulyenin en yüksek tane verimi yukarıda görüldüğü gibi Se₁₀ uygulamasında, en düşük kuru madde verimi ise Se₂₀ uygulamasında elde edilmiştir.

Tohumdan emdirme suretiyle artan miktarlarda Se uygulaması, aynen topraktan ve yaprakтан Se uygulamalarında olduğu gibi, bodur kuru fasulyenin tane verimi üzerine istatistiksel düzeyde anlamlı bir etki göstermemiştir. Bodur kuru fasulye bitkisine tohumdan Se₀, Se_{19.75}, Se_{39.50}, Se₇₉, Se₁₅₈, Se₃₁₆ ve Se₆₃₂ uygulamalarında ortalama tane verimi sırasıyla 3.12, 3.25, 3.04, 2.93, 3.24, 3.09, 2.98 g saksı⁻¹ olarak

tespit edilmiştir. Yukarıda görüldüğü gibi, artan miktarlarda Se uygulamaları sonucunda bitkilerdeki en yüksek tane verimi Se₁₅₈ uygulamasında elde edilirken, en düşük tane verimi ise Se₇₉ uygulamasında bulunmuştur. Tohumdan Se uygulaması kontrole göre bodur kuru fasulyenin bitkisinin tane verimini % -6.7 ile % +4.2 arasında değişen aralıkta istatistiksel olarak önemsiz düzeyde bir etkiye sahip olmuştur.

4.5. Tane Se konsantrasyonu

Selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulyenin tane Se konsantrasyonuna ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da, tane Se konsantrasyonunun ortalama değerleri ve LSD grupları ise Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçları, topraktan, yapraktan ve tohumdan Se uygulamalarının fasulye bitkisinin tane Se konsantrasyonu üzerine olan etkilerinin istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin tane Se konsantrasyonu ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Toprak		Yaprak		Tohum	
	S.D.	K.O.	S.D.	K.O.	S.D.	K.O.
Genel	47	---	23	---	27	---
Tekerrür	3	65.98	3	0.097	3	0.044
Se Uyg. Dozu	11	5673.33**	5	6.76**	6	16.21**
Hata	33	23.96	15	0.059	18	0.110
C. V. (%)		7.44		9.45		9.30

** , p<0.01

Bodur kuru fasulyenin topraktan Se₀, Se_{0.05}, Se_{0.50}, Se_{1.00}, Se_{1.50}, Se_{2.00}, Se_{2.50}, Se_{3.00}, Se_{3.50}, Se_{4.00}, Se_{4.50} ve Se_{5.00} uygulamaları sonucunda kontrole göre ortalama tane Se konsantrasyonunda artışlar belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Topraktan Se uygulamaları ile kontrole (0.11 mg kg⁻¹) göre en yüksek tane Se konsantrasyonu Se_{5.00} (118.42 mg kg⁻¹) uygulaması ile en düşük tane Se konsantrasyonu ise Se_{0.05} (2.21 mg kg⁻¹) uygulaması ile elde edilmiştir.

Çizelge 4.10. Toprak, yaprak ve tohumdan artan miktarlarda Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin tane Se konsantrasyonu üzerine etkileri

Uygulama şekli	Uygulama dozu	Se konsantrasyonu (mg kg ⁻¹)
Toprak (mg kg ⁻¹)	Se ₀	0.11 g
	Se _{0.05}	2.21 g
	Se _{0.50}	42.82 f
	Se _{1.00}	53.27 e
	Se _{1.50}	63.13 d
	Se _{2.00}	65.38 d
	Se _{2.50}	71.05 d
	Se _{3.00}	71.95 d
	Se _{3.50}	90.86 c
	Se _{4.00}	100.65 b
	Se _{4.50}	109.09 ab
	Se _{5.00}	118.42 a
Ortalama		65.75
Yaprak (mg L ⁻¹)	Se ₀	0.13 d
	Se ₅	2.24 c
	Se ₁₀	2.83 b
	Se ₁₅	3.01 b
	Se ₂₀	3.58 a
	Se ₂₅	3.63 a
Ortalama		2.57
Tohum (mg L ⁻¹)	Se ₀	0.12 f
	Se _{19.75}	1.99 e
	Se _{39.50}	3.64 d
	Se ₇₉	3.83 cd
	Se ₁₅₈	4.36 bc
	Se ₃₁₆	4.69 b
	Se ₆₃₂	6.39 a
Ortalama		3.57
Genel Ortalama		23.96
LSD_{0.01} (Toprak, Yaprak ve Tohum Se uygulamaları) : (9.46, 0.5061 ve 0.6751)		

Bodur kuru fasulyenin yaprakta Se₀, Se₅, Se₁₀, Se₁₅, Se₂₀ ve Se₂₅ uygulamalarında ortalama tane Se konsantrasyonu sırasıyla 0.13, 2.24, 2.83, 3.01, 3.58 ve 3.63 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Yapraktan artan miktarlardaki Se uygulamaları kontrole göre bodur kuru fasulye bitkisinin tane Se konsantrasyonunu istatistiksel olarak önemli olarak artırmıştır. Bodur kuru fasulyenin kontrole (Se₀) göre ortalama olarak en yüksek tane Se konsantrasyonu Çizelge 4.10'da da görüldüğü gibi Se₅₀ uygulamasında, en düşük yeşil aksam Se konsantrasyonu ise Se₅ uygulamasında elde edilmiştir.

Tohumdan emdirme suretiyle artan miktarlarda Se uygulamaları kontrole göre bodur kuru fasulyenin tane Se konsantrasyonunu istatistiksel olarak önemli biçimde artırmıştır. Bodur kuru fasulyenin tohumdan Se₀, Se_{19.75}, Se_{39.50}, Se₇₉, Se₁₅₈, Se₃₁₆, Se₆₃₂ uygulamalarında ortalama yeşil aksam Se konsantrasyonu sırasıyla 0.12, 1.99, 3.64, 3.83, 4.36, 4.69, 6.39 mg kg⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bodur kuru fasulyenin kontrole

(Se₀) göre en yüksek tane Se konsantrasyonu yukarıda görüldüğü gibi Se₆₃₂ uygulamasında, en düşük Se konsantrasyonu ise Se_{19.75} uygulamasında elde edilmiştir.

4.6. Tane Se içeriği

Selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulyenin tane Se içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11’de, tane Se içeriğinin ortalama değerleri ve LSD grupları ise Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizleri, topraktan, yapraktan ve tohumdan Se uygulamalarının bodur kuru fasulyenin tane Se içeriği üzerine etkisi 0.01 düzeyinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermiştir(Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarlarda Se uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin tane Se içeriğine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Toprak		Yaprak		Tohum	
	S.D.	K.O.	S.D.	K.O.	S.D.	K.O.
Genel	47	---	23	---	27	---
Tekerrür	3	2080.25	3	2.94	3	0.005
Se Uyg.Doza	11	46249.50**	5	59.76**	6	0.044
Hata	33	1095.06	15	0.498	18	0.031
C. V. (%)		16.74		9.10		7.66

**, p<0.01

Bodur kuru fasulyenin topraktan Se₀, Se_{0.05}, Se_{0.50}, Se_{1.00}, Se_{1.50}, Se_{2.00}, Se_{2.50}, Se_{3.00}, Se_{3.50}, Se_{4.00}, Se_{4.50} ve Se_{5.00} uygulamaları ile kontrole göre ortalama tane Se içeriklerinde artışlar görülmüştür (Çizelge 4.12). Topraktan Se uygulamaları ile kontrole (0.34 µg bitki⁻¹) göre en yüksek tane Se içeriği Se_{5.00} (308.24 µg bitki⁻¹) uygulamasında elde edilirken, en düşük tane Se içeriği ise Se_{0.05} (6.75 µg bitki⁻¹) uygulamasında bulunmuştur.

Bodur kuru fasulyenin yapraktan Se₀, Se₅, Se₁₀, Se₁₅, Se₂₀ ve Se₂₅ uygulamalarında ortalama tane Se içeriği sırasıyla 0.43, 6.67, 8.94, 9.33, 10.29 ve 10.85 µg bitki⁻¹ olarak bulunmuştur. Yapraktan artan miktarlarda Se uygulamaları kontrole göre bodur kuru fasulyenin tane Se içeriğini istatistiksel olarak önemli biçimde artırmıştır. Bodur kuru fasulyenin kontrole (Se₀) göre ortalama olarak en yüksek tane Se içeriği yukarıda görüldüğü gibi Se₂₅ uygulamasında, en düşük tane Se içeriği ise Se₅ uygulamasında elde edilmiştir.

Çizelge 4.12. Toprak, yaprak ve tohumdan artan miktarlarda selenyum uygulamalarının bodur kuru fasulye bitkisinin tane selenyum içeriği üzerine etkileri

Uygulama şekli	Uygulama dozu	Se içeriği ($\mu\text{g bitki}^{-1}$)
Toprak (mg kg^{-1})	Se ₀	0.34 e
	Se _{0.05}	6.75 e
	Se _{0.50}	140.67 d
	Se _{1.00}	184.38 d
	Se _{1.50}	187.26 cd
	Se _{2.00}	188.37 cd
	Se _{2.50}	207.51 cd
	Se _{3.00}	240.80 c
	Se _{3.50}	283.74 bc
	Se _{4.00}	295.44 ab
	Se _{4.50}	328.17 a
	Se _{5.00}	308.24 a
Ortalama		197.64
Yaprak (mg L^{-1})	Se ₀	0.43 d
	Se ₅	6.67 c
	Se ₁₀	8.94 b
	Se ₁₅	9.33 b
	Se ₂₀	10.29 ab
	Se ₂₅	10.85 a
Ortalama		7.75
Tohum (mg L^{-1})	Se ₀	0.38 d
	Se _{19.75}	6.48 c
	Se _{39.50}	11.02 b
	Se ₇₉	11.18 b
	Se ₁₅₈	14.12 b
	Se ₃₁₆	14.55 b
	Se ₆₃₂	19.21 a
Ortalama		10.99
Genel Ortalama		72,13
LSD_{0.01}(Toprak, Yaprak ve Tohumdan Se uygulamaları): (63.96, 1.470 ve 4.419)		

Bodur kuru fasulyenin tohumdan artan dozlarda Se₀, Se_{19.75}, Se_{39.50}, Se₇₉, Se₁₅₈, Se₃₁₆, Se₆₃₂ şeklindeki uygulamalarında ortalama tane Se içeriği sırasıyla 0.41, 5.58, 11.02, 11.18, 14.13, 14.55, 18.72 $\mu\text{g bitki}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Bodur kuru fasulyenin kontrole (Se₀) göre ortalama olarak en yüksek tane Se içeriği Çizelge 4.12’de görüldüğü gibi Se₆₃₂ uygulamasında, en düşük tane Se içeriği ise Se_{19.75} uygulamasında elde edilmiştir. Tohumdan emdirme suretiyle artan miktarlarda Se uygulamaları kontrole göre bodur kuru fasulyenin tane selenyum içeriğini istatistiksel olarak önemli biçimde artırmıştır.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada bodur kuru fasulyenin topraktan (0, 0.05, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 ve 5.0 mg Se kg⁻¹), yapraktan (0, 10, 20, 30, 40 ve 50 mg Se L⁻¹) ve tohumdan emdirme (0, 19.75, 39.50, 79, 158, 316 ve 632 mg Se L⁻¹) şeklindeki Se uygulamalarına tepkisi bir sera denemesiyle belirlenmiştir. Her üç şekildeki Se uygulamalarının bitkilerin yeşil aksam kuru madde ve tane verimi üzerine herhangi bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.8). Bilindiği üzere Se bitkilerin büyümesi için mutlak gerekli bir element olmadığından (Thomson, 2004; Whanger, 2004) ve bitkisel verimde de bir artış olmaması beklenmektedir. Bu nedenle, bu çalışmanın verileriyle ortaya çıkan resim beklenen bir sonuçtur. Yapılan birçok çalışmada da topraktan (Lyons ve ark., 2004a; Ducsay ve ark., 2007; Grant ve ark., 2007; Alifar ve ark., 2012), yapraktan (MacLeod ve Gupta, 1995; Lyons ve ark., 2004b; Grant ve ark., 2007; Fan ve ark., 2008; Rodrigo ve ark., 2014) ve tohumdan (MacLeod ve Gupta, 1995; Grant ve ark., 2007) Se uygulamalarının bitkisel verim artışına yol açmadığının bildirilmesi bulgularımızı desteklemektedir. Yukarda sözü edilen Se uygulamalarının yeşil aksam kuru madde ve tane verimi üzerinde herhangi bir olumsuz etkiye sahip olmadığı da yapılan daha önceki çalışmalarla da gösterilmiştir (Curtin ve ark., 2006); (Grant ve ark., 2007).

Bitkilerdeki, özellikle de bitkilerin tüketilen kısımlarındaki Se konsantrasyonunun yükseltilebilmesi için öncelikle yapılması gereken Se gübrelemesidir. Ancak Se'un faydalı ve toksik sınır değerleri birbirine çok yakın olduğundan, (Navarro-Alarcon ve Cabrera-Vique, 2008) düşük konsantrasyonlarda dahi bitkilerde yüksek toksisite potansiyeline sahiptir (Brown ve Shrift, 1981). Bu nedenden, bitkilerde herhangi bir toksisite sorununa yol açmayacak Se uygulama dozlarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Mevcut çalışmada topraktan, yapraktan ve tohumdan emdirme şeklinde uyguladığımız Se dozlarının yeşil aksam kuru madde üretimi ve tane verimini olumsuz etkilememesi, çalışmada kullanılan uygulama dozlarının toksik seviyelere ulaşmadığını göstermektedir (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.8).

Ekmeklik ve makarnalık buğday genotiplerinin Se uygulamalarına verdikleri yanıtların belirlendiği bir çalışmada (Harmankaya, 2009) ekmeklik buğday genotiplerinden Bağcı 2002, Eser, Sultan 95 ve Yakar 99'da sırasıyla 0.27, 1.77, 1.14 ve 0.65 mg Se kg⁻¹, makarnalık buğday genotiplerinden de Altın 40/98, Altıntaş 95,

Kızıltan 91, Kunduru 1149, Kumbet, Meram 2002 ve Yılmaz 98’de sırasıyla 2.02, 1.58, 2.78, 0.83, 3.11, 1.9 ve 1.29 mg Se kg⁻¹’in üzerinde bitki yeşil aksam Se konsantrasyonlarına neden olacak bir uygulamanın yeşil aksam kuru madde verimini azaltacağını bildirilmiştir. Buğdayla yürütülen bir başka çalışmada da, topraktan 2.5 mg Se kg⁻¹ dozundaki Se uygulamasının kuru madde veriminde yaklaşık %28 bir azalmaya neden olduğu gözlenmiştir (Singh ve Singh, 1978). Hardal, mısır, buğday ve çeltik kullanarak gerçekleştirdikleri bir araştırmada (Rani ve ark., 2005), hardal ve mısırdaki 5 mg Se kg⁻¹, buğdayda 4 mg Se kg⁻¹ ve çeltikte 10 mg Se kg⁻¹ dozlarının üstünde topraktan uygulanan Se’un yeşil aksam kuru madde verimlerinde önemli azalmalar meydana getirdiğini tespit etmişlerdir. Kuru madde verimlerindeki bu azalma hardalda %21, mısırdaki %24, çeltikte %11 ve buğdayda %27 olarak bulunmuştur. Söz konusu bu çalışmada yeşil aksam kritik doku Se konsantrasyonları hardalda 104.8 mg kg⁻¹, buğdayda 18,9 mg kg⁻¹, mısırdaki 76.9 mg kg⁻¹, pirinçte 41.5 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Fasulye çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen bir çalışmada verim azalmasına neden olan toksik kritik doku konsantrasyonunun Se’un sodyum selenit formunda uygulandığında 96 mg kg⁻¹, sodyum selenat formunda uygulandığında ise 138 mg kg⁻¹ olduğu rapor edilmiştir (Hermosillo-Cereceres ve ark., 2013). Mevcut çalışmada ise topraktan uygulanan Se’un en yüksek dozu olan 5 mg Se kg⁻¹ uygulamasında bodur kuru fasulyenin yeşil aksam Se konsantrasyonu 158.04 mg kg⁻¹’a (Çizelge 4.4), tane Se konsantrasyonu 118.42 mg kg⁻¹’a (Çizelge 4.10) ulaştığı halde, verim üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi olmamıştır. Daha önce yürütülen bir çalışmayla (Hermosillo-Cereceres ve ark., 2013) da uyumlu biçimde, elde edilen bu bilgiler, verim kaybı olmadan dokularında yüksek konsantrasyonlarda Se biriktirebilme özelliğinden dolayı Se’ca zenginleştirme programlarında diğer bitki türlerine göre fasulye bitkisine avantajlar sağlayabileceğini göstermektedir.

İnsanlardaki Se eksikliğinin temel sebebi olarak tüketilen gıdaların Se bakımından fakir olması gösterilmektedir (Gupta ve Gupta, 2000; Adams ve ark., 2002; Arthur, 2003; Lyons ve ark., 2003). Selenyumun bitkiler için mutlak gerekli bir besin elementi olmamasına rağmen insan sağlığı açısından sahip olduğu önemli işlevlerinden dolayı bitkilerde ve dolayısıyla bitkisel kökenli gıdaların birim ağırlıklarındaki miktarının yüksek olması hedeflenmektedir (Thomson, 2004; Whanger, 2004). Günümüzde yetiştirilen tahılların Se konsantrasyonunun çok düşük olması sebebiyle, tahılların gübreleme (agronomic biofortification) ya da ıslah yoluyla (genetic

biofortification) Se bakımından zenginleştirilmesi tane Se konsantrasyonunun artırılmasında en etkili stratejiler olarak ifade edilmektedir (Lyons ve ark., 2003; Lyons ve ark., 2004a).

Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan dozlarda Se (sodyum selenat) uygulaması, beklendiği gibi uygulama dozlarına paralel olarak bodur kuru fasulye bitkisinin yeşil aksam ve tane Se konsantrasyonu önemli derecede artırmıştır (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.10). Daha önce yapılan çalışmalarda da bildirildiği gibi, sodyum selenat toplam bitki Se konsantrasyonunu artırmada oldukça etkili bir Se kaynağıdır (MacLeod ve Gupta, 1995; JaeMoon ve ark., 2001; Yang ve ark., 2003; Lyons ve ark., 2004b; Lyons ve ark., 2005; Rani ve ark., 2005; Curtin ve ark., 2006; Sager ve Hoesch, 2006; Smrkolj ve ark., 2006; Ducsay ve ark., 2007; Grant ve ark., 2007; Curtin ve ark., 2008; Govasmark ve ark., 2008; Ducsay ve ark., 2009; Harmankaya, 2009; Poblaciones ve ark., 2013a; Poblaciones ve ark., 2013b; Rahman ve ark., 2014; Ekanayake ve ark., 2015b). Çalışmamızda da önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar elde edilmiş; topraktan, yapraktan ve tohumdan artan dozlarda uygulanan Se, tane Se konsantrasyonu üzerinde önemli bir etki göstererek, tane Se konsantrasyonunu toprak uygulamalarında 0.11 mg kg^{-1} 'dan $118.42 \text{ mg kg}^{-1}$ 'a, yaprak uygulamalarında 0.13 mg kg^{-1} 'dan 3.63 mg kg^{-1} 'a, tohum uygulamalarında 0.12 mg kg^{-1} 'dan 6.39 mg kg^{-1} 'a yükseltmiştir (Çizelge 4.10). Çizelge 4.4 ve 4.10'da görülebileceği gibi bodur kuru fasulyenin yeşil aksam ve tane Se konsantrasyonları topraktan 0.05 mg kg^{-1} , yapraktan 10 mg Se L^{-1} ve tohumdan 79 mg Se L^{-1} 'a kadar Se uygulamalarıyla bazı araştırmacılar (Allaway, 1968; Adams ve ark., 2002; Broadley ve ark., 2007) tarafından insan ve hayvanların sağlığı açısından yiyecek ve/veya yemlerde bulunması istenen ($100\text{-}1000 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$) Se konsantrasyonu seviyelerinde (100 g tüketildiğinde), topraktan 0.05 mg kg^{-1} 'ın ve tohumdan 316 mg L^{-1} 'nin üstünde Se uygulamasıyla da 5 mg kg^{-1} 'ın üstünde Se ihtiva eden gıdaların sürekli tüketilmesiyle insan ve hayvanlarda Se toksisitesinin ortaya çıkabileceğini belirten bazı araştırmacılara göre (Mikkelsen ve ark., 1989; Arvy, 1992) de toksik düzeyde Se birikimine sebep olmuştur. Toksik düzeyde Se birikimi uygulanan Se miktarlarının yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Çünkü değişik araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda arpa, buğday, fasulye, bezelye ve nohut tanesinde insan ve hayvan sağlığı için ihtiyaç duyulan $100 \text{ } \mu\text{g Se kg}^{-1}$ seviyesine ulaşmak için sodyum selenat formunda; topraktan 5 g Se ha^{-1} (Curtin ve ark., 2008), 10 g Se ha^{-1} (Gupta ve ark., 1988; Stephen ve ark., 1989; Gupta ve Gupta, 2000; Ducsay ve ark., 2007), 20 mM Se (Hermosillo-

Cereceres ve ark., 2013), yapraktan 10 g Se ha⁻¹ (Poblaciones ve ark., 2013a) ve yapraktan 10 g Se ha⁻¹ (Poblaciones ve ark., 2013b) uygulama dozlarının yeterli olduğu rapor edilmiştir. Benzer olarak, çalı fasulyesine topraktan 1 ve 2 mg Se kg⁻¹ dozundaki uygulamaların insan ve hayvan sağlığı açısından toksik seviyelerde Se birikimine neden olduğu ifade edilmiştir (Sajwani ve ark., 1996).

Topraktan, yapraktan ve tohumdan artan miktarda uygulanan Se'un buğdayın Se konsantrasyonu artırmada önemli bir etkisi olurken; yapraktan Se uygulaması diğer iki uygulama olan topraktan ve tohumdan Se uygulamalarına göre daha etkili olmuştur (Curtin ve ark., 2006). Kanada'da soya fasulyesinin tane Se konsantrasyonu üzerine tohumdan artan dozlarda uygulanan Se'un (0, 10, 20, 40 ve 100g Se ha⁻¹) etkisini altı farklı lokasyonda 3 yıl boyunca araştıran (MacLeod ve Gupta, 1995), bu çalışmalarında tane Se konsantrasyonunu yapraktan 10 ve 100g Se ha⁻¹ dozundaki uygulamalardan elde edilen tanelerin Se konsantrasyonlarıyla kıyaslamışlardır. Çalışmada tohumdan Se uygulamalarını, yapraktan eşdeğer miktarlarda Se uygulamalarıyla kıyaslandığında tane Se konsantrasyonu üzerine tohumdan Se uygulamasının etkisinin daha düşük olmasına rağmen, tohumdan Se uygulamasının tane Se konsantrasyonunu artırmada hâlâ etkili bir yöntem olduğunu belirlemişlerdir. Yapraktan ve tohumdan Se uygulanmasıyla bitkilerin Se konsantrasyonunun artırılabilceği fasulye bitkisinde de gösterilmiştir. Şöyle ki, Slovenya'da yapılan bir sera denemesinde, mevcut çalışmada bulunan sonuçlarla uyumlu bir biçimde hem yaprağa püskürtme hem de tohuma emdirme şeklinde yapılan Se uygulamaları tane Se konsantrasyonunu oldukça artırırken, yapraktan Se uygulaması tohumdan Se uygulamasına göre daha etkili olduğu görülmüştür (Smrkolj ve ark., 2006). Benzer şekilde, Kanada'da 6 ayrı lokasyonda yürütülen bir denemede, hem yapraktan hem de tohumdan yapılan Se uygulamaları makarnalık buğdayın tane Se konsantrasyonunu artırmada çok etkili olmuş, uygulamalar verim üzerinde herhangi bir olumsuzluğa yol açmamıştır (Grant ve ark., 2007). Bitkilerin Se konsantrasyonunun yapraktan ve topraktan Se uygulanmasıyla artırılabilceği mısır bitkisinde de gösterilmiştir. Çinde yapılan iki yıllık bir tarla denemesinde çalışmamızda bulunan sonuçlarla uyumlu bir biçimde hem yapraktan hem de topraktan yapılan Se uygulamaları tane Se konsantrasyonu üzerinde çok önemli artışlar sağlamıştır (Wang ve ark., 2013). Benzer sonuçlar, Yeni Zellanda'da yapılan tarla denemelerinde de bulunmuştur. Topraktan ve yapraktan yapılan Se uygulamaları tane Se konsantrasyonu üzerinde çarpıcı artışlara yol açmıştır (Curtin ve ark., 2008).

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mevcut çalışmada topraktan, yapraktan ve tohuma emdirme şeklindeki yöntemlerle artan dozlarda Se kullanmadaki amaç; bodur kuru fasulyenin tane Se konsantrasyonunu insan sağlığı için yeterli olabilecek değerlere yükseltmek ve bu yükseltme işlemi için de en uygun yöntemi belirlemek olmuştur.

Topraktan, yapraktan ve tohuma emdirme şeklinde yapılan Se uygulamaları bodur kuru fasulyenin tane Se konsantrasyonunu artırmada çok etkili sonuçlara neden olmuştur. Artışlar, yaprak ve tohum uygulamalarında arzu edilen minimum değerlerin üzerinde olurken, toprak uygulamalarında ise arzu edilen en üst düzeyin de üzerine çıkmıştır. Toprak uygulamasının Se konsantrasyonu üzerine olan bu etkisi, uygulama dozlarının yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Tanede 100 ile 1000 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında Se bulunmasının insan sağlığı açısından yeterli olacağı düşünülürse, Çizelge 4.10'daki sonuçlara göre topraktan 0.05 mg kg^{-1} , yapraktan 10 mg L^{-1} ve tohumdan 79 mg L^{-1} 'a kadar Se uygulamalarının yeterli olabileceği görülmektedir.

Toprak Se uygulamaları, deneme sürecinde bitkilerin Se içeriğini en fazla artıran yöntem olmasına rağmen, uygulama dozları iyi ayarlanmadığında toksik etki oluşturabilmesi ve ülkemizde Se katkılı gübre bulunmadığından pratikte uygulama güçlüğünden dolayı yapraktan ve tohumdan Se uygulama yöntemlerinin Se alımını artırmada daha uygun yöntemler olduğu kanaatine varılmıştır. Bununla birlikte, Çizelge 4.6.'da verilen sonuçlara göre bodur kuru fasulyenin Se içeriğini artırmada tohum Se uygulaması, yaprak Se uygulamasından daha etkili olmuştur. Çizelge 4.12.'de görüldüğü gibi uygulanan yüksek Se dozunun (632 mg L^{-1}) çimlenme durumuna ve bitki büyümesine olumsuz (toksik) bir etki göstermemesi ve yeşil aksama taşınan Se miktarı üzerinde çok olumlu etkisinin olması, tohuma Se emdirme yönteminin bitkilerin Se'ca zenginleştirilmesinde umut vadeden pratik bir yöntem olabileceğini göstermektedir.

Günümüzde Se azlığı ya da noksanlığı bulunan toplumlarda insan sağlığı açısından yeterli düzeyde Se takviyesi yapılmasının, başta kanser riskinin azaltılması olmak üzere Se noksanlığına bağlı hastalıkların ortadan kaldırılmasına yönelik, dünyada da hızla yaygınlaşmakta olan bir görüş açığa çıkmakta ve bu noktada da sentetik maddeler yerine, doğal olarak Se'ca zengin veya zenginleştirilebilen bitkilerin önemi ortaya çıkmakta ve bu durum gıdaların antioksidan etkiye sahip olan Se ile

desteklenmesinin artması hususunu açıkça gözler önüne sermektedir. Toplum sağlığı için, özellikle daha sağlıklı ve üretken nesillere sahip olabilmek için basta Finlandiya olmak üzere birçok İskandinav ülkesinde olduğu gibi Türkiye’de mineral gübrelerin bir an önce Se bakımından zenginleştirilmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Abrams, M. M., Shennan, C., Zasoski, R. J. ve Burau, R. G., 1990, Selenomethionine uptake by wheat seedlings., *Agron. J.*, 82, 1127-1130. .
- Adams, M. L., Lombi, E., Zhao, F.-J. ve McGrath, S. P., 2002, Evidence of low selenium concentrations in UK bread-making wheat grain, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82 (10), 1160-1165.
- Alifar, N., Rahman, Z. A., Ishak, C. F., Awang, Y. ve Khayyambashi, B., 2012, The Effect of Different Rates of Selenium on Grain Se Concentration and Yield of MR219 Rice (*Oryza sativa* L.), *Journal of Agricultural Science*, Vol. 6 (No. 3).
- Allaway, W. H., 1968, Controls on The Environmental Levels Of Selenium., *Trace Subst. Environ. Health.*, 2, 181-206.
- Aras, N. K., Nazli, A., Zhang, W. ve Chatt, A., 2001, Dietary intake of zinc and selenium in Turkey, *J. Radioanal. Nuc. Chem.*, 249, 33-37.
- Arthur, J. R., 2003, Selenium supplementation: does soil supplementation help and why?, *Proceedings of the Nutrition Society*, 62 (02), 393-397.
- Arvy, M. P., 1992, Some aspects of selenium relationship in soils and plants. , *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, 23, 1397-1407.
- Back, T. G., 1999, Organoselenium a practical approach, *Oxford University Press*, 1-4.
- Banuelos, G. ve Meek, D., 1989, Selenium accumulation in selected vegetables. , *Journal of Plant Nutrition*, 12, (22-23), 1255-1272. .
- Bayraklı, F., 1987, Toprak ve Bitki Analizleri., *19 Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Yayınları*, No: 17, Samsun.
- Bouyoucus, G. J., 1951, A Recalibration Of The Hydrometer Method For Making Mechanical Analysis Of Soils., *Agron. J.*, 43, 434-438.
- Bozoğlu, H. ve Topal, N., 2005, Ülkemiz İçin Yeni Yemeklik Tane Baklagil Türleri., *Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi. 5-9 Eylül, Antalya (Derleme Sunusu)*, Cilt I, Sayfa 557-562.
- Broadley, M., White, P., Bryson, R., Meacham, M., Bowen, H., Johnson, S., Hawkesford, M., McGrath, S., Zhao, F., Breward, N., Harriman, M. ve Tucker, M., 2006, Biofortification of UK food crops with selenium. , *Proc Nutr Soc*, 65 (2), 169-181.
- Broadley, M. R., White, P. J., Bryson, R. J., Meacham, M. C., Bowen, H. C., Johnson, S. E., Hawkesford, M. J., McGrath, S. P., Zhao, F.-J., Breward, N., Harriman, M. ve Tucker, M., 2007, Biofortification of UK food crops with selenium, *Proceedings of the Nutrition Society*, 65 (02), 169-181.
- Brown, K. ve Arthur, J., 2001, Selenium, Selenoproteins And Human Health: A Review. , *Public Health Nutrition*, 4, 593-599.
- Brown, T. A. ve Shrift, A., 1981, Exclusion Of Selenium From Proteins Of Selenium-Tolerant Astragalus Species., *Plant Physiology*, 67 (5), 1051.
- Cartwright, B., Tiller, K. G., Zarcinas, B. A. ve Spouncer, L. A., 1983, The Chemical Assessment Of The Boron Status Of Soils., *Aust. J. Soil Res.*, 21, 321-332.
- Chen, X., 1986, Selenium and cardiomyopathy (Keshan disease), *Acta Pharmacol. Toxicol. (Copenh)*, 325-330.
- Clark, L. C., Combs, G. F., Turnbull, B. W., Slate, E. H., Chalker, D. K., Chow, J., Davis, L. S., Glover, R. A., Graham, G. F., Gross, E. G., Krongrad, A., Leshner, J. L., Park, H. K., Sanders, B. B., Smith, C. L. ve Taylor, J. R., 1996, Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin, *J. Am. Med. Assoc.*, 276, 1957-1963.

- Cohen, V. ve Khuri, F. R., 2004, *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 10 (4), 279-283.
- Combs, G. F., 2001, Selenium in global food systems, *Brit. J. Nutr.*, 85, 517-547.
- Combs, G. F., 2004, Status of Selenium In Prostate Cancer Prevention, *British Journal of Cancer*, 91, 195-199.
- Combs, G. F. J. ve Gray, W. P., 1998, Chemopreventive agents: selenium, *Pharmacology & Therapeutics*, 179-192.
- Curtin, D., Hanson, R., Lindley, T. N. ve Butler, R. C., 2006, Selenium concentration in wheat (*Triticum aestivum*) grain as influenced by method, rate, and timing of sodium selenate application, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 34 (4), 329-339.
- Curtin, D., Hanson, R. ve Van Der Weerden, T. J., 2008, Effect of selenium fertiliser formulation and rate of application on selenium concentrations in irrigated and dryland wheat (*Triticum aestivum*), *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36 (1), 1-7.
- Çetinsoy, M. F., 2014, Açıkta Hıyar Yetiştiriciliğinde Yapraktan Uygulanan Selenyumun ve Silisyumun Etkileri, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, 63.
- David, P. W., Myers, G. J., Weiss, B., Shamlaye, C. F. ve Cox, C., 2006, Prenatal methyl mercury exposure from fish consumption and child development: A review of evidence and perspectives from the Seychelles Child Development Study, *Neurotoxicology*, 27, 1106-1109.
- Dhillon, K. S., Rani, N. ve Dhillon, S. K., 2005, Evaluation Of Different Extractants For The Estimation Of Bioavailable Selenium In Seleniferous Soils Of Northwest India, *Australian Journal of Soil Research*, 43, 639-645.
- Ducsay, L., Lozek, O., Varga, L. ve Losak, T., 2007, Effects Of Winter Wheat Supplementation With Selenium, *Ecological Chemistry and Engineering*, 14, 289-293.
- Ducsay, L., Lozek, O. ve Varga, L., 2009, The influence of selenium soil application on its content in spring wheat, *PLANT SOIL ENVIRON.*, 55 (2), 80-84.
- Dündar, M. S. ve Altundağ, H., 2004, Selenium content of Turkish hazelnut varieties: Kara Fındık, Tombul and Delisava, *Journal of Food Composition and Analysis*, 17, 707-712.
- Ekanayake, L. J., Thavarajah, D., Vial, E., Schatz, B., McGee, R. ve Thavarajah, P., 2015a, Selenium fertilization on lentil (*Lens culinaris Medikus*) grain yield, seed selenium concentration, and antioxidant activity, *Field Crop Res.*, 177 9-14
- Ekanayake, L. J., Thavarajah, D., Vial, E., Schatz, B., McGee, R. ve Thavarajah, P., 2015b, Selenium fertilization on lentil (*Lens culinaris Medikus*) grain yield, seed selenium concentration, and antioxidant activity, *Field Crops Research*, 177, 9-14.
- Ergene, A., 1982, Toprak Biliminin Esasları, *Atatürk Üniversitesi Basımevi*, 368.
- Fan, A. M. ve Kizer, K. W., 1990, Selenium. Nutritional, toxicologic, and clinical aspects., *Western Journal of Medicine*, 160-167.
- Fan, M. S., Zhao, F. J., Poulton, P. R. ve McGrath, S. P., 2008, Historical changes in the concentrations of selenium in soil and wheat grain from the Broadbalk experiment over the last 160 years, *Sci Total Environ*, 389 (2-3), 532-538.
- FAO, 1990, *Micronutrient. Assessment at the Country Level: An International Study. FAO Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa. Rome.*
- FAO, 2014, Statistical Databases. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. <http://faostat.fao.org>.

- FAO, 2016, Statistical Databases. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. <http://faostat.fao.org>.
- Ferguson, L. R., Karunasinghe, N. ve Philpott, M., 2004, Epigenetic events and protection from colon cancer in New Zealand. *Environ., Mol. Mutagen.*, 36-43.
- Fernandez-Martinez, A. ve Charlet, L., 2009, Selenium environmental cycling and bioavailability: A structural chemist point of view. *Rev. Environ., Sci. Biotechnol.*, 8, 81-110.
- Fordyce, F., 2005, Selenium deficiency and toxicity in the environment. In: Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J., Finkelman, R., Fuge, R., Lindh, U., Smedley, P. (Eds.), *Essentials of Medical Geology*, Burlington, MA., Elsevier Academic Press., 373-415.
- Foster, L. H. ve Sumar, S., 1997, Selenium In Health And Disease: A Review, *Crit. Rev., Food Sci. Nutr.*, 37, 211-228.
- Ganther, H. E., 2000, Selenium metabolism and mechanisms of cancer prevention., *Adv. Exp. Med. Biol.*, 119-130.
- Goldhaber, S. B., 2003, Trace element risk assessment: essentiality vs. toxicity, *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 38, 232-242.
- Govasmark, E., Singh, B. R., MacLeod, J. A. ve Grimmett, M. G., 2008, Selenium Concentration in Spring Wheat and Leaching Water as Influenced by Application Times of Selenium and Nitrogen, *Journal of Plant Nutrition*, 31 (2), 193-203.
- Grant, C. A., Buckley, W. T. ve Wu, R. G., 2007, Effect of selenium fertilizer source and rate on grain yield and selenium and cadmium concentration of durum wheat, *Canadian Journal of Plant Science*, 87 (4), 703-708.
- Gupta, U. C., MacRae, K. B. ve Winter, K. A., 1988, Selenium Enrichment Of Crops Through Foliar Applications., *Can. J. Soil Sci.*, 68, 519-526.
- Gupta, U. C. ve Gupta, S. C., 2000, Selenium in soils and crops, its deficiencies in livestock and humans: Implications for management, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31 (11-14), 1791-1807.
- Halilova, H., 2004, Mikroelementlerin (I, Zn, Co, Mn, Cu, Se) biyojeokimyasi Ankara.
- Harmankaya, M., 2009, Orta Anadolu Bölgesinde Toprakların ve Buğdayın Selenyum Düzeyinin Belirlenmesi ve Selenyum Gübrelemesine Farklı Buğday Genotiplerinin Tepkisinin Araştırılması *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi*, 129.
- Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A. ve M., F., 2010, Selenium in higher plants: Physiological role, antioxidant metabolism and abiotic stress tolerance, *J. Plant Sci.*, 5, 354-375.
- Hengl, T., Mendes de Jesus, J., MacMillan, R. A., Batjes, N. H., Heuvelink, G. B. M., Ribeiro, E., Samuel-Rosa, A., Kempen, B., Leenaars, J. G. B., Walsh, M. G. ve Gonzalez, M. R., 2014, SoilGrids1 km—global soil information based on automated mapping, *PLoS ONE*, 9, 1-17.
- Hermosillo-Cereceres, M. A., Sánchez-Chávez, E., Guevara-Aguilar, A., Muñoz-Márquez, E. ve García-Bañuelos, M. L., 2013, Biofortification and distribution patterns of selenium in bean: Response to selenate and selenite *Journal of Food, Agriculture & Environment* 2, 421-426.
- Hıncal, F., 2007, Trace Elements In Growth: Iodine And Selenium Status Of Turkish Children, *J. Trace Elem. Med. Biol.*, 21, 40-43.
- Hopper, J. L. ve Parker, D. R., 1999, Plant availability of selenite and selenate as influenced by the competing ions phosphate and sulfate, *Plant and Soil*, 210, 199-207.

- Hurst, R., Collings, R., Harvey, L. J., King, M., Hooper, L., Bouwman, J., Gurinovic, M. ve Fairweather-Tait, S. J., 2013, EURRECA-Estimating selenium requirements for deriving dietary reference values, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 53, 1077–1096.
- Jackson, M. L., 1962, Soil Chemical Analysis., *Prentice-Hall, Inc.*, 183. New York.
- JaeMoon, H., MiGyung, L. ve HyunTae, H., 2001, Effect of selenium application dosage and methods on selenium and mineral contents in garlic., *Korean Journal of Horticultural Science&Technology*, 19 (4), 465-470.
- Kacar, 1997, Bitki Ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri. , *A.Ü. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma Ve Geliştirme Vakfı Yay. No:3, Ankara*.
- Kieliszek, M., Bla_zejak, S. ve Jedrzejczak, R., 2012, The capacity for binding selenium by fodder yeast strain *Candida utilis* ATCC 9950, *Bromat Chem Toksykol*, 45, 628– 633.
- Kikkert, J. ve Berkelaar, E., 2013, Plant uptake and translocation of inorganic and organic forms of selenium, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 65, 458–465.
- Kim, Y. I., 2003, Role of folate in colon cancer development and progression., *J. Nutr.*, 3731S-3739S.
- Korenovska, M., 2006, Determination of arsenic, antimony, and selenium by FI-HG AAS in foods consumed in Slovakia, *J. Food Nutr. Res.*, 45, 84-88.
- Leustek, T., Martin, M. N., J.A., B. ve Davies, J. P., 2000, Annu. Rev. Plant Physiol., *Plant Mol. Biol*, 51, 141-165.
- Li, H.-F., McGrath, S. ve Zhao, F.-J., 2008, *New Phytol.*, 178, 92-102. .
- Lindsay, W. L. ve Norvell, W. A., 1978, Development of DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper., *Soil Sci. Soc. Amer. Jour.*, 43, 421-428.
- Lyons, G., Stangoulis, J. ve Graham, R., 2003, High-selenium wheat: biofortification for better health, *Nutr Res Rev*, 16 (1), 45-60.
- Lyons, G., Lewis, J., Lorimer, M. F., Holloway, R. E., Brace, D. M., Stangoulis, J. C. R. ve Graham, R., 2004a, High-Selenium Wheat: Agronomic Biofortification Strategies To Improve Human Nutrition., *J. Food Agric. Environ.*, 2 (1), 171-178.
- Lyons, G., Judson, G., Stangoulis, J. ve Graham, R., 2004b, Selenium Status Of Humans and Wheat In South Australia, *J. Aust. Coll. Nutr. and Env. Med.*, 23, 19 – 21.
- Lyons, G., Stangoulis, J. ve Graham, R., 2005, Tolerance Of Wheat (*Triticum aestivum* L.) To High Soil And Solution Selenium Levels., *Plant and Soil*, 270, 179– 188.
- M.P., D. S., E.A.H., P.-S. ve N., T., 2000, “The physiology and biochemistry of selenium volatilization by plants.” In: Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment. , *Raskin I., and Ensley B.D. (eds.). John Wiley & Sons, New York, NY.*, 171-174.
- MacLeod, J. A. ve Gupta, U. C., 1995, Effect of selenium seed treatment on selenium concentrations in soybeans, *CANADIAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE*, 287-291.
- Maher, W., Roach, A., Doblin, M., Fan, T., Foster, S., Garrett, R., Moller, G., Oram, L. ve Wallschläger, D., 2010, Ecological Assessment of Selenium Environmental sources, speciation, and partitioning of selenium. In: Chapman, P.M., et al. (Eds.) in the Aquatic Environment. , *CRC Press, Boca Raton.*, 47-92.
- Manual, 1951, Soil Survey U.S. Department of Agriculture, *Handbook*, No. 18, 503.
- Martens, D. A., 2003, Selenium, *Encyclopedia of water science.*, 840-842.
- Martin, J. E., Ganther, J. L. ve Westport, H. E., 1981, Selenium in Biology and Medicine, *Connecticut*.

- Martinez, R. A. S., Milanez de Rezende, P., Alves de Alvarenga, A., Bastos de Andrade, M. J. ve Abdão dos Passos, A. M., 2009, Doses and forms of selenium application on the culture of soybean, *Ciênc. agrotec., Lavras.*, 33 (3), 698-704.
- Mihailovic, M. B., Vasiljevic, Z. i., Sobajic, S., Jovanovic, I., Pesut, O. ve Matic, G., 2003, Antioxidant status of patients with acute myocardial infarction, *Trace Elem. Electrol.*, 20, 5-7.
- Mikkelsen, R. L., Page, A. L. ve Bingham, F. T., 1989, Factors Affecting Selenium Accumulation By Agricultural Crops. pp. 65-94. In L.W. Jacobs (ed.) *Selenium Agriculture and the Environment, Spec. Publ. 23. Soil Science of America, Madison, WI.*
- Moritz, F., Monteil, C., Isabelle, M., Mulder, P., Henry, J. P., Derumeaux, G., Richard, V., Muller, J. M. ve Thuillez, C., 2004, Selenium diet-supplementation improves cocaine-induced myocardial oxidative stress and prevents cardiac dysfunction in rats, *Fundam Clin. Pharmacol.*, 18 (4), 431-436.
- Mounicou, S., Vondeheide, A. P., Shann, J. R. ve Caruso, J. A., 2006, *Anal. Bioanal. Chem.*, 386 (142-151).
- NAS, 2000, Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. "Dietary Reference Intakes, Vitamin C, Vitamin E, Selenium and Carotenoids", *National Academy Press, Washington D.C.*
- Navarro-Alarcon, M. ve Cabrera-Vique, C., 2008, Selenium in food and the human body: a review, *Sci Total Environ*, 400 (1-3), 115-141.
- Ogra, Y., Ishiwata, K., Encinar, J. R., Lobinski, R. ve Suzuki, K. T., 2004, Speciation of selenium in selenium-enriched shiitake mushroom, *Lentinula edodes*, *Anal. Bioanal. Chem.*, 379, 861-866.
- Özkan, H., 2000, "Bazı Fenilselenoglikolik asit türevlerinin Sentezi", *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*, 3-4. Panda.
- Peng, A. ve Yang, C. L., 1991, Examination of the roles of selenium in the Kaschin-Beck disease. Cartilage cell test and model studies, *Biol. Trace Elem. Res.*, 1-9.
- Pilon-Smits, E. A. H. ve Quinn, C. F., 2010, Selenium metabolism in plants. In *Cell Biology of Metals and Nutrients*, Hell, R., Mendel, R.-R., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, Volume 17, pp. 225–241.
- Poblaciones, M. J., Rodrigo, S., Santamaria, O., Chen, Y. ve McGrath, S. P., 2013a, Selenium accumulation and speciation in biofortified chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Mediterranean conditions, *J Sci Food Agric*, 94 (6), 1101-1106.
- Poblaciones, M. J., Rodrigo, S. M. ve Santamaria, O., 2013b, Evaluation of the potential of peas (*Pisum sativum* L.) to be used in selenium biofortification programs under Mediterranean conditions, *Biol Trace Elem Res*, 151 (1), 132-137.
- Rahman, M., Erskine, W., Materne, M. A., McMurray, L., Thavarajah, P. ve Thavarajah, D., 2014, Enhancing selenium concentration in lentil (*Lens culinaris* subsp. *culinaris*) through foliar application, *J. Agric. Sci.*, 153, 1–10.
- Rahmanto, A. S. ve Davies, M. J., 2012, Selenium-containing amino acids as direct and indirect antioxidants, *IUBMB Life*, 64, 863–871.
- Rani, N., Dhillon, K. S. ve Dhillon, S. K., 2005, Critical Levels Of Selenium In Different Crops Grown In An Alkaline Silty Loam Soil Treated With Selenite-Se, *Plant and Soil*, 277, 367–374.
- Rayman, M. P., 2000, The Importance Of Selenium To Human Health, *Lancet*, 356, 233-241.
- Rodrigo, S., Santamaria, O., Chen, Y., McGrath, S. P. ve Poblaciones, M. J., 2014, *J. Agric. Food Chem.*, 62 (25), pp 5948–5953.

- Rotruck, J. T., Ganther, H. E., Swanson, A. B., Hafeman, D. G. ve Hoekstra, W. G., 1973, Selenium: Biochemical Role As A Component Of Glutathione Peroxidase., *Science*, 179 (73), 588-590.
- Sager, M. ve Hoesch, J., 2006, Selenium Uptake In Cereals Grown In Lower Austria. , *Journal of Central European Agriculture*, 7, 71-78.
- Sajwani, K. S., Ornes, W. H., Youngblood, T. V. ve Alva, A. K., 1996, Uptake of Soil Applied Cadmium, Nicel and Selenium by Bush Beans, *Water, Air, and Soil Pollution*, Volume 91 (Issue 3), pp 209–217.
- Sanmartin, C., Plano, D., Sharma, A. K. ve Palop, J. A., 2012, Selenium compounds, Apoptosis and other types of cell death: An overview for cancer therapy, *Int. J. Mol. Sci.*, 13, 9649-9672.
- Schiavon, M., Pilon, M., Malagoli, M. ve Pilon-Smits, E. A. H., 2015, Exploring the importance of sulfate transporters and ATP sulphurylases for selenium hyperaccumulation - a comparison of *Stanleya pinnata* and *Brassica juncea* (Brassicaceae), *Frontiers in Plant Science*, 6, 1-13.
- Schroo, H., 1963, An Inventory Of Soils and Suitabilites In West Iron, *I. Nether Lands Journal of Agricultural Science*, 11, 308.
- Schwarz, K. ve Foltz, C., 1957, Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration, *J. Am. Chem Soc.*, 3242-3243.
- Sharma, N., Prakash, R., Srivastava, A., Sadana, U. S., Acharya, R. ve Prakash, N. T., 2009, Profile of selenium in soil and crops in seleniferous area of Punjab, India by neutron activation analysis, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Volume 281 (Issue 1), pp 59–62.
- Singh, M. ve Singh, N., 1978, Selenium toxicity in plants and its detoxication by phosphorus, *Soil Sci.*, 126, 255-262. .
- Smrkolj, P., Osvald, M., Osvald, J. ve Stibilj, V., 2006, Selenium uptake and species distribution in selenium-enriched bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds obtained by two different cultivations, *European Food Research and Technology*, 225 (2), 233-237.
- Sors, T. G., Ellis, D. R. ve Salt, D. E., 2005, Selenium uptake, translocation, assimilation and metabolic fate in plants, *Photosynth Res.*, 86, 373-389.
- Stadtman, T. C., 1990, Selenium biochemistry., *Annu. Rev. Biochem.*, 59, 111–127.
- Staff, U. S. S. L., 1954, Diagnosis And Improvement Of Salina And Alkali.
- Stephen, R. C., Saville, D. J. ve Watkinson, J. H., 1989, The effects of sodium selenate applications on growth and selenium concentration in wheat, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 17 (3), 229-237.
- Sunde, R. A., 2000, Selenium. M. Stipanuk (ed.), *Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition London: W.B. Saunders Company*, pp. 782-809.
- Suzuki, K. T., 2005, Metabolomics of selenium: Se metabolites based on speciation studies, *J. Health Sci.*, 51, 107-114.
- Şimşir, I. Y. ve Özgen, A. G., 2010, "The thyroid and the selenium/tiroid ve selenyum." *Turkish Journal of Endocrinology and Metabolism*, 76.
- Taban, S., Çevik, N., Taban, N., Turan, M. A., Konuşkan, R., Kebeci, F. ve Sezer, S. M., 2009, Türkiye’de yetiştirilen sarımsak genotiplerinin potansiyel beslenme sorunlarının ortaya konulması ve sarımsakta gübreleme verim-kalite ilişkisi. , *Tübitak Projesi, Proje No: 104 O 506*, 191 s.
- Tanguy, S., Morel, S., Berthonneche, C., Toufektsian, M. C., M., L., Ducros, V., Tosaki, A., Leiris, J. ve Boucher, F., 2004, Preischemic selenium status as a major determinant of myocardial infarct size in vivo in ratsPreischemic selenium

- status as a major determinant of myocardial infarct size in vivo in rats, *Antioxid Redox Signal*, 6 (792-796).
- Terry, N., Zayed, A. M., De Souza, M. P. ve Tarun, A. S., 2000, Selenium In Higher Plants, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51, 401-432.
- Thavarajah, D., Ruszkowski, J. ve Vandenberg, A., 2008, High Potential for Selenium Biofortification of Lentils (*Lens culinaris* L.), *J. Agric. Food Chem.*, 56 10747–10753
- Thavarajah, D., Thavarajah, P., Vial, E., Gebhardt, M., Lacher, C., Kumar, S. ve Combs, G. F., 2015, Will selenium increase lentil (*Lens culinaris* Medik) yield and seed quality?, *Frontiers in Plant Science*, 6, 1-9.
- Thomson, C. D., 2004, Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: a review, *Eur J Clin Nutr*, 58 (3), 391-402.
- Tinggi, U., 2003, Essentiality and Toxicity of Selenium and Its Status in Australia: A Review, *Toxicology Letters*, 137, 103-110.
- TÜİK, 2016, Bitkisel üretim istatistikleri veri tabanı. www.tuik.gov.tr.
- Türkmen, N., 2010, Toprak Özellikleri İle Selenyum Yarıyışlılığı Arasındaki İlişkiler ve Sarımsağın Selenyum İle Zenginleştirilmesi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi*, 177.
- Ülker, M. ve Ceyhan, E., 2008, Orta Anadolu Ekolojik Şartlarında Yetiştirilen Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi, *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 22 (46), 77-89.
- Ünal, H. ve Başkaya, H. S., 1981, Toprak Kimyası, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 759, Ankara*, 218.
- Van Rij, A. M., Thomson, C. D., McKenzie, J. M. ve Robinson, M. F., 1979, Selenium deficiency in total parenteral nutrition, *Am. J. Clin. Nutr.*, 32, 2076-2085.
- Wallschlaeger, D. ve Feldmann, J., 2010, Formation, occurrence, significance, and analysis of organoselenium and organotellurium compounds in the environment. In *Organometallics in Environment and Toxicology, Royal Society of Chemistry: Cambridge, UK*, Volume 7, pp. 319–364.
- Wang, X., Houk, K. N., Spichty, M. ve Wirth, T. J., 1999, *Am. Chem. Soc.*, 121, 8567-8576.
- Wang, Y., Wu, Y., Luo, K., Liu, Y., Zhou, M., Yan, S., Shi, H. ve Cai, Y., 2013, The protective effects of selenium on cadmium-induced oxidative stress and apoptosis via mitochondria pathway in mice kidney, *Food Chem Toxicol*, 58, 61-67.
- Whanger, P. D., 2004, Selenium and its relationship to cancer: an update, *British Journal of Nutrition*, 91 (01), 11.
- Winkel, L. H. E., Johnson, C. A., Lenz, M., Grundl, T., Leupin, O. X., Amini, M. ve Charlet, L., 2012, Environmental selenium research: from microscopic processes to global understanding, *Environmental Science and Technology*, 46, 571-657.
- Yang, F., Chen, L., Hu, Q. ve Pan, G., 2003, Effect of the Application of Selenium on Selenium Content of Soybean and Its Products *Biological Trace Element Research*, 93, 249-256.
- Yang, G., Wang, S., Zhou, R. ve Sun, S., 1983, Endemic Selenium Intoxication Of Humans In China, *Am. J. Clin. Nutr.*, 37, 872-881.
- Zachara, B. A., Szewczyk-Golec, K., Tyloch, J., Wolski, Z., Szyłberg, T., Stepien, S., Kwiatkowski, S., Bloch-Bogusławska, E. ve W., W., 2005, Blood and tissue

selenium concentrations and glutathione peroxidase activities in patients with prostate cancer and benign prostate hyperplasia, *Neoplasma*, 52 (248-254).



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Duygu AKÇAY
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Düzce / 10.11.1987
Telefon : 05063526162
Faks :
e-mail : dygakcay81@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Düzce Lisesi, Düzce	2004
Üniversite	: Sakarya Üniversitesi. Akyazı, Sakarya	2007
	Selçuk Üniversitesi. Selçuklu, Konya	2013
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi. Selçuklu, Konya	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER : İngilizce

YAYINLAR