

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AYÇİÇEĞİ YAĞINDA ARSENİK VE SELENYUM İÇERİĞİNİN  
FARKLI SULAMA DÜZEYLERİNE BAĞLI DEĞİŞİMİ**

**Yahya SEÇKİN**

**Danışman  
Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI  
ISPARTA - 2014**

© 2014 [Yahya SEÇKİN]

## TEZ ONAYI

Yahya SEÇKİN tarafından hazırlanan "Ayçiçeği Yağında Arsenik ve Selenyum İçeriğinin Farklı Sulama Düzeylerine Bağlı Değişimin'nde YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

**Danışman** **Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR**  
Süleyman Demirel Üniversitesi



**Jüri Üyesi** **Doç.Dr. Levent BAŞAYIĞIT**  
Süleyman Demirel Üniversitesi



**Jüri Üyesi** **Doç.Dr. Yusuf UÇAR**  
Süleyman Demirel Üniversitesi

**Enstitü Müdürü** **Prof.Dr.Ahmet ŞAHİNER** .....

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Yahya SEÇKİN**

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
İÇİNDEKİLER .....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	10
3.1. Materyal.....	10
3.2. Yöntem .....	10
3.2.1. Saksı denemesi ve ayçiçeği ürün eldesi.....	10
3.2.2. Laboratuvar analiz yöntemleri.....	12
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	15
4.1. Verim.....	15
4.2. Ham yağ içeriği .....	16
4.3. Yağ, arsenik ve selenyum içeriği .....	17
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	21
KAYNAKLAR .....	22
ÖZGEÇMİŞ .....	26

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### AYÇİÇEĞİ YAĞINDA ARSENİK VE SELENYUM İÇERİĞİNİN FARKLI SULAMA DÜZEYLERİNE BAĞLI DEĞİŞİMİ

Yahya SEÇKİN

Süleyman Demirel Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR

Sodyum selenit ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) ve sodyum arsenat heptahidrat ( $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) uygulanmış killi tın bünyeli bir toprakta yetiştirilen ayçiçeği bitkilerinin, tohum ham yağlarındaki arsenik ve selenyum miktarlarının farklı sulama düzeyleri için nasıl bir değişim gösterdiğinin araştırıldığı bu çalışmada; yarayışlı nemin yaklaşık %  $50 \pm 10$  tüketildiğinde; toprak nem içeriğinin tarla kapasitesi düzeyine çıkarılması ( $S_1$ ),  $S_2$ : %90  $S_1$ ,  $S_3$ : %80  $S_1$  ve  $S_4$ : %70  $S_1$  uygulamalarına yer verilmiştir.

Ayçiçeği tane verimleri, sulama düzeyleriyle ilişkili olarak 52.11 - 62.61 gr bitki<sup>-1</sup> aralığında değişmiş, en düşük verim su kısıntısının en yüksek olduğu  $S_4$  uygulamasında elde edilmiş ve farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Kabuksuz tanelerin ham yağ içerikleri en yüksek  $S_1$  (% 60.65) ve en düşük  $S_4$  (% 58.98) uygulamalarında belirlenmiştir. Ham yağlarda sulama düzeyleri genelinde, As konsantrasyonunun 1.08 - 1.26 mg kg<sup>-1</sup> ve Se konsantrasyonunun ise 0.85 - 0.99 mg kg<sup>-1</sup> aralıklarında değiştiği ancak her iki element için de uygulamalar arasındaki farklılıkların önemsiz olduğu bulunmuştur. Daha yüksek su kısıtı uygulamalarına yer verilebilecek benzer çalışmaların yapılması önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Ayçiçeği, Arsenik, Selenyum,

**2014, 26 sayfa**

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **THE CHANGES IN THE AMOUNT OF ARSENIC AND SELENIUM IN SUNFLOWER CRUDE OILS BY DIFFERENT IRRIGATION LEVELS**

**Yahya SEÇKİN**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Soil Science and Plant Nutrition**

**Supervisor: Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR**

In this study, sunflower (Sunflower) plants grown in clay loam textured soil that sodium selenite ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) and the sodium arsenate heptahydrate ( $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) was applied. The changes of arsenic and selenium levels in seed crude oil extracted from these plants according to different irrigation levels were investigated. When about  $50 \pm 10$  % of available moisture was consumed; irrigation treatments were applied as follows:  $S_1$  :100% (to increase the level of the field capacity moisture content of the soil) and  $S_2$  : 90%  $S_1$ ,  $S_3$  : 80%  $S_1$  and  $S_4$ : 70%  $S_1$ .

Sunflower seed yields in relation to irrigation levels were changed between 52.11 and 62.61 g plant<sup>-1</sup>. The lowest yield was in treatment  $S_4$  in which the highest of water scarcity, but differences were statistically significant ( $p < 0.05$ ). The highest and the lowest crude oil contents of non-crusted seeds were obtained for  $S_1$  (60.65%) and  $S_4$  (58.98%) treatment. Arsenic and Se concentration for crude oils throughout irrigation levels varied from 1.08 to 1.26 mg kg<sup>-1</sup> and 0.85 to 0.99 mg kg<sup>-1</sup> intervals, respectively. The differences between treatments for both elements were statistically insignificant. It can be concluded that it is important to perform similar further studies to be focused on higher water scarcity.

**Keywords:** Sunflower, Arsenic, Selenium

**2014, 26 pages**

## **TEŞEKKÜR**

Bu araŐtırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aŐamasında yapmıŐ olduğu büyük katkılarından dolayı tez danıŐmanım Sayın Prof. Dr. Ahmet Ali IŐILDAR' a, teŐekkürlerimi sunarım.

Arazi ve laboratuvar çalıŐmalarımda yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Metin MÜJDECİ, Dr. Hüseyin ŐENOL, AraŐ.Gör. Pelin ALABOZ ve Talip AKMAKCI, Ziraat Mühendisleri Sermet KOÇ ve Gizem AKSOY'a teŐekkürleri bir borç bilirim.

Tezimin her aŐamasında beni yalnız bırakmayan eŐim Serpil SEÇKİN, ailem ve tüm arkadaŐlarıma teşekkür ederim.

Yahya SEÇKİN  
ISPARTA, 2014



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Ayçiçeği hasatından kesitler.....	11
Şekil 3.2. Kabuklarından ayrılmış ayçiçeği taneleri.....	12
Şekil 3.3. Ayçiçeği danelerinden yağ çıkarma işlemi.....	13
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan mikrodalga yakma cihazı.....	13
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan ICP-OES cihazı.....	14

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Sulama düzeyleri.....	11
Çizelge 3.2. Mikrodalga yağ yağ yakma programı .....	14
Çizelge 3.3. Yağ As ve Se dedeksiyon limitleri.....	14
Çizelge 4.1. Farklı düzeylerde sulama uygulamalarının ayçiçeği verimi üzerine etkisi .....	15
Çizelge 4.2. Ayçiçeği % yağ oranı.....	16
Çizelge 4.3. Ayçiçeği yağ arsenik ve selenyum içeriği .....	18

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

As	Arsenik
Bi	Bizmut
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
EDTA	Etilen diamin tetraasetik asit
Fe	Demir
Hg	Civa
ICP	Inductively coupled plasma (Endüktif eşleşmiş plazma)
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
N	Azot
Na	Sodyum
ng	Nanogram
Ni	Nikel
OES	Optical Emission Spectrometry (Optik Emisyon Spektrometresi)
P	Fosfor
Pb	Kurşun
ppm	Parts per million (Milyonda bir kısım)
S <sub>1</sub>	Tarla kapasitesi düzeyine göre nem açığının tamamı uygulanması
S <sub>2</sub>	Nem açığının % 90'ının (S <sub>2</sub> : 0.90 S <sub>1</sub> ) uygulanması
S <sub>3</sub>	Nem açığının % 80'inin (S <sub>3</sub> : 0.80 S <sub>1</sub> ) uygulanması
S <sub>4</sub>	Nem açığının % 70'inin (S <sub>4</sub> : 0.70 S <sub>1</sub> ) uygulanması
Sb	Antimon
Tl	Talyum
Zn	Çinko
µg	Mikrogram

## 1.GİRİŞ

Ayçiçeği Türkiye'de oldukça geniş bir alanda (çerezlik 1.000.000 ve yağlık 5.046.160 dekar) üretimi yapılan ve yağlı tohum ham maddesinin sağlanmasında önemli rolü olan bir bitkidir (TUİK, 2013). Zengin vejetatif aksamı nedeniyle ayçiçeği bitkisinin ağır metal kaldırılmasında etkili olması ve ağır metallerin de çimlenme, fotosentez, iyon alım aktiviteleri, protein sentezi gibi olayları önemli ölçüde ve genellikle olumsuz yönde etkilemesi, verim ve kalitenin azalmasına neden olmakta bu durum besin zinciri yoluyla insan sağlığını da olumsuz etkileyebilmektedir (Zengin ve Munzuroğlu, 2006).

Bir metaloid olan arsenik, topraklarda herhangi bir kirlenmenin söz konusu olmadığı koşullarda çoğunlukla 0.1- 40 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Arseniğin en önemli inorganik formları arsenit As(III) ve arsenat As(V) olup arsenit bitkiler için çok daha toksiktir. Normal topraklarda arsenat ve su etkisindeki topraklarda arsenit formunda bulunur. Arseniğin bitkiler için gerekli bir element olmadığı ancak düşük düzeylerde bitki gelişimini teşvik ederken daha yüksek düzeylerde toksik etkiye neden olduğu ve bu etkinin özellikle toprak tekstürü ve reaksiyonu ile yakın ilgisi olduğu bilinmektedir. Bitki As içeriğinin normal koşullarda 0.01 - 5 ppm aralığında bulunduğu ancak söz konusu değerlerin türlere ve çevre koşullarına bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (NRC, 1977). Japonya, Kanada, Belçika ve ABD'de insanların günlük arsenik alım miktarının 7 - 273 µg gün<sup>-1</sup> aralığında değiştiği tahmin edilmektedir (WHO, 2000).

Ametal grubunda yer alan selenyum insan ve hayvanlar için eser miktarlarda gerek duyulan bir element olarak bilinmektedir. Toprak ve bitkilerde Se içeriği değişim aralığının oldukça geniş olduğu gözlenmektedir. Toprakların selenyum içeriğinin 0.005- 3.5 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği ve ortalama 0.33 mg kg<sup>-1</sup> olduğu bildirilmiştir. Selenyumun toprakta selenat, selenit ve selenyür formlarında bulunmalarını etkileyen faktörler arasında pH ve oksidasyon potansiyeli önemli yer tutmaktadır. Selenatlar özellikle nötral ve alkalın topraklarda inorganik formlarda mobil ve selenyür asit topraklarda oldukça immobil bir özellik sergilemektedir. Bitkilerin çoğunluğu için yaprak selenyum içeriğinin 25- 100 µg kg<sup>-1</sup> aralığında bulunduğu, yüksek düzeylerde selenyum biriktirme özelliğine sahip bazı bitkilerde ise 1000 mg kg<sup>-1</sup> üzerinde

değerlere rastlanabildiği belirtilmektedir. Selenyum için günlük tolere edilebilir alım seviyesi <400 µg'dır Selenyum toksisitesi, vücut ağırlığında azalma, saç kaybı, dermatit, tırnak deformasyonları ve diğer bazı rahatsızlıklarla gözlenmektedir (Kabata ve Mukherjee, 2007).

Toprak su içeriğinin bitki gelişimi ve kimyasal içeriğini belirleyici faktörlerden biri olması, pek çok araştırmacıyı su stresinin besin elementi alınımına etkileri üzerine yoğunlaşmasına yol açmıştır. Dolayısıyla besin elementi olarak tanımlanmayan ya da düşük miktarlarda gerekli olduğu değerlendirilen diğer elementlerin son üründe birikimine ilişkin yeterli düzeyde çalışmanın ve verinin bulunmadığı gözlenmektedir. Bu çalışma da; sodyum selenit ve sodyum arsenat heptahidrat uygulamalarına yer verilmiş bir toprakta yetiştirilen ayçiçeği bitkisinden elde edilen ham yağ arsenik ve selenyum içeriğinin, farklı sulama düzeyleri için nasıl bir değişim göstereceğinin belirlenmesini amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ağır metal elementleri yanında yarı-metal arsenik ve metal olmayan selenyumun bitkilerin kök, gövde ve yaprak dokuları ile son ürünlerde birikimi üzerine yapılan çalışmaların yoğun bir şekilde sürdüğü gözlenmektedir.

Araştırmasında Cr ya da diğer ağır metal elementlerini biriktirme potansiyelinin yüksek olduğu bilinen 10 farklı bitki türüne ve Cr(III) ve Cr(VI) formlarının kullanımına yer veren Mei vd. (2002), soya ve ayçiçeğinin Cr'a daha toleranslı olduğunu bildirmiştir. Soya bitki kök, gövde ve yapraklarındaki Cr konsantrasyonlarını (sırasıyla 20 000, 7400, 1300  $\mu\text{g g}^{-1}$ ), 1 mM Cr(III) uygulaması için ayçiçeğine göre (14 000, 900 ve 460  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) daha yüksek bulmuşlar ve soya gövde ve yapraklarındaki bu yüksekliğin Cr(VI) uygulaması için de geçerli olduğunu belirtmişlerdir.

Gulz (2002) tarafından, sodyum arsenat heptahidrat kullanılarak yapay olarak kirletilen iki farklı toprakta ayçiçeği, mısır, ingiliz çimi ve kolza bitkileri yetiştirilmiş ve bitkilerde arsenik birikimi incelenmiştir. Çalışmada, çözünebilir As konsantrasyonu 0.02 mg  $\text{kg}^{-1}$  olan siltli toprağa 110, 180, 225 ve 255 mg  $\text{kg}^{-1}$  ve çözünebilir As konsantrasyonu 2.8 mg  $\text{kg}^{-1}$  olan kumlu toprağa ise 25 ve 60 mg  $\text{kg}^{-1}$  düzeylerinde As uygulanarak, çözünebilir As konsantrasyonlarının söz konusu topraklarda sırasıyla 1.1, 2.8, 4.7 ve 7.1 ve 4.2 ve 6.9 mg  $\text{kg}^{-1}$  olması sağlanmıştır. İncelenen bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımları itibariyle en yüksek As birikimi köklerde gerçekleşmiştir. Arsenik içeriği mısır tohumları için kumlu toprakta 0.1- 0.2 mg  $\text{kg}^{-1}$ , ayçiçeği tohumları için ise sitli toprakta 0.4- 0.6 mg  $\text{kg}^{-1}$  ve kumlu toprakta 1.0- 1.2 mg  $\text{kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir.

Geniş ve sık bir aralıkta değişen sodyum selenit (0, 0.1, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 10, 15, 20, 25  $\mu\text{g Se g}^{-1}$ ) uygulamalarıyla yapay olarak kirletilmiş siltli-tın bir toprakta yetiştirilen hardal, buğday, mısır ve pirinç bitkilerinde kritik Se düzeylerini araştıran Rani vd. (2005); saksı kuru madde verimlerinin Se uygulamaları için hardalda 5.9- 0.4 g, mısırdaki 12.4- 1.2 g, buğdayda 5.5- 0.6 g ve pirinçte 16.5- 3.9 g aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Kuru madde temelinde hardal, mısır ve buğdayın toprağa uygulanan 4-5  $\mu\text{g g}^{-1}$  ve pirincin ise 10

$\mu\text{g g}^{-1}$  Se'u tolere edebildiği belirtilmiştir. Bitki toprak üstü kısımlarının Se içerikleri ise uygulama düzeyinin artmasıyla; hardalda  $0.55 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dan  $136.86 \mu\text{g g}^{-1}$ 'a, mısırdan  $1.90 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dan  $161.21 \mu\text{g g}^{-1}$ 'a, buğdayda  $0.38 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dan  $52.89 \mu\text{g g}^{-1}$ 'a ve pirinçte  $1.28 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dan  $57.97 \mu\text{g g}^{-1}$ 'a yükselmiştir. Hardal, mısır ve pirinç için toprağa  $1.5 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dan ve buğday için  $3.0 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dan daha yüksek Se uygulamalarının hayvan tüketimi için toksik sayılabilecek düzeyde ( $> 5 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dan Se içeren bitkiler üretilmesine yol açtığı bildirilmiştir.

Çin'in güneyinde bulunan Hunan eyaletinde arsenik maden ocağı yakınındaki 39 - 299  $\text{mg kg}^{-1}$  aralığında As içeren bölge topraklarında yetişen 16 kuzgun otu (*Pteris vittata*) ve 8 eğrelti otu (*Pteris cretica*) türünde arsenik birikiminin belirlenmesi amacıyla Wei ve Chen (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada; bitki toprak üstü kısımlarındaki arsenik konsantrasyonu, biyoakümülyasyon ve translokasyon faktörleri incelenmiştir. Kuzgun otu ve eğrelti otu bitkilerinin As konsantrasyonları sırasıyla  $3-704 \text{ mg kg}^{-1}$  ve  $149-694 \text{ mg kg}^{-1}$ , biyoakümülyasyon faktörleri 0.06- 7.43 ve 1.34- 6.62 ve translokasyon faktörleri 0.17- 3.98 ve 1.0-2.61 aralıklarında bulunmuştur. Bitkilerin arsenik biriktirme yeteneğine sahip oldukları bildirilmiştir.

Hidrofonik ortamda  $30 \text{ mg l}^{-1}$  konsantrasyonlarındaki Cd, Cr ve Ni elementlerinin alımı üzerine  $0.265 \text{ mg l}^{-1}$  konsantrasyonundaki EDTA'nın etkisi, sözkonusu elementlerin alımı ve taşınımı üzerine As ( $30 \text{ mg l}^{-1}$ ) elementinin etkisi, Cd, Cr, Ni ve As elementleri ile Cd, Cr, Ni, As ve Fe ( $30 \text{ mg l}^{-1}$ ) elementlerinin birleşik etkilerinin incelendiği ve iki ayçiçeği çeşidinin yer aldığı bir çalışmada; Sundance ayçiçeği çeşidinin EDTA kullanılmadığı durumda elementlerin alımının  $\text{Cr} > \text{Cd} > \text{Ni}$ ,  $\text{Cr} > \text{Cd} > \text{Ni} > \text{As}$  ve  $\text{Fe} >> \text{As} > \text{Cd} > \text{Ni} > \text{Cr}$ , EDTA kullanıldığı durumda ise  $\text{Cr} > \text{Cd} > \text{Ni}$  ve  $\text{Fe} >> \text{As} > \text{Cd} > \text{Cr} > \text{Ni}$  şeklinde değiştiği belirtilmiştir (January vd. 2008). Ayrıca As alımı ve translokasyonunun diğer elementlerden etkilenmediği bildirilmiştir.

Hidrofonik ortamda 0, 15 ve  $30 \text{ mg l}^{-1}$  Ni ve Pb için ayçiçeğinin fitoekstraksiyon etkinliğini EDTA kullanarak araştıran Mukhtar vd. (2010); bitki sürgün ve kök kuru ağırlıkları ve uzunluklarının, klorofil içeriği ve fotosentez aktivitesinin azaldığını belirlemiştir. İncelenen elementler için yaprak konsantrasyonlarının kontrol uygulamasında belirleme limitlerinin altında kaldığı ve EDTA kullanılmadığı

durumda Ni'in 16.44 ve 19.43 mg kg<sup>-1</sup> ve Pb'un 23.71 ve 26.72 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlendiği bildirilmiştir.

Toprağa farklı düzeylerde Cd (0, 10, 20, 30 ve 40 mg dm<sup>-3</sup>), Zn ve Cu (0, 20, 40, 60 ve 80 mg dm<sup>-3</sup>) uygulamalarının ayçiçeği bitkisinde yükseklik ve kuru madde ile söz konusu elementlerin kök, gövde ve yaprakta birikimi üzerine etkilerini inceleyen Chavez vd. (2011); bitki kuru madde miktarının önemli düzeyde etkilenmediğini belirtmiştir. Artan ağır metal uygulamaları itibariyle, bitki yaprak Zn (18.40 - 76.25 mg kg<sup>-1</sup>) ve Cd (0 - 59.18 mg kg<sup>-1</sup>) içeriklerinin artarken Cu (0.28 - 2.68 mg kg<sup>-1</sup>) için anlamlı bir değişim bulunamamıştır.

Skarpa (2013) tarafından, insan ve hayvanların beslenmesinde küçük miktarda gerekli bir iz element olarak değerlendirilen Se'un yaprak gübrelemesi ile bitkilere uygulanmasının etkileri incelenmiştir. Ayçiçeği bitkisinin R1 gelişme dönemi başlangıcında 0.16 ve 0.5 g Se l<sup>-1</sup> içeren sodyum selenit (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) çözeltileri 50 ve 150 gr Se ha<sup>-1</sup> düzeylerinde uygulanmıştır. Selenyum uygulamaları bitki R2 gelişme dönemi itibariyle biyokütlenin Se içeriğini artırmış ve yapraktaki artış 7 kattan fazla gerçekleşmiştir. Selenyumun 50 gr ha<sup>-1</sup>lik uygulaması tane verimini olumlu yönde ancak 150 gr ha<sup>-1</sup>lik uygulaması ise olumsuz yönde etkilemiştir. Yine yağ içeriği her iki uygulama için azalmış ancak farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ayçiçeği tanelerinin Se içeriklerinin kontrol uygulaması için 123 µg kg<sup>-1</sup>, 50 gr ha<sup>-1</sup> ve 150 gr ha<sup>-1</sup>lik Se uygulamaları için ise sırasıyla 1616 ve 6005 µg kg<sup>-1</sup> olarak belirlendiği bildirilmiştir.

İspanya'da 1998-Nisan döneminde Aznalcollar pirit madeni toksik atıklarının serbestlenmesi Agrio ve Guadiamar vadilerinin etkilenmesine neden olmuştur. Bu toprakların As, Bi, Cd, Cu, Mn, Pb, Sb, Tl ve Zn konsantrasyonlarının, komşu etkilenmemiş topraklardan daha yüksek olduğunu belirten Murillo ve ark., (1999) ; ayçiçeği bitkisi Zn, As, Cd, Pb konsantrasyonlarının etkilenmemiş topraklarda sırasıyla 24.3, 13.9, 152, 363 mg kg<sup>-1</sup> ve etkilenmiş topraklarda sırasıyla 98, 20.6, 500, 634 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlendiğini bildirmişlerdir. Söz konusu kazadan 2 yıl sonra bölgede etkilenmiş ve etkilenmemiş alanlarda ayçiçeği bitkilerinin elementel içeriklerini (Mn, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Tl, Fe) inceleyen bir diğer araştırma grubu (Madejon vd., 2003); kurdukları tarla denemelerinden gelişmenin V4 ve R8



dönemleri itibariyle kökleri de içeren tam bitki örneklemeleri yapmışlardır. Etkilenmiş alanlarda V4 dönemi itibariyle bitki toprak üstü ve kök ağırlıkları önemli düzeyde daha küçük olmasına rağmen R8 dönemi itibariyle farklılık bulunamamıştır. Yağ içeriği etkilenmiş alanlarda daha yüksektir. Tohum As içeriği etkilenmemiş alanlarda  $12.2 \pm 2.4 \mu\text{g kg}^{-1}$ , etkilenmiş alanlarda ise  $17.3 \pm 4.5 \mu\text{g kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir.

Bitkisel kaynaklı yağlar üzerinde yürütülen çalışmaların daha sınırlı olduğu ve çoğunlukla yöntem ve gıda güvenliğine odaklı olarak gerçekleştirildiği gözlenmektedir. Chen vd. (2003) tarafından, süpermarket ve dağıtıcılardan sağlanan farklı türlere ait (ayçiçeği, sebze, susam, salata, zeytin, üzüm çekirdeği, kanola, mısır, fıstık, domuz ve palmiye) 30 yağ örneğinin arsenik içeriklerinin grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrofotometre ile belirlenmesine yönelik bir çalışmada; tüm yağ örneklerinin As içeriklerinin dedeksiyon limitinin (0.015 ppm) altında olduğu bulunmuştur.

Dugo vd. (2003) tarafından, ticari yağlarda Se içeriğinin belirlenmesine yönelik bir CSP (Cathodic Stripping Potentiometry) yöntemi geliştirilmesi amacını taşıyan çalışmada; söz konusu yöntemle belirlenen değerler grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrofotometre (GFAAS) aracılığı ile belirlenen değerlerle karşılaştırılmış ve tutarlılık düzeyi % 93.5- 107.7 aralığında bulunmuştur. Fıstık, soya, ayçiçeği, pirinç, mısır ile üzüm salkım ve çekirdek yağlarında Se içerikleri GFAAS ile sırasıyla 310.5, 465.7, 228.3, 93.1, 325.5, 153.9 ve 295.2  $\text{ng g}^{-1}$  iken CSP ile 315.2, 459.6, 223.9, 100.3, 332.2, 144.0 ve 293.3  $\text{ng g}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Dugo vd. (2004) tarafından, ticari fıstık, ayçiçeği, soya, mısır, pirinç, üzüm çekirdeği ve fındık yağlarının Cd, Cu, Zn, Pb içeriklerinin dPSA (derivative potentiometric stripping analysis) yöntemiyle belirlenmesi amacıyla yürütülen bir diğer çalışmada; ortalama en düşük Cd ve Pb konsantrasyonları pirinç (0.71 ve 8.60  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) yağında Cu ve Zn konsantrasyonları ise mısır (53.80 ve 51.45  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) yağında belirlenmiştir. En yüksek Cd konsantrasyonu mısır (4.90  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), Pb ve Zn konsantrasyonu fındık (55.61 555.61  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve Cu konsantrasyonu ise soya (674.45  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) yağlarında belirlenmiştir.

Tahsin ve Yankov (2007), tarafından Bulgaristan'ın Plovdia bölgesinde demir dışındaki metallerin üretimiyle ilişkili bir fabrikaya yakın ve uzak iki farklı bölgede yetiştirilen 3 farklı ayçiçeği çeşidinin yağlarında Zn ve Cd'un içerikleri belirlenmiştir. Ayçiçeği yağlarının Cd içeriğinin yıl ve bölge bazında aşırı bir farklılaşma göstermediği ve yine iki bölge arasındaki Zn farklılıklarının çok küçük olduğu belirtilmiş, söz konusu değerlerin Bulgaristan yasal sınır değerlerinin altında olduğu bildirilmiştir.

Marti-Cid vd, (2008), tarafından İspanya'da civa, kurşun, kadmiyum ve arseniğin insanlar tarafından günlük alım miktarlarını belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada; Katalonya'nın 12 şehrinden rastgele temin edilen örnekler içerisinde ayçiçeği yağının As, Cd, Pb ve Hg içerikleri sırasıyla <0.1, 0.165, 0.318, <0.1 ng kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuş ve 70 kg ağırlığındaki bir erkeğin söz konusu elementler için günlük ortalama alım miktarlarının 261.01, 9.8, 45.13, 12.61 µg olduğu tahmin edilmiştir.

Pehlivan vd. (2008), tarafından 6 farklı tür (soya, fındık, badem, zeytin, ayçiçeği ve mısır) yağın 17 örneği üzerinde yürütülen ve Cu, Fe, Mn, Co, Cr, Pb, Cd, Ni ve Zn düzeylerinin belirlenmesini kapsayan bir çalışmada; Ayçiçeği yağlarında söz konusu elementlerin düzeyleri sırasıyla 0.0105 - 0.0231, 0.0061 - 0.0144, 0.0016 - 0.0045, 0.0000 - 0.0040, 0.0005 - 0.0008, 0.0000 - 0.0026, 0.0007 - 0.0045, 0.0015 - 0.0060 ve 0.0184 - 0.0541 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Söz konusu metallerin, üretim işlemleri ve ekipmanları aracılığı ile yağa dahil olabileceği belirtilmektedir

Mendil vd. (2009), tarafından Türkiye'de yemeklik yağların 6 türü (zeytin, fındık, ayçiçeği, mısır yağları ile margarin ve tereyağı) üzerinde 60 örnek kullanılarak Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Co, Cd, Na, K, Ca ve Mg içeriklerinin araştırıldığı bir çalışmada; Pb, Cu, Zn ve Cd düzeyleri ayçiçeği yağları için sırasıyla 0.01, 0.11, 1.10 ve 0.00376 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

Üstbaş vd. (2009), tarafından Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli bölgelerinden toplanan 90 adet ayçiçeği tohumundan elde edilen ham yağlar üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada; bakır, demir, kadmiyum ve kurşun içerikleri belirlenmiştir. Ham yağlarda Pb içeriği 0.1 - 0.7 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişirken kadmiyum içeriğinin ortalama 0.03 -

1.75 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunduğu ve Fe ve Cu içeriklerinin ise bazı örneklerde sınır değerleri aştığı (eski tebliğ:2002/63) bildirilmiştir.

Angelova vd. (2012) tarafından kirlenmiş bir toprakta (Zn, Pb ve Cd; 1430.7, 876.5 ve 31.4 mg kg<sup>-1</sup>) kompost ve vermikompost (% 5 ve %10) kullanımının, ayçiçeği bitkisinin fitoremediasyon etkinliği üzerine etkilerini belirlemek üzere gerçekleştirilen bir çalışmada; kök, gövde, yaprak, tohum, yağ ve yağ ekstraksiyonu sonrası son üründe Pb, Zn, Cu ve Cd belirlemeleri yapılmıştır. Söz konusu ağır metaller en yüksek yapraklarda belirlenerek sırasıyla 449.5, 793.1, 46.7 ve 206.9 mg kg<sup>-1</sup> ve tohumlardaki ağır metal birikiminin kök ve yapraklara göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Yağda ağır metal düzeylerinin (Pb: 0.28, Zn: 0.25, Cu: 3.37 mg kg<sup>-1</sup> ve Cd: dedeksiyon limitinin altında) son derece düşük olmasının, tohumlardaki ağır metallerin önemli kısmının tohum gelişimi süresince yağa transfer olmadığını gösterdiği ileri sürülmektedir.

Bitkiler gelişmeleri için gerekli besin elementlerinin çoğunu suda çözünmüş olarak bitki kökleriyle alırlar (Kacar ve Katkat, 2007). Farklı su stresi uygulamalarının mısır bitkisi üzerine etkilerini araştıran Rui vd. (2005), artan su stresinin bitki kuru ağırlıklarında ve yaprakların Cu içeriğinde azalmaya neden olduğu ve bitkinin farklı aksamalarında Ca, Mg, Mn içeriklerini arttırdığını bildirmişlerdir.

Tarla kapasitesi'nin % 20, 40, 60 ve 80'i düzeylerinde su uygulamalarına yer verilen bir çalışmada stres düzeyinin artması ile bitki kök, gövde ve yapraklarında Mg, Mn ve Zn miktarlarının arttığı, yapraklarda Cu konsantrasyonunun ise azaldığı bildirilmiştir (Bin vd., 2005).

Doğan (2006) tarafından orta ve şiddetli düzeyde su stresi uygulanarak yetiştirilen fasulye bitkisinde, şiddetli su stresi uygulamasının bitki K, Mg, Ca ve Fe içeriğini azalttığı, Zn ve Mn içeriklerini ise arttırdığını belirlenmiştir. Çinko ve Mn içeriği, kontrol bitkilerinde sırasıyla 3.714 ve 0.505 µg g<sup>-1</sup> ve şiddetli stres uygulanan bitkilerde ise 5.738 ve 0.579 µg g<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur.

Alaboz (2013), tarafından sodyum selenit (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) ve sodyum arsenat heptahidrat (Na<sub>2</sub>HAsO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) ile yapay olarak kirletilmiş bir toprakta yetişen ayçiçeği ve mısır

bitkileri yaprak spektral yansıma verileri ile arsenik ve selenyum içeriği arasındaki ilişkinin sulama düzeylerine bağlı değişiminin incelendiği çalışmada; ayçiçeği yaprak As içeriklerinin; gelişme döneminde 3.537- 3.973 mg kg<sup>-1</sup> ve hasat döneminde 10.173- 11.790 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği, yaprak Se içeriklerinin ise gelişme dönemi için 7.610- 9.030 mg kg<sup>-1</sup> ve hasat döneminde 6.278- 9.959 mg kg<sup>-1</sup> aralığında bulunduğu belirtilmiştir. Su kısıntının genel olarak yaprak As içeriğinde azalışa, Se içeriğinde ise artışa neden olduğu bildirilmiştir.

Hepaksoy vd.,(2013) tarafından 7 günlük aralıklarla 3 farklı sulama suyu düzeyine (A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarının % 0 (S0), % 50 (S1) ve % 100'si (S2)) yer verilen bir çalışmada; iki nar çeşidinde (İzmir 1499 ve İzmir 1513) yaprak N, P, K, Ca ve Mg içeriklerinin değişimi incelenmiştir. Artan sulama düzeylerinin yaprak ortalama P, K ve Ca içerikleri üzerine etkileri önemsiz bulunurken, N içerikleri S0 için % 1.686, S1 için % 1.669 ve S2 için % 1.480 ve Mg içerikleri ise sırasıyla % 0.229, 0.222 ve 0.253 olarak belirlenmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada, Isparta-Kuleönü'nde Typic Haploxeroll alt grubundaki Serenler serisi (UTM36 S; 293740, 4193876) olarak sınıflandırılan (Akgül vd. 2001) bir arazinin, 0-25 cm derinliğinden alınan killi-tın (% 20.38 kum, % 44.51 silt ve % 35.11 kil) tekstürlü, % 1.19 CaCO<sub>3</sub> ve % 1.76 organik madde içeren, 1:1 toprak-su süspansiyonunda 7.75 pH, 0.300 mmhos cm<sup>-1</sup> elektriksel iletkenliğe sahip, tarla kapasitesi % 28.90 ve solma noktası % 16.04 olan bir toprak kullanılmıştır. Toprağa selenyum ve arsenik ilaveleri sodyum selenit (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) ve sodyum arsenat heptahidrat (Na<sub>2</sub>HAsO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) kimyasalları ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada deneme bitkisi olarak kullanılan ayçiçeği (*Helianthus annuus*) çeşidi Biser CL'dir (Alaboz 2013)

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Saksı denemesi ve ayçiçeği ürün eldesi

Deneme, Süleyman Demirel Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde açık arazi koşullarında, 2 mg Se kg<sup>-1</sup> toprak<sup>-1</sup> (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) ve 10 mg As kg<sup>-1</sup> toprak<sup>-1</sup> (Na<sub>2</sub>HAsO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) uygulamaları ile farklı sulama düzeyleri (Çizelge 3.1) altında ayçiçeği ve mısır yetiştirilmesini kapsayan denemeler üzerinde yürütülen araştırmalardan biridir. Her saksıda 4 mm'lik plastik elekten geçirilmiş 18.5 kg toprağın kullanıldığı ve tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülen çalışmada; ayçiçeği tohumları 24.04.2012 tarihinde 3'er adet ekilmiş ve 22 kg da<sup>-1</sup> amonyum nitrat ile 3 kg da<sup>-1</sup> monoamonyum fosfattan oluşan temel gübreleme yapılmış ve tek bitki bırakılan seyreltme sonrası 12.06.2012 tarihinde üst gübre olarak 22 kg da<sup>-1</sup> amonyum nitrat gübresi uygulanmıştır.

Çizelge 3.1. Sulama düzeyleri

Sulama Konusu	Uygulama Miktarı
S <sub>1</sub>	Toprak nem içeriğinin tarla kapasitesi düzeyine çıkarılması
S <sub>2</sub>	0.9 S <sub>1</sub>
S <sub>3</sub>	0.8 S <sub>1</sub>
S <sub>4</sub>	0.7 S <sub>1</sub>

Ayçiçeği bitkilerinin yaklaşık 15- 20 cm yüksekliğe ulaşmasına kadar, watermark nem sensörlerinden yararlanılarak, yarıyıllı nemin % 50±10 tüketildiğinde (tarla kapasitesi ve solma noktası; % 28.90 ve 16.04) nem açığının tamamının verilmesi ve daha sonra kısıntılı sulama uygulamalarına geçilmesi söz konusudur. Bitkilerde zararlılarla mücadele amacıyla decis kullanılmış ve ayçiçeği tablalarında kuş zararının önlenmesi amacıyla hasada yakın dönemde bitkiler ağ ve tülbent ile koruma altına alınmıştır (Alaboz 2013).

Ayçiçeği tablaları 27.08.2012 tarihinde gövdeden ayrılarak hasat edilmiş ve daha sonra laboratuvara nakledilmişlerdir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Ayçiçeği hasatından kesitler

### 3.2.2. Laboratuvar analiz yöntemleri

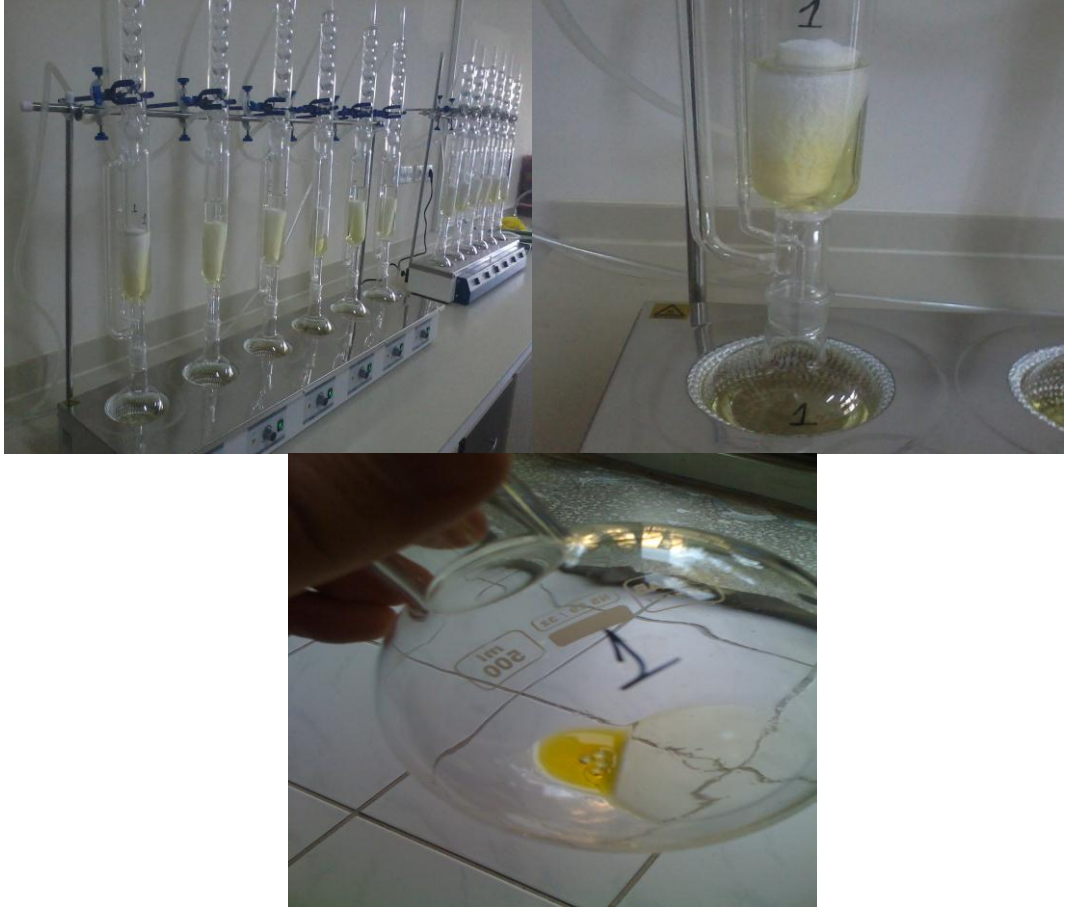
**Verim:** Tablolardan ayrılan ayçiçeği tohumlarının 65°C'de kurutulup tartılması yoluyla saksı verimleri elde edilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

**Yağ İçeriği:** Ayçiçeği tanelerinin kabuklarından ayrılması sonrası (Şekil 3.2), aynı örneklerin 20'şer gramlık 3 altörneği kullanılmış ve 250 ml n-hegzan eşliğinde soxhlet ekstraksiyon cihazı (Şekil 3.3) yardımıyla yağ ekstrakte etme işlemi gerçekleştirilmiştir (Nas vd., 2001).

**As ve Se Analizi:** Yağ örneklerinden 0.7 g'lık kısımlar tartılarak, 10 ml HNO<sub>3</sub> ve 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eşliğinde çizelge 3.1'de verilen program kapsamında Berghof Speedwave DAK100 mikrodalga cihazında (Şekil 3.4) yakılmış ve Çizelge 3.2'de belirtilen dalga boylarında ICP-OES cihazında (Şekil 3.5) belirlenmişlerdir.



Şekil 3.2. Kabuklarından ayrılmış ayçiçeği taneleri



Şekil 3.3. Ayçiçeği danelerinden yağ çıkarma işlemi



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan mikrodalga yakma cihazı





Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan ICP-OES cihazı.

**İstatistik Analiz;** *Minitab 16* istatistik paket programı kullanılarak yağ, verim, As ve Se miktarlarının farklı sulama düzeylerine bağlı değişimleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.2. Mikrodalga yağ yağ yakma programı

	1	2	3
<b>Sıcaklık (C°)</b>	160	190	50
<b>Sıcaklığa Ulaşma Süresi (dak.)</b>	5	3	15
<b>Zaman (dak.)</b>	15	15	10

Çizelge 3.3. Yağ As ve Se dedeksiyon limitleri

<b>Element Adı</b>	<b>Dalga Boyu, <math>\lambda</math></b>	<b>Dedeksiyon Limiti <math>\mu\text{g l}^{-1}</math></b>
<b>As</b>	189.042	7.9
<b>Se</b>	196.090	9.6

## 4. ARAŞTIRMA BULGULAR

### 4.1. Verim

Farklı düzeylerde sulama suyu miktarlarının ayçiçeği verimi üzerine etkileri çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Uygulamalar arasında en yüksek tane verimi S<sub>2</sub>'de (62.61 g bitki<sup>-1</sup>) yani tarla kapasitesine göre nem açığının % 90'ı düzeyinde su verilen uygulamadan elde edilmiştir. En düşük tane verimi ise, S<sub>4</sub> (52.11 g bitki<sup>-1</sup>) uygulaması için bulunmuştur. Tane veriminde S<sub>1</sub>, yani nem açığının tamamen giderilmesi uygulamasına göre kısmi bir artışın söz konusu olduğu S<sub>2</sub> uygulaması ile S<sub>4</sub> uygulamaları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli (P< 0.01) olduğu belirlenmiştir. Artan su kısıtının verim üzerine azaltıcı etkisi, S<sub>2</sub> ve S<sub>4</sub> uygulamaları arasında açık bir şekilde gözlenmiştir. Tüm uygulamaların verim değerleri göz önüne alındığında sadece S<sub>4</sub> uygulamasının ortalama verimin altında kaldığı görülmüştür.

Akkaya (2006), tarafından bazı çerezlik ayçiçeği çeşitlerinde ekim zamanı ve bitki sıklığının, verim ve kalite özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; verimin 40.6 - 56.9 g bitki<sup>-1</sup> arasında değiştiği bildirilirken, Kolsarıcı (2004), tarafından farklı gelişme dönemlerinde (çimlenme ve çıkış, vejetatif gelişme, sapa kalkma, çiçeklenme başlangıcı, tane oluşumu) sulama uygulamalarının verim öğelerine etkilerinin araştırıldığı diğer bir çalışmada; hiç sulama yapılmayan uygulama ile çimlenme dönemi hariç diğer gelişme dönemlerinde sulama yapılan uygulamalarda tane verimi sırasıyla 66.20 ve 118.11 g bitki<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Sulama uygulamasının verim üzerindeki olumlu etkilerine ilişkin söz konusu bulgular çalışma sonuçlarını desteklemektedir.

Çizelge 4.1.Farklı düzeylerde sulama suyu miktarının ayçiçeği verimi üzerine etkisi, g bitki<sup>-1</sup>.

Uygulama	Verim
S <sub>1</sub>	57.23 Ab
S <sub>2</sub>	62.61 A
S <sub>3</sub>	57.36 Ab
S <sub>4</sub>	52.11 B
<b>Ort.</b>	<b>57.33</b>
<b>Varyasyon</b>	<b>F= 6.86</b>
<b>Kaynakları</b>	<b>P =0.003</b>

## 4.2. Ham Yağ İçeriği

Ayçiçeği tohumu ham yağ içeriği üzerine farklı sulama suyu miktarlarının etkileri çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Ayçiçeği tohum yağ içeriğinin sulama uygulamaları için % 58.98- 60.65 arasında değiştiği ve en yüksek yağ içeriğinin her sulamada nem açığının tümüyle giderildiği S<sub>1</sub> uygulamasında elde edildiği gözlenmiştir. Sulama uygulamaları ile tohum ham yağ içeriği değerlerinin değişimi arasında düzenli bir değişim bulunamamış ise de, en düşük ham yağ içeriğinin her sulamada nem açığının % 70 düzeyinde giderildiği S<sub>4</sub> uygulamasında elde edilmiş olması ve bunun yanı sıra S<sub>2</sub> ve S<sub>3</sub> uygulamalarının S<sub>1</sub>'den daha düşük değerler vermesi, kısıntılı su uygulamanın ham yağ içeriğini azalttığını göstermektedir. Ancak ayçiçeği tohum ham yağ içeriği üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Sulama ve ayçiçeği tohum ham yağ içeriği ilişkisinin incelendiği çalışmalarda; sulama zamanı, su miktarı, sulama yöntemi ve ayçiçeği çeşidi konularına yer verildiği görülmektedir. Bitkinin farklı dönem ve dönemlerde sulanması, toprakta eksilen nemin tamamının karşılandığı veya bir kısmının karşılandığı kısıntılı su uygulamaları ve farklı sulama yöntemleri ham yağ içeriğini etkileyebildiği gibi çeşitlerin bu uygulamalara tepkileri de farklı olabilmektedir. Kaya (2006) tarafından farklı gelişme dönemlerinde uygulanan sulamaların üç farklı ayçiçeği çeşidinde (Sanbro, Tarsan-1018, Özdemirbey) verim ve verim öğeleri ile yağ, protein oranı üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; tane iç ham yağ oranının 2002 yılı için en düşük Tarsan-1018 (% 43.65) için vejetatif gelişme+tabla oluşumu+çiçeklenme başlangıcı dönemlerinde yapılan 3 sulama (R5) uygulaması ve en yüksek

Çizelge 4.2. Ayçiçeği % yağ oranı

Uygulama	Ayçiçeği % yağ
S <sub>1</sub>	60.65
S <sub>2</sub>	59.53
S <sub>3</sub>	60.47
S <sub>4</sub>	58.98
<b>Ort.</b>	59.91
<b>Varyasyon</b>	F= 0.55
<b>Kaynakları</b>	P =0.264

Özdemirbey (% 57.35) için çiçeklenme başlangıcında yapılan tek sulama ile elde edildiği bildirilmiştir. 2003 yılı için ise en düşük Tarsan-1018 (% 45.00) çeşidi ve R5 uygulaması ve en yüksek Özdemirbey (% 59.75) çeşidi sulama yapılmayan (R0) uygulama için bulunduğu belirtilmiştir. Aynı yıl için Sanbro ve Tarsan-1018 çeşitlerinde artan sulama ile birlikte ham yağ oranında bir azalma olduğu belirtilmiştir.

Sezen vd. (2011) tarafından yapılan başka bir çalışmada, yağmurlama ve damlama sulama yöntemi ile farklı düzeylerde sulama yapılarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin tam sulama uygulamalarında tohum ham yağ içerikleri yüksek bulunmuş ve sulama kısıntısının ilerlemesi ile yağ içeriklerinde düşüşler görülmüştür. İncelenen iki yıl itibariyle, en yüksek yağ içeriklerinin % 45.8 ve 46.1 ile damla sulamanın tam sulama dozunda ve en düşük ise % 34.7 ve 35.6 ile sadece doğal yağmur uygulamasında belirlendiği bildirilmiştir.

### **4.3. Yağ, Arsenik ve Selenyum İçeriği**

Farklı düzeylerde sulama suyu uygulamaları altında yetiştirilen ayçiçeği bitkileri tohumlarından elde edilen ham yağların arsenik ve selenyum içerikleri çizelge 4.3' de gösterilmiştir. Uygulamalar için 1.08 - 1.29 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenen As miktarları en düşük S<sub>4</sub> en yüksek S<sub>2</sub> sulama düzeylerinde belirlenmiştir. Selenyum miktarları ise 0.85 – 0.99 mg kg<sup>-1</sup> ile en düşük S<sub>4</sub> en yüksek S<sub>2</sub> uygulamalarında olup incelenen her iki element için de uygulamalar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Sulama suyu miktarındaki azalışın ham yağ As ve Se içeriğinde genel olarak bir azalışa neden olduğu gözlenmiştir. İncelenen her iki element için de S<sub>2</sub> uygulamasında hafif bir artış ve daha sonraki uygulamalarda azalış şeklinde bir değişim söz konusudur.

31.05.2005 tarih ve 25831 sayılı toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliğine göre kirlenmiş toprakta arıtma sonucu uyulması gereken sınır değer As için 20 mg kg<sup>-1</sup> iken, Se için 5 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirtilmiştir. Genel olarak toprakların As içerikleri 0.2 - 40 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişir ve çalışma toprağı As içeriği (8.72 mg kg<sup>-1</sup>) bu aralıkta yer almaktadır. Konuyla ilgili kimi çalışmalarda bitki yapraklarında belirlenen ağır

metal konsantrasyonlarının, aynı ağır metallerin topraktaki konsantrasyonlarından daha yüksek bulunması; bu çalışmada toprak Se içeriği dedeksiyon limitinin altında ( $9.6 \mu\text{g l}^{-1}$ ) iken ham yağda belirlenebilir düzeyde olmasını açıklar niteliktedir. Keza topraklarda Se içeriği için verilen ortalama değer ( $0.33 \text{ mg kg}^{-1}$ ) de düşüktür.

Çizelge 4.3 Ayçiçeği yağ arsenik ve selenyum içeriği,  $\text{mg kg}^{-1}$ .

Uygulama	As		Se	
S <sub>1</sub>	1.20		0.95	
S <sub>2</sub>	1.29		0.99	
S <sub>3</sub>	1.17		0.91	
S <sub>4</sub>	1.08		0.85	
<b>Ortalama</b>	1.19		0.93	
<b>Varyasyon kaynakları</b>	P	F	P	F
<b>Uygulama</b>	0.063	3.19	0.203	1.79

Yapılan çalışmalarda su stresinin etkilerinin, bitkilerce çeşitli elementlerin alımında farklılık gösterebildiği izlenmektedir. Keza artan su stresinin yapraklarda Cu içeriğinde azalmaya ve Mg ve Mn içeriklerinde ise artışa neden olduğu bildirilmektedir (Rui vd., 2005; Bin vd., 2005). Yine Doğan (2006) tarafından fasulye bitkisinde şiddetli su stresi uygulamasının; K, Mg, Ca ve Fe içeriklerini azalttığı ve Zn ve Mn içeriklerini ise artırdığı belirlenmiştir. Kontrol uygulamasında.  $3.714$  ve  $0.505 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenen Zn ve Mn içerikleri şiddetli stres uygulanan bitkiler için sırasıyla  $5.738$  ve  $0.579 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Diğer taraftan bitki yapraklarındaki ve tohumdaki As miktarlarının uygulamalara bağlı olarak her zaman paralellik göstermediği gözlenmektedir. Gulz (2002) tarafından, siltli tın ve kumlu tın topraklarda yetiştirilen ayçiçeği, mısır, ingiliz çimi ve kolza bitkileri arsenik birikiminin incelendiği çalışmada; ayçiçeği için kumlu tın toprakta, uygulanan As miktarındaki artışa bağlı olarak yaprak As içeriği azalırken yağdaki artmıştır.

Arsenik ve Se'un bitki tarafından alımında toprakta fosfor konsantrasyonunun önemli olduğuna ilişkin çalışmalarda; fosfat ile arsenat ve selenit anyonlarının absorpsiyonundaki rekabete değinilmektedir. Bu kapsamda Nakamaru ve Sekine (2008) tarafından yürütülen bir saksı denemesinin, toprakta elverişli fosfatın yüksek miktarda bulunması ve/veya düşük fosfat adsorpsiyon kapasitesinin bitki için Se ve Sb'nun elverişliliğini artırdığını gösterdiği bildirilmektedir. Diğer taraftan farklı fosfat kaynakları kullanılarak ayçiçeği bitkisinin As alımı üzerine etkilerinin

araştırıldığı bir başka çalışmada; fosfat ilavesinin toprakta çözünebilir P ve As konsantrasyonlarını artırdığı bildirilmektedir (Gulz, 2002).

Üstbaş vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli bölgelerinden toplanan 90 ayçiçeği tohumu örneği kullanılmıştır. Yağlarda Pb içeriği 0.1-0.7 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişirken kadmiyum içeriği ortalama 0.03-1.75 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Yine Angelova vd. (2012) tarafından kirlenmiş bir toprakta gerçekleştirilen çalışmada; kök, gövde, yaprak, tohum, yağ ve posada Pb, Zn, Cu ve Cd miktarları belirlenmiş ve söz konusu değerler kontrol uygulaması için yağda 0.28, 0.25, 3.37 mg kg<sup>-1</sup> ve Cd, dedeksiyon limitinin altında ve posada 4.1, 197.8, 28.5 ve 12.5 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Ayrıca tohumlardaki iz elementlerin hemen hemen tümünün tohumun kırılmasından sonra posaya transfer olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla, çalışmamızda değerlerin yüksek çıkmasının yağ çıkarma işleminin tümüyle kabuktan ayrılmış iç kısımlar üzerinde yürütülmesiyle ilişkili olabileceği değerlendirilmektedir. Kaldı ki yağların element içeriği üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu işlem görmüş ve piyasada tüketime sunulmuş ürünler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Dugo vd. (2003) tarafından, fıstık, soya, ayçiçeği, pirinç, mısır ile üzüm salkım ve çekirdek yağlarında Se içeriğinin CSP (Cathodic Stripping Potentiometry) yöntemiyle belirlenmesi ve elde edilen verilerin grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile tutarlılığının incelenmesi şeklinde gerçekleştirilen bir çalışmada; ayçiçeği ve mısır yağı Se içerikleri sözkonusu yöntemler için 228.3 ve 325.5 ng g<sup>-1</sup> ve 223.9 ve 332.2 ng g<sup>-1</sup> olarak bulunmuşlardır. Yine İspanyada Hg, Pb, Cd ve As'in insanlar tarafından günlük alım miktarlarını belirlemek amacıyla Marti-Cid vd. (2008), tarafından yapılan çalışmada; ayçiçeği yağının As, Cd, Pb ve Hg içerikleri sırasıyla <0.1, 0.165, 0.318, <0.1 ng kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

Pehlivan vd. (2008), ayçiçeği yağlarının Cu, Fe, Mn, Co, Cr, Pb, Cd, Ni ve Zn içeriklerini sırasıyla 0.0114-0.0231, 0.0061-0.0144, 0.0016-0.0045, 0.0000-0.0040, 0.0005-0.0008, 0.0000-0.0026, 0.0007-0.0045, 0.0015-0.0060 ve 0.0184-0.0541 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlerken, Mendil vd. (2009) tarafından, Türkiye'de yemeklik yağların 6 türü (zeytin, fındık, ayçiçeği, mısır yağları ile margarin ve tereyağı) üzerinde 60 örnek kullanılarak gerçekleştirilen bir başka çalışmada Pb, Cu, Zn ve Cd düzeyleri

ayçiçeği yağları için sırasıyla 0.01, 0.11, 1.10 ve 0.00376 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Görüldüđü gibi aynı elementler için bulunan değerler arasında önemli farklılıklar söz konusudur.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sodyum selenit ve sodyum arsenat heptahidrat uygulanmış killi tın bünyeli bir toprakta; farklı sulama düzeylerinin ayçiçeği tohum verimi, ham yağ içeriği ve ham yağda As ve Se içerikleri üzerine etkilerinin incelendiği bu çalışmada; tabla verimleri 52.11 - 62.61 gr arasında değişmiş ve en düşük miktarda sulama suyu verilen S<sub>4</sub> uygulamasında istatistiksel olarak önemli bulunan bir azalış belirlenmiştir. Ham yağ içerikleri, uygulamalar için % 58.98 - 60.65 aralığında bulunmuş, en yüksek S<sub>1</sub> ve en düşük S<sub>4</sub> uygulamaları için elde edilmiştir. Sulama suyu miktarındaki azalış, ham yağ içeriğinde düşüşe neden olmakla birlikte farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ham yağlarda belirlenen As ve Se içerikleri 1.08 - 1.26 mg kg<sup>-1</sup> ve 0.85 - 0.99 mg kg<sup>-1</sup> aralıklarında değişmiştir. Her iki element için de özellikle S<sub>4</sub> uygulaması için elde edilen değerler en düşüktür ancak uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmamıştır (P>0.05). Genel olarak değerlendirildiğinde uygulanan sulama suyu miktarındaki azalışla; verim, ham yağ içeriği ve ham yağ As ve Se içeriği azalışları birbirleriyle paralellik göstermiştir. Bitki su tüketiminin yüksek olduğu dönemler ve daha yüksek düzeydeki su kısıtı uygulamalarına yer verilen çalışmaların yapılması insan sağlığı ve ıslah konularıyla ilgili daha net verilerin elde edilebilmesi bakımından önemli bulunmuştur.



## KAYNAKLAR

- Akgül, M., Başayığıt, L., Uçar, Y., Müjdecı, M., 2001. Atabey Ovası Toprakları. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 15, Araştırma Serisi Yayın, 1, Isparta.
- Akkaya, İ., 2006. Çerezlik Ayçiçeği Çeşitlerinde Ekim Zamanı ve Bitki Sıklığının Verim ve Kalite Özellikleri. Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, 143s, Bursa.
- Alaboz, P., 2013. Ayçiçeği ve Mısır Bitkilerinde Arsenik ve Selenyum İçeriği ile Spektrometre Yansıma Değerleri İlişkisinin Farklı Sulama Düzeylerine Bağlı Değişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 40s, Isparta.
- Angelova, V.R., Ivanova, R.V., Ivanov, K.I., Perifanova-Nemska, M.N., Uzunova, G.I., 2012. Potential of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) for Phytoremediation of Soils Contaminated with Heavy Metals. Firth International Conference BALWOIS 2012 on Water, Climate and Environment, 28 May-2 June 2012.
- Bin, W. G., Quan. Y.A., Liang, C.F., Mao, J., Xia, P. J., 2005. The Effect of Water Stress on Nutrient Element Contents in Root, Stem and Leaf of Ginko. Journal of Nanjing Forestry University. 06-004. (Abstract).
- Chaves, L.H.G., Estrela, M.A., De Souza, R.S., 2011. Effect on Plant Growth and Heavy Metal Accumulation by Sunflower. Journal Of Phytology, 3 (12), 04-09.
- Chen, S.S., Cheng, C.C., Chou, S.S., 2003. Determination of Arsenic in Edible Oils by Direct Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry. Journal of Food and Drug Analysis, 11 (3), 214-219.
- Doğan, N., 2006. Su Stresi Altındaki Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitkisinin İyon Alım Mekanizmasının Araştırılması. Marmara üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 86s, İstanbul.
- Dugo, G., Pera, L.L., Pollcino, D., Saitta, M., 2003. Determination of Selenium Content in Different Types of Seed Oils by Cathodic Stripping Potentiometry (CSP). J. Agric. Food Chem, 51 (19), 5598–5601. (Abstract).
- Dugo, G., la Pera, L., La Torre, G.L., Giuffrida, D., 2004. Determination of Cd (II), Cu (II), Pb (II), And Zn (II) Content in Commercial Vegetable Oils Using Derivative Potentiometric Stripping Analysis. Food Chem, 87, (4), 639-645.
- Gulz, P.A., 2002. Arsenic Uptake of Common Crops Plants from Contaminated Soils and Interaction with Phosphate. Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Doctoral Dissertation, 99s, Zurich. Erişim Tarihi: 21.08.2013. <http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:26399/eth-26399-02>.

- Hepaksoy, S., Ahmed Bahaulddin, Yasemin, S. Kukul Kurttaş, Kavaklı, Ş., 2013. Effect of Irrigation Level on leaf Nutrient of Pomegranate varieties. *Soil-Water Journal*, 2 (2), 1393-1398, 1<sup>st</sup> Central Asia Congress on Modern Agricultural Techniques and Plant Nutrition, 01-03 October 2013, Bishkek-Kyrgyzstan.
- January, M.C., Cutright, T.J., Keulen, H.V., Wei, R., 2008. Hydroponic Phytoremediation of Cd, Cr, Ni, As, and Fe: Can *Helianthus annuus* hyperaccumulate multiple metals? *Chemosphere*, 70, 531-537.
- Kabata, A.P., Mukherjee, A.B., 2007. Biogeochemistry of Trace Elements. Part II. Trace elements of Group 16, Selenium. *Trace Elements from Soil to Human içinde* (401-415). Berlin. Erişim Tarihi: 28.02.2014. [http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/10F798CF/Doc\\_TraceElementsSoilHuman\\_Contentts.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/10F798CF/Doc_TraceElementsSoilHuman_Contentts.pdf).
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayınları, 1241, 892s, Ankara.
- Kacar, B., Katkat, V., 2007. Bitki Besleme. Nobel yayınları. No: 849. Fen ve Biyoloji Yayınları Dizisi, 29. Ankara.
- Kaya, M.D., 2006. Farklı Gelişme Dönemlerinde Uygulanan Sulamaların Ayçiçeği (*Helianthus Annuus* L.)' nde Verim ve Verim Öğelerine Etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, 95s., Ankara.
- Kolsarıcı, Ö., 2004. Farklı Gelişme Dönemlerinde Uygulanan Sulamaların Ayçiçeği (*Helianthus Annuus* L.)' nde Verim ve Verim Öğeleri ile Yağ ve Protein Oranına Etkileri. Ankara Üniversitesi, Proje Raporu, <http://acikarsiv.ankara.edu.tr/browse/469/>.
- Madejon, P., Murillo, J.M., Maranon, T., Cabrera, F., Soriano, M.A., 2003. Trace Element and Nutrient Accumulation in Sunflower Plants Two Years After The Aznalcollar Mine Spill. *The Science of the Total Environment*, 307 (1-3), 239–257. (Abstract).
- Marti-Cid, R., Llobet, J.M., Castel, V., Domingo, J.L., 2008. Dietary Intake of Arsenic, Cadmium, Mercury and Lead by the Population of Catalonia, Spain. *Biol Trace Elem Res.*, 125 (2), 120–132. (Abstract).
- Mei, B., Puryear, J. D., Newton, R. J. 2002. Assessment of Cr Tolerance and Accumulation in Selected Plant Species. *Plant and Soil*, 247, 223–231. Erişim Tarihi: 28.02.2014. <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A10215>.
- Mendil, D., Uluözlü, O.D., Tüzen, M., Soylak, M., 2009. Investigation of The Levels of Some Element in Edible Oil Samples Produced in Turkey By Atomic Absorption Spectrometry. *J Hazard Mater*, 165 (1-3), 724-728. (Abstract).

- Mukhtar, S., Bhatti, H.N., Khalid, M., Hao, M.A., Shahzad, S.M., 2010. Potential of Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) For Phytoremediation of Nickel (Ni) and Lead (Pb) Contaminated Water. Pak. J. Bot., 42 (6), 4017-4026.
- Murillo, J.M., Maranon, T., Cabrera, F., Lopez, R., 1999. Accumulation of Heavy Metals in Sunflower and Sorghum Plants Affected by the Guadiamar Spill. The Science of the Total Environment, 242 (1-3), 281-292.
- Nakamaru, Y.M., Sekine, K., 2008. Sorption Behavior of Selenium and Antimony in Soils A Function of Phosphate İon Concentration. Soil Science and Plant Nutrition, 5, 332- 341.
- Nas, S., Gökalp, H.Y., Ünsal, M., 2001. Bitkisel Yağ Teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 005, 329s, Denizli.
- National Research Council (NRC) 1977. Arsenic: Medical and Biologic Effects of Enviromental Pollutants. Washington, D.C.: The National Academies Press. Erişim Tarihi: 28.02.2014. <http://nap.edu/openbook.php?isbn=0309026040>.
- Pehlivan, E., Arslan, G., Gode, F., Altun, T., Özcan, M.M., 2008. Determination of Some İnorganic Metals in Edible Vegetable Oils by İnductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES). Grasas Y Aceites, 59 (3), 239-244.
- Rani, N., Dhillon, K.S., 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.
- Rui, L.Y., Gong, S.F., Hong, X.W., da G.T., 2005. Effects of Water Stress On Contents of Mid- element and Micro Element in Summer Maize (Harvest Stage). Journal of Laiyang Agricultural College. 02-014. (Abstract).
- Sezen, S.M., Yazar, A., Kapur, B., Tekin, S., 2011. Comparison of Drip and Sprinkler İrrigation Strategies on Sunflower Seed and Oil Yield and Quality Under Mediterranean Climatic Conditions. Agricultural Water Management, 98, 1153–1161.
- Škarpa, P., 2013. Fortification of Sunflower Plants (*Helianthus Annuus* L.) with Selenium. Journal of Microbiology. Biotechnology and Škarpa, 2 (Special issue 1), 1569-1579.
- Tahsin, N., Yankov, B., 2007. Research on Accumulation of Zinc (Zn) and Cadmium (Cd) in Sunflower Oil. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4 (1), 109-112.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), 2013. İstatistiksel Tablolar ve Dinamik sorgulama. Erişim Tarihi: 11.09.2013. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001)

- Üstbaş, Y., Taşan, M., Geçgel, Ü., 2009. Trakya Bölgesinde Üretilen Ayçiçeği Tohumu (*Helianthus annuus* L.) Yağlarında Bakır, Demir, Kadmiyum ve Kurşun İçeriklerinin Belirlenmesi. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty. 6 (1), 55-63.
- Wei, C.Y., Chen, T.B., 2006. Arsenic Accumulation by Two Brake Ferns Growing on an Arsenic Mine and Their Potential in Phytoremediation. Chemosphere, 63, 1048-1053.
- World Health Organization (WHO), 2000. Arsenic. Chapter 6.1., Air Quality Guidelines. Erişim Tarihi: 28.02.2014. [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0014/123071/AQG2ndEd\\_6\\_1\\_Arsenic.PDF](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0014/123071/AQG2ndEd_6_1_Arsenic.PDF).
- Zengin, F.K., Munzuroğlu, Ö., 2006. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Fidelerinin Toplam Çözünabilir Protein, Prolin ve Klorofil Miktarları Üzerine Civa Klorürün ( $HgCl_2$ ) Etkileri. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18 (1), 25-30.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yahya SEÇKİN  
Doğum Yeri ve Yılı : Denizli, 1975  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : yahyaseckin@hotmail.com



### Eğitim Durumu

Lise : Ankara Laborant Meslek Lisesi. 1992  
Ön Lisans : Atatürk Üniversitesi. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu.  
Tıbbi Laboratuvar Bölümü. 1997  
Lisans : SDÜ. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü. 2004

### Mesleki Deneyim

Erzurum Veteriner Kontrol Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. 1992-1997  
Isparta Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü 1997-...(halen)

### Yayınları