

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

**AYÇİÇEĞİ VE MISIR BİTKİLERİNDE ARSENİK VE  
SELENYUM İÇERİĞİ İLE SPEKTORADYOMETRE YANSIMA  
DEĞERLERİ İLİŞKİSİNİN FARKLI SULAMA DÜZEYLERİNE  
BAĞLI DEĞİŞİMİ**

**Pelin ALABOZ**

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI  
ISPARTA – 2013**

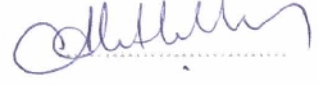
©2013 [Pelin ALABOZ]

## TEZ ONAYI

**Pelin ALABOZ** tarafından hazırlanan " Ayçiçeği ve Mısır Bitkilerinde Arsenik ve Selenyum İçeriği ile Spektrometre Yansıma Değerleri İlişkisinin Farklı Sulama Düzeylerine Bağlı Değişimi "adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**'nda **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. Mehmet Cengiz KAYACAN** .....

## **TAAHHÜTNAME**

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

**Pelin ALABOZ**

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
İÇİNDEKİLER .....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	11
3.1. Materyal.....	11
3.1.1. İklim.....	11
3.1.2. Deneme toprağı.....	12
3.1.3. Deneme bitkileri .....	12
3.1.4. Kirletici elementler .....	12
3.1.5. Spektrometre.....	13
3.2. Yöntem .....	13
3.2.1. Denemelerin kurulması ve yürütülmesi.....	13
3.2.2. Laboratuvar analiz yöntemleri.....	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	18
4.1. Toprak Özellikleri .....	18
4.2. Kuru Madde % .....	19
4.3. Bitki As ve Se İçeriğı .....	20
4.4. Spektral Yansımalar .....	23
4.5. Bitki As ve Se İçeriğı Tahmin Modelleri .....	29
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	33
KAYNAKLAR .....	35
ÖZGEÇMİŞ .....	40

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

# AYÇİÇEĞİ VE MISIR BİTKİLERİNDE ARSENİK VE SELENYUM İÇERİĞİ İLE SPEKTORADYOMETRE YANSIMA DEĞERLERİ İLİŞKİSİNİN FARKLI SULAMA DÜZEYLERİNE BAĞLI DEĞİŞİMİ

Pelin ALABOZ

Süleyman Demirel Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR

Bu çalışmada; sodyum selenit ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) ve sodyum arsenat heptahidrat ( $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ile yapay olarak kirletilmiş killi tın bünyeli bir toprakta yetiştirilen ayçiçeği ve mısır bitkilerinde için yaprak spektral yansıma verileri ile arsenik ve selenyum içeriği arasındaki ilişkinin sulama düzeylerine bağlı olarak nasıl bir değişim gösterdiği araştırılmıştır. Sulama düzeyleri; yarayıslı nemin %  $50 \pm 10$  tüketildiğinde tarla kapasitesi düzeyine göre nem açığının tamamının ( $S_1$ ), % 90 ( $S_2$ :  $0.90 S_1$ ), % 80 ( $S_3$ :  $0.80 S_1$ ) ve % 70'inin ( $S_4$ :  $0.70 S_1$ ) giderilmesi şeklinde uygulanmıştır. ASD FieldSpec HandHeld spektoradyometre cihazı ile bitki probu kullanılarak iki farklı dönemde yaprak spektral yansımaları ölçülmüş ve söz konusu yapraklarda As ve Se içeriği mikrodalga ve ICP-OES kullanılarak belirlenmiştir. Ayçiçeği yaprak As ve Se içerikleri, I. dönem için sırasıyla  $3.537$ -  $3.973 \text{ mg kg}^{-1}$  ve  $7.610$ -  $9.030 \text{ mg kg}^{-1}$  aralıklarında değişirken II. dönemde  $10.173$ -  $11.790 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $6.278$ -  $9.959 \text{ mg kg}^{-1}$  aralıklarında bulunmuştur. Mısır yaprakları As ve Se içeriklerinin ise I. dönemde  $1.288$ - $1.890 \text{ mg kg}^{-1}$  ve  $3.443$ -  $4.272 \text{ mg kg}^{-1}$  II. dönemde  $2.109$ - $2.923 \text{ mg kg}^{-1}$  ve  $3.459$ -  $4.663 \text{ mg kg}^{-1}$  aralıklarında değiştiği belirlenmiştir. Ayçiçeği ve mısır yaprakları arsenik içeriklerinin dönemler arası değişimi istatistiksel olarak önemli ( $P < 0.01$ ) bulunmuştur. Ayrıca mısır yaprak Se içeriklerinin sulama düzeylerine bağlı değişimi de önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ).

Ayçiçeği bitkisinde, sulama düzeyleri için aynı dalga boylarına ilişkin yansıma değerleri arasındaki dönemlere özgü farklılıkların, görünür bölgede (400 - 700 nm) diğer uygulamalara göre  $S_4$  uygulamasında çok belirgin olmadığı gözlenmiştir. Yakın kızıl ötesi bölgede (700 - 1000 nm) ise, dönemler arasındaki yansıma değerleri arasındaki farklılıkların  $S_3$  ve  $S_4$  uygulamalarında oldukça belirgin olduğu belirlenmiştir. Mısır bitkisinde, sulama düzeyleri itibariyle görünür ve yakın kızılötesi bölgede dönemler arası farklılıkların,  $S_2$  uygulaması için diğer sulama uygulamalarına göre daha belirgin olduğu bulunmuştur.

Sulama düzeylerine bağlı olarak yaprak As ve Se içerikleri ile spektral yansıma verileri arasındaki ilişkiler çok değişkenli regresyon analiz yöntemi kullanılarak araştırılmış ve doğruluk katsayısı ( $R^2$ ) yüksek, matematiksel tahmin modelleri oluşturulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Arsenik, selenyum, ayçiçeği, mısır, spektrometre

**2013, 40 sayfa**

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **CHANGES IN THE RELATIONSHIP BETWEEN BOTH ARSENIC AND SELENIUM CONTENT OF SUNFLOWER AND MAIZE PLANTS AND THEIR SPECTRORADIOMETER REFLECTION VALUES AT DIFFERENT IRRIGATION LEVELS**

**Pelin ALABOZ**

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

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

In this study, it was investigated that how relationship changes, depending on irrigation levels, between arsenic and selenium content and spectral reflection data of sunflower and maize leaves. Plants were grown in a clay loam texture soil contaminated with sodium selenite ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) and sodium arsenate heptahydrate ( $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). In the experiment four different irrigation levels were used such as  $S_1$  (control),  $S_2$  (0.90  $S_1$ ),  $S_3$  (0.80  $S_1$ ) and  $S_4$  (0.70  $S_1$ ). Control application was based on 50% of available moisture consumed up to field capacity level. Spectral reflectance of the leaves was measured by the ASD FieldSpec HandHeld spectroradiometer with plant probe in two different periods and As, Se content of these leaves were determined by using microwave and ICP-OES. While As and Se content of sunflower leaves were found ranging from 3.537- 3.973  $\text{mg kg}^{-1}$  and 7.610- 9.030  $\text{mg kg}^{-1}$  during I. period and these values at II. period ranged from 10.173- 11.790  $\text{mg kg}^{-1}$ , 6.278- 9.959  $\text{mg kg}^{-1}$ . While As and Se content of maize leaves were found ranging from 1.288-1.890  $\text{mg kg}^{-1}$  and 3.443- 4.272  $\text{mg kg}^{-1}$  during I. period, at II. period ranged from 2.109-2.923  $\text{mg kg}^{-1}$  and 3.459- 4.663  $\text{mg kg}^{-1}$ . The changes in the As content of sunflower and maize leaves between periods were statistical significant ( $P < 0.01$ ). In addition the changes in Se content of maize leaves were also found significant depending on irrigation levels. Maize leaves Se content was statistically significant according to application of different irrigation levels ( $P < 0.05$ ).

Irrigation levels on the same wavelength reflectance values for sunflower plants were found specific differences between the periods on visible region (400-700 nm) that was not very clear in  $S_4$  compared to other applications. In the near-infrared region (700-1000 nm), reflectance values between periods the differences between the  $S_3$  and  $S_4$  applications were quite apparent. For maize plant, irrigation levels, visible and near-infrared region as the differences between the periods,  $S_2$  was found to be more prominent than the other irrigation applications.



Depending on their level of irrigation with As and Se content of leaves. The relationships between spectral reflectance data and the accuracy were investigated by using multivariate regression analysis and determination coefficient ( $R^2$ ) was high and finally the mathematical prediction models were constructed.

**Keywords:** Arsenic, selenium, sunflower, maize, spectroradiometer

**2013, 40 pages**

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR' a teşekkürlerimi sunarım.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Metin MÜJDECİ, Doç. Dr. Levent BAŞAYİĞİT, Dr. Hüseyin ŞENOL, Araş. Gör. Talip ÇAKMAKCI, Ziraat Mühendisi Gizem AKSOY, Ziraat Mühendisi Yahya SEÇKİN, Ziraat Mühendisi Sermet KOÇ, Ziraat Mühendisi Melahat ÖZKUL, Ziraat Mühendisi Rabia ERSAN' a teşekkürleri bir borç bilirim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan eşim Osman ALABOZ, ailem ve tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Pelin ALABOZ  
ISPARTA, 2013

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Deneme toprağının hazırlanması .....	12
Şekil 3.2. Spektrometre ölçüm seti .....	13
Şekil 3.3. Denemenin kurulması ve yürütülmesi .....	14
Şekil 3.4. Örnekleme ve spektral ölçüm .....	15
Şekil 4.1. Ayçiçeği spektral yansım eğrileri.....	24
Şekil 4.2. Ayçiçeği türev dönüşüm spektral yansım eğrileri.....	25
Şekil 4.3. Mısır spektral yansım eğrileri .....	27
Şekil 4.4. Mısır türev dönüşüm spektral yansım eğrileri .....	28

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Denemenin yürütüldüğü 2012 Nisan- Ağustos aylarına ait meteorolojik değerler.....	11
Çizelge 3.2. Mikrodalga yaş yakma programı .....	16
Çizelge 3.3. As ve Se dedeksiyon limitleri .....	16
Çizelge 4.1. Deneme toprağının bazı özellikleri .....	18
Çizelge 4.2. Ayçiçeği ve mısır bitkisi kuru madde %'leri.....	19
Çizelge 4.3. Ayçiçeği As ve Se içerikleri .....	21
Çizelge 4.4. Mısır As ve Se içerikleri .....	23
Çizelge 4.5. Ayçiçeği As içerikleri tahmin modelleri.....	30
Çizelge 4.6. Ayçiçeği Se içerikleri tahmin modelleri .....	31
Çizelge 4.7. Mısır As içerikleri tahmin modelleri.....	31
Çizelge 4.8. Mısır Se içerikleri tahmin modelleri .....	32

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ADF	Asit deterjan fiberi
Sb	Antimon
N	Azot
Cu	Bakır
Bi	Bizmut
CCA	Chromate copper arsenate (Kromat bakır arsenik)
Zn	Çinko
DTPA	Dietilen triamin pentaasetik asit
Fe	Demir
EMS	Elektromanyetik spektrumun
P	Fosfor
ICP	Inductively coupled plasma (Endüktif eşleşmiş plazma)
Ca	Kalsiyum
IR	Kızıl ötesi radyasyon
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
mμ	Mili Mikron
nm	Nanometre
NIR	Near infrared region (Yakın kızılötesi bölge)
S <sub>1</sub>	Tarla kapasitesi düzeyine göre nem açığının tamamının
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
NDF	Nötr deterjan fiberi
PPM	Parts per million (Milyonda bir kısım)
K	Potasyum
TI	Talyum
IARC	Uluslararası kanser araştırma ajansı
VNIR	Visible near infrared region (Görünür yakın kızılötesi bölge)

## 1. GİRİŞ

Günümüzde, artan nüfusun bir taraftan daha çok ve kaliteli ürün elde etme baskısı oluşturması diğer taraftan gelişen teknolojiyle birlikte atık tür ve miktarının giderek daha tehlikeli boyutlara ulaşmasının neden olduğu olumsuzluklardan biri de toprak kirlenmesidir. Geniş kapsamlı olarak üzerinde durulan kurşun, kadmiyum, krom, nikel gibi ağır metaller yanında, yarı-metal arsenik ve metal olmayan selenyum gibi elementler üzerinde de çalışmalar yoğun bir şekilde sürdürülmektedir (Gulz vd., 2005; Rani vd., 2005; Yılmaz ve Temizgül; 2012, Bempah vd., 2012).

Arsenik ve selenyum, uluslararası kanser araştırma ajansınca (IARC) yapılmış olan ve kanser oluşturma riskine ilişkin önem seviyesi gruplandırmasında, sırasıyla 1. ve 3. grup kanser yapıcı elementler olarak belirtilmişlerdir (Anonymous, 2011a). İnsan sağlığı için günlük selenyum alım kritik değeri 35µg (ağız yoluyla) iken arsenik 0.3 µg/vücut ağırlığı (kg) olarak belirtilmiştir. Bu elementlerin insan vücudunda birikimi akciğer tümörü, cilt kanseri gibi ölümcül hastalıklara neden olabilmektedir (Anonymous, 2011b). Kirlenmiş toprakların temizlenmesinde kullanılan farklı yöntemler arasında bitkiler aracılığı ile ağır metalleri de içeren toksik elementlerin uzaklaştırılması olarak tanımlanan fitoekstraksiyon yöntemi önemli bir yer tutmakta ve bu elementleri bünyesinde daha fazla biriktirebilen bitkilerle, farklı elementler üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir. Bu bitkiler arasında mısır ve ayçiçeği de bulunmaktadır (Epa, 2001).

Ülkemizde 2012 yılı üretim miktarları sırasıyla 1.37 ve 4.6 milyon ton olan ayçiçeği ve mısır toplumumuz tarafından yüksek düzeylerde tane ve yağ olarak tüketilen ürünler içerisinde bulunmaktadır (TÜİK, 2013). Dolayısıyla söz konusu ürünlerin içeriğinin bilinmesi insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Bilindiği üzere su yeryüzündeki tüm canlılar için olduğu gibi bitkiler için de mutlak gereklidir. Suyun az ya da çok olması bitkilerin büyüme mekanizmasını ve kimyasal yapısını etkilemektedir. Keza toprağın mevcut su içeriğine bağlı olarak elementlerin çözünürlükleri ve bitki tarafından alınabilirlikleri değişebilmektedir.

Son yıllarda, teknolojideki gelişmeyle birlikte objelerin yansıma özelliklerinin uzaktan algılama yöntemleriyle belirlenebilirliği ve bu yansıma değerleriyle bitkinin sahip olduğu özellikler arasındaki ilişkilerin araştırılması konularına ilgi hızla artmıştır. Buradaki yaklaşım; yansımanın renk, doku ve parlaklık özellikleriyle ilişkili olması ve bu özellikler üzerinde de bitki kimyasal yapısının etkili olması temeline dayanmaktadır.

Spektroradyometreler 375-2500 nm dalga boylarında yansıma ölçümü yapabilen cihazlardır. Spektroradyometrik yöntemler, her hangi bir objeden yansıyan enerjinin reflektans, radyans ya da irradyans değerlerinin ölçümüne dayanmaktadır. Burada güneş ya da yapay ışıklar radyasyon kaynağı olarak kullanılabilir. Işık kaynağından gelen radyasyon, dağıtım sisteminde dalga boylarına ayrılarak fotokotlandırıcı veya IR (kızılötesi) kaydedici tarafından 1-10 nm arasında yüksek çözünürlükte kaydedilmektedir (Başayığı vd., 2008).

Bitki kimyasal içeriğinin laboratuvar analiz yöntemleri ile belirlenmesi yerine spektroradyometrik yöntemlerin kullanılabilirliğinin sağlanması, herhangi bir kimyasal kirlilik üretimine neden olmaması, daha kısa sürede daha az işgücü kullanımı bakımından önemlidir.

Bu çalışmanın konusunu; yapay olarak selenyum ve arsenik ile kirletilmiş bir toprakta yetiştirilen ayçiçeği ve mısır bitkilerinde; yaprak As ve Se içeriğinin sulama düzeyleri için nasıl bir değişim göstereceği ve söz konusu elementler ile yaprak spektral yansıma değerleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi oluştururken farklı seviyelerde As ve Se çözünürlüğü sağlanması amacıyla sulama seviyeleri uygulanarak kirlenmiş topraklarda yetişen bitkilerin As ve Se birikiminin yaprak yansıması ile belirlenebilirliği hedeflenmiştir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Topraklar katı ya da sıvı formda pek çok tehlikeli maddenin karışmasıyla kirlenebilmekte ve tarımsal üretimi dolayısıyla canlı yaşamını olumsuz etkileyebilmektedir. İspanya'da prit madeni atık toplama havuzundaki yarıma sonrası serbestlenen sızıntı, Agrio ve Guadiamar nehir vadileri boyunca yaklaşık 2000 ha ürün arazisinin üzerine 2- 30 cm kalınlığında ve yüksek düzeylerde ağır metal (As, Cu, Pb ve Zn için sırasıyla 2900, 1550, 7900 ve 7100 mg kg<sup>-1</sup>) içeren toksik bir çamur tabakasıyla kaplanmasına neden olmuştur. Bu toprakların As, Bi, Cd, Cu, Mn, Pb, Sb, Tl ve Zn konsantrasyonları, komşu etkilenmemiş topraklardan daha yüksek olduğu ve ayçiçeği bitkisi Zn, As, Cd, Pb miktarları etkilenmemiş topraklarda yetişenlerde sırasıyla 24.3, 13.9, 152, 363 mg kg<sup>-1</sup> iken kirlenmiş topraklarda yetişen bitkilerde 98, 20.6, 500, 634 mg kg<sup>-1</sup> bulunmuştur (Murillo vd., 1999).

Gulz vd. (2005), yapay olarak kirletilen iki farklı toprakta yetiştirilen mısır, ayçiçeği, kolza ve İngiliz çimi bitkilerinde arsenik birikiminin belirlenmesine yönelik bir çalışmada; siltli toprağa 110, 180, 225 ve 255 ve kumlu toprağa 25 ve 60 mg kg<sup>-1</sup> düzeylerinde arsenik (Na<sub>2</sub>HAsO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) uygulanmıştır. Bitkilerin ekimi, arsenik uygulamalarından 4 hafta sonra gerçekleştirilmiş ve 4. ay sonunda hasadı yapılmıştır. Çalışma konusu toprakların her ikisinde de artan dozlarda As uygulamasının, yapraklarda ve köklerde birikimi artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca arsenik miktarı mısır tanelerinde 0.1- 0.2 ppm arasında değişirken ayçiçeğinde 0.4-1.2 ppm arasında bulunmuştur. Çalışma sonuçları ayçiçeğinin, mısıra göre daha çok arsenik biriktirdiğine işaret etmektedir.

Rani vd. (2005), tarafından 0 ile 25 ppm arasında değişen 17 farklı Se dozu uygulamasıyla yapay olarak kirletilen bir toprakta, hardal, buğday, mısır ve pirinç bitkileri yetiştirilmesi şeklinde gerçekleştirilen bir sera çalışmasında; sırasıyla 52, 55, 54 ve 50 gün sonra hasat edilen bitkilerde kuru ağırlık ve fosfor, kükürt ve selenyum birikimleri incelenmiştir. Bitki kuru ağırlığı ile selenyum uygulama dozu arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir. Çalışma kapsamındaki tüm bitkilerin Se içerikleri kirlenme düzeyine paralel olarak belirgin bir artış göstermiş ve mısır bitkisi için



kontrol uygulamasında 1.9 ppm olarak belirlenen Se içeriği, en yüksek uygulama dozunda 161.21 ppm'e ulaşmıştır.

Yılmaz ve Temizgül (2012), tarafından farklı dozlarda kentsel arıtma çamuru uygulamasının, şeker pancarı ve buğday bitkilerinde arsenik, selenyum ve klorofil II içeriği üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; %100 toprak, % 90 toprak ve % 10 arıtma çamuru, % 75 toprak ve % 25 arıtma çamuru ve % 50 toprak ve % 50 arıtma çamuru şeklinde hazırlanan yetiştirme ortamları kullanılmıştır. Buğday yaprak arsenik içeriği, arıtma çamuru düzeyinin artışına paralel bir değişim göstererek en yüksek ( $0.95 \text{ mg kg}^{-1}$ ) % 50 arıtma çamuru uygulamasında elde edilmiştir. Aynı bitki için selenyum içeriği ise uygulanan çamur düzeyinin artmasıyla azalma şeklinde zıt yönde bir değişim göstermiştir. Şeker pancarı yapraklarında en yüksek arsenik içeriği  $0.03 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak % 10 arıtma çamuru uygulamasında belirlenmiş ve söz konusu uygulama için Se içeriği  $0.5 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur.

Al-Eed vd. (2013), tarafından bazı bitki türleri üzerinde yürütülen bir çalışmada; en yüksek Se içeriği ( $13.30 \text{ mg kg}^{-1}$ ) aspir bitkisinde belirlenirken, Pb ( $1.4 \text{ mg kg}^{-1}$ ), fesleğende, Cd ( $40 \text{ mg kg}^{-1}$ ) çemen otunda ve Co ise ( $0.64 \text{ mg kg}^{-1}$ ) kekikte bulunmuştur. Bu bitkilerin tüketilmesiyle insan vücuduna günlük alınan Pb, Cd, Co, Se miktarları bakımından konu değerlendirildiğinde; Pb için fesleğen, kekik, zencefil, Cd için çemen otu ve Se için kimyon bitkilerini günlük 20 gr'dan fazla tüketen bir insanın (50 kg) sağlığının olumsuz etkilenebileceği belirtilmiştir.

Fayiga vd. (2007), tarafından krom, bakır ve arsenik içeren bir kimyasalla (CCA) kirlenmiş ve 50, 200  $\text{mg kg}^{-1}$  düzeylerinde Pb, Cd, Ni ve Zn nitrat ilave edilmiş bir toprakta, eğrelti otu arsenik alımının incelendiği bir çalışmada; kontrol uygulamasında  $24.4 \text{ mg As bitki}^{-1}$  ve metal ilavesi yapılmış uygulamalarda ise 6.76-19.3  $\text{mg As bitki}^{-1}$  olarak bulunmuş ve bitki arsenik uzaklaştırma etkinliğinin Pb elementi hariç tutulursa metal ilave düzeyindeki artışla azaldığı belirlenmiştir.

Bempah vd. (2012), tarafından Gana'da 18 farklı tıbbi bitki için 267 örnek üzerinde yürütülen arsenik, bakır, kadmiyum ve civa belirlemelerine yönelik çalışmada ağır metal içerikleri bakımından güvenli sınır değerlerin aşılmadığı bulunmuştur.

Farklı bitkilerin krom akümülyasyon özelliğinin belirlenmesi amacıyla Mei vd. (2002), tarafından yürütölen bir çalışmada; soya ve ayçiçeğinin kroma tölöranslı olduğu belirlenmiştir. Hidrofonik ortamda 1.0 mM Cr(III) uygulamasıyla soya bitkisinin kök, gövde ve yapraklarında sırasıyla 20 000, 7400, 1300  $\mu\text{g gr}^{-1}$ , ayçiçeğinin ise 14 000, 900, 460  $\mu\text{g g}^{-1}$  krom biriktiği bildirilmiştir.

January vd. (2008), tarafından ayçiçeği (*Helianthus annuus*) bitkisinin Cd, Cr, Ni, As, ve Fe akümülyasyon yeteneğini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada; 2 farklı hidrofonik ortamdan birine ethylenediaminetetraasetik asit (EDTA) uygulanırken diğer ortam solüsyonuna ethylenediaminetetraasetik asit uygulanmamış olup her iki ortamda da ayçiçeği bitkisi As ve Cd için hiperakümülatör olarak belirlenmiştir.

in'in güneyinde bulunan Hunan eyaletinde arsenik maden ocağı yakınındaki bölge toprakları As miktarlarının 39 - 299  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında belirlendiği bir çalışmada; kuzgun otu (*Pteris vittata*) ve eğrelti otu türlerinden *Pteris cretica* bitkilerinin yapraklarındaki As miktarları sırasıyla 3 - 704  $\text{mg kg}^{-1}$  ve 149 - 694  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında bulunmuş ve söz konusu bitkilerin arsenikle kirlenmiş toprakların ışlahında kullanılabilirlik potansiyelinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Wei ve Chen, 2006).

Gonzaga vd. (2008), tarafından arsenikle kirlenmiş 6 farklı toprakta eğrelti otu yetiştirilerek gerçekleştirilen sera denemesinde; yaprak As konsantrasyonlarının 3 farklı hasat dönemi itibariyle 166 - 6151, 110 - 3056 ve 162 - 2139  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında değiştiği belirlenmiştir.

Angelova vd. (2012), tarafından, kirlenmiş bir toprakta (Zn, Pb ve Cd; 1430.7, 876.5 ve 31.4  $\text{mg kg}^{-1}$ ) organik toprak düzelticilerinin (% 5 ve %10 oranlarında kompost ve vermikompost) 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 metallerin en yüksek birikimlerinin sırasıyla 449.5, 793.1, 46.7 ve 206.9  $\text{mg kg}^{-1}$  olmak üzere yapraklarda gerçekleştiği bulunmuştur.

Solhi vd. (2005), tarafından Iran-İsfahan Bama madeni civarından alınan Pb ve Zn ile kirlenmiş tınlı bir toprakta; kontrol, sülfürik asit (0.5 ve 1.0 mmol kg<sup>-1</sup> toprak), DTPA (1.5 ve 3.0 mmol kg<sup>-1</sup> toprak) ve kompost gübre (7.5 ve 15 g kg<sup>-1</sup> toprak) uygulamalarıyla yetiştirilen kanola ve ayçiçeği bitkilerinin Pb ve Zn ekstraksiyon potansiyelinin araştırılmıştır. Ayçiçeği için toprak üstü biyokütlesinin maksimum Pb konsantrasyonu 234.6 mg kg<sup>-1</sup> olarak 3.0 mmol kg<sup>-1</sup> DTPA uygulamasında, kolza için ise 109.1 mg kg<sup>-1</sup> olarak 1.5 mmol kg<sup>-1</sup> DTPA uygulamasında belirlenmiştir. Ayçiçeği ve kolza için Zn, sırasıyla 1364.4 mg kg<sup>-1</sup> ve 817.7 mg kg<sup>-1</sup> olarak 3.0 mmol kg<sup>-1</sup> DTPA uygulamasında bulunmuştur.

Essiet vd. (2010), tarafından Güneydoğu Nijerya bölgesinde ham petrol ile kirlenmiş topraklarda yetiştirilen bazı bitkilerin bölge dışından toplanan bitkilerle karşılaştırılmasını içeren çalışmada; kirlenmiş bölge bitkilerindeki Se içerikleri 0.01-0.15 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunurken söz konusu bölge dışındaki bitkilerde 0.01-0.07 mg kg<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir.

Abou-Shanab vd. (2007), tarafından orta ve yüksek düzeylerde ağır metal içeren 4 farklı toprakta (Helwan, Tounsey, Max ve a çiftlik toprağı) yetiştirilen mısır (*Zea mays*), sorgum (*Sorghum bicolor*), ayçiçeği (*Helianthus annuus*), çakal otu (*Conyza discoridies*) ve ayrık otu (*Cynodon dactylon*) bitkilerinin metal biriktirme özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada; aynı topraklarda yetiştirilen bitkiler için ağır metal içeriklerinin farklılık gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek Pb konsantrasyonları 184 ve 172 mg kg<sup>-1</sup> ile Tounsey toprağında yetiştirilen sorgum ve çakal otu bitkilerinde bulunurken Max toprağında yetişen ayrık otu bitkisinin diğer bitkilere göre yüksek Cu biriktirdiği belirtilmiştir.

Tarımsal alanda, elementlerin pahalı, zaman alıcı ve yine kimyasal atık üretici nitelikteki rutin kimyasal analizlerle belirlenmesine alternatif olabilecek daha pratik ve çevreci bir yaklaşım olan spektral yöntemler üzerinde çalışmalar yoğun bir şekilde sürdürülmektedir. Hiperspektral ölçüm tekniklerden biri olan spektrometreler, elektromanyetik spektrumun (EMS) görünür, yakın ve orta kızılötesi dalga boyu bölgelerini algılama yeteneğine sahip olan cihazlardır. Bitkilerde daha çok görünebilir yakın kızılötesi bölgede yansıyan enerjinin (VNIR) ölçümünü temel alan

bu sistemlerin esası, -CH, -OH, -NH, C=O ve -SH gibi organik yapılar arasındaki bağların esnemesi ve eğilmeleri sonucu ortaya çıkan enerjinin kızıl ötesi bölgede absorbe edilmesidir. Sonuç olarak görünebilir ve yakın kızılötesi bölgede (VNIR) belirgin farklılıklar görülmektedir (Viscarra Rossel vd., 2006).

Ağır metaller, yarı metaller ve metal olmayan elementler canlı dokularda belirli bir miktarı aştıklarında zehir etkisi yapan kirleticilerdir. Bu kirleticilerin fazla miktarda bulunması solunum ve fotosentez üzerine olumsuz etki yaptığı gibi bazı enzimleri inhibe ettiği ve böylece bitkilerin enerji üretme yeteneklerini azalttıkları belirtilmektedir (Kacar vd., 2010). Ayçiçeği bitkilerine farklı dozlarda HgCl<sub>2</sub> uygulamasının toplam çözünebilir protein, prolin ve klorofil miktarı üzerine etkisini araştıran Zengin ve Munzuroğlu (2006), HgCl<sub>2</sub> uygulamasıyla klorofil içeriğinde azalma olduğunu belirtmiştir.

Araştırmalar özellikle görünür yakın kızılötesi bölgede klorofil konsantrasyonunun belirlenebildiğini ve buna bağlı olarak bitki besin elementi içeriğinin tahmin edilebildiğini göstermektedir (Thomas ve Gausman, 1966; Graeff vd., 2001; Silva ve Beyl, 2005; Başayığit vd., 2009 ).

Elma ağaçlarında yaprak klorofil, makro ve mikro element içeriklerinin kimyasal analiz yöntemleriyle belirlenmesi ve bunların spektrometre aracılığıyla ölçülen yansıma değerleriyle ilişkilendirilmesi yoluyla gerçekleştirilen bir çalışmada; N, P, K, Mg, Ca için R<sup>2</sup> değerlerinin sıra ile 0.98, 0.99, 0.99, 0.99, 0.49 Fe, Cu, Mn, Zn için 0.99, 0.55, 0.87, 0.92 ve klorofil için ise 0.89 olduğu bildirilmiştir (Başayığit vd., 2009).

Slonecker vd. (2009), tarafından 0, 20, 50, 100 ve 200 ppm düzeylerinde arsenik (sodyum arsenat) uygulamalarıyla yapay olarak kirletilen topraklarda eğrelti otu türlerinden *Pteris cretica mayii*, *Pteris multifida* ve *Nephrolepis exaltata* bitkileri yetiştirilmiştir. Azot, P, K ve mikro elementlerin haftalık olarak solüsyon halinde uygulandığı çalışmada, bitkiler 4 haftalık aralıklarla hasat edilmiştir. Bitki örneklerindeki spektral okumalar ASD full range (400-2.500 nm) spektrometre kullanılarak gerçekleştirilmiş ve yansıma değerleri ile kimyasal analiz sonucu

bulunan As içerikleri karşılaştırılmıştır. Bütün bitkilerde 530 nm dalga boyunda negatif, 680 nm’de pozitif bir ilişki belirlenmiştir. Bitki yansıma değerleri ile arsenik içerikleri arasındaki ilişkiye özgü  $R^2$  değerleri 0.59 - 0.75 arasında bulunmuştur.

Liu vd. (2011), tarafından pirinç bitkisinde fractal model kullanılarak hiperspektral yansımalar aracılığıyla ağır metal stresinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada; Cu içerikleri 20.4, 45.5, 68,2 mg kg<sup>-1</sup> Cd içerikleri 0.465, 0.182, 0.993 mg kg<sup>-1</sup> olan 3 farklı bölge topraklarında yetişen pirinçlerden alınan örneklerde yapılan spektral ölçümler ve laboratuvar analizleri sonucu fractal modellemesi ile ağır metal stresinin en iyi 450-850 nm ve 350-1300 nm arasında belirlenebildiği ve Cu ve Cd için  $R^2$  değerleri sırasıyla 0.74, 0.77 olduğu belirtilmiştir.

Milton vd. (1989), hidroponik ortamda yüksek konsantrasyonda arsenik ve selenyum uygulanarak yetiştirilen soya fasülyesi bitkilerinde kontrol ile kıyaslandığında arsenik için en yüksek yansıma 550-650 nm arasında belirlenirken Selenyum için kontrol ile kıyaslandığında bu dalga boylarında daha düşük bir yansıma görüldüğü belirtilmişti.

Graeff vd. (2001), tarafından yapılan çalışmada mısır bitkisine çeşitli konsantrasyonlarda N, P, Mg ve Fe uygulanmış ve bu elementlerin eksikliğinin sırasıyla 380-390 nm, 430-780 nm, 516-780 nm, ve 540-600 nm dalga boylarında ölçülen spektral yansıma değerleri ile başarılı bir şekilde tahmin edilebildiği bildirilmiştir.

Başayığıt ve Dedeoğlu (2012), tarafından elma ağaçlarında çinko noksanlığının spektroskopik yöntemle belirlenebilirliğinin araştırılması amacıyla yürütülen çalışmada; 3 farklı bölgeden alınan bitki örnekleri yansıma değerleri ve bitki Zn içerikleri arasında yapılan regresyon analizleri sonucunda 400- 900 nm arasındaki dalga boylarında yakın ilişkiler bulunmuş ve söz konusu bölgeler için 6 bant kullanılarak elde edilen  $R^2$  değerlerinin 0.92, 0.95, 0.94 olduğu bildirilmiştir.

Albayrak (2008), tarafından korunga bitkisinin (*Onobrychis sativa* Lam.) spektral yansıması değerleri ve 1. derece türevleri ile N, P, K, ADF (Asit deterjan lif) ve NDF

(Nötr deterjan lif) içerikleri arasındaki ilişkilerin araştırıldığı çalışmada; yakın kızılötesi bölgesinden seçilen R780, R650 dalga boylarının oranları ve yine 1. dereceden türevi alınan R760, R630 dalga boylarının oranları kullanılarak N, P, K, ADF ve NDF içeriklerinin sırasıyla  $0.61 \leq R^2 \leq 0.80$  ve  $0.70 \leq R^2 \leq 0.84$  arasında değişen  $r^2$  ile tahmin edilebildiği belirtilmiştir. Spektral yansıma verileri kullanılarak yapılan regresyon analizleri sonucunda 460, 550, 650 ve 780 nm dalga boyları için sırasıyla 0.85, 0.85, 0.78, 0.81 ve 0.74 olan  $R^2$  değerleri ve yansıma verilerinin 1. dereceden türevi alınarak yapılan analiz sonucunda ise 440, 530, 630 ve 760 nm dalga boyları için sırasıyla 0.87, 0.91, 0.83, 0.93 ve 0.86 olan  $r^2$  değerleri elde edilmiştir.

Dedeoğlu ve Başayığıt (2013), tarafından kiraz ağaçlarında Zn noksanlığının spektrometre ile tahmin edilebilirliğinin araştırıldığı çalışmada; Isparta bölgesi Senirkent, Eğirdir, Atabey ilçelerinden alınan örneklerin yansıma değerlerinin türevleri alınarak yapılan regresyon analiz sonucu, en iyi tahminler 465, 520, 570, 600, 620, 650, 720, 730, 800 ve 850 nm dalga boylarında elde edilmiş olup 6 bant kullanılarak elde edilen  $R^2$  değerleri söz konusu ilçeler için sırasıyla 0.9694, 0.7378, 0.5072 olarak bulunmuştur.

Albayrak vd. (2009), tarafından bazı fiğ türlerinin (*Vicia sativa*, *Vicia pannonica* ve *Vicia villosa*) spektrometre yansıma değerleri kullanılarak N, P, K, ADF (Asit deterjan lif) ve NDF (Nötr deterjan lif) içeriklerinin tahminine yönelik yapılan çalışmada; çoklu regresyon analizi sonucunda en uygun 440, 550, 640 ve 760 nm dalga boyları kullanılarak elde edilen  $R^2$  değerleri söz konusu bitkiler için sırasıyla 0.77, 0.79, 0.64, 0.70 ve 0.77 olarak bulunmuş ve 1. dereceden türevleri alınarak yapılan analiz sonucunda ise 430, 540, 630 ve 740 nm dalga boyları kullanılarak sırasıyla  $r^2$  değerleri 0.81, 0.83, 0.66, 0.83 ve 0.83 olarak belirlenmiştir.

Bitkiler gelişimlerini tamamlamak için ihtiyacı olan besin elementlerinin çoğunu, universal çözücü olan suda çözülmüş şekilde bitki kökleriyle alırlar (Kacar ve Katkat, 2010).

Fasulye bitkisinin orta ve şiddetli seviyede su stresi altında iyon alım mekanizmasını araştırmak üzere Doğan (2006), tarafından yapılan bir çalışmada; şiddetli su stresi uygulamasının bitki K, Mg, Ca ve Fe içeriğini azalttığı, Zn ve Mn için ise arttırdığı belirlenmiştir. Zn ve Mn içeriği, kontrol bitkilerinde sırasıyla 3.714 ve 0.505  $\mu\text{g g}^{-1}$  ve şiddetli stres uygulanan bitkilerde 5.738 ve 0.579  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenmiştir.

Rui vd. (2005), tarafından mısır bitkilerinde farklı su stresi uygulamasının iyon alınımına etkisinin araştırıldığı çalışmada; artan su stresi uygulamalarıyla bitki kuru ağırlıklarında azalma görülürken, farklı aksamalarında Ca, Mg, Mn içerikleri artmıştır. Ayrıca yapraklarda Cu içeriğinin stres uygulamasıyla azaldığı belirtilmiştir.

Bin vd. (2005), tarafından tarla kapaitesi'nin % 20, 40, 60 ve 80 düzeylerinde su uygulamalarının mabed ağacı aksamalarında iyon birikiminin araştırıldığı çalışmada; 100 gün devam edilen sulama uygulamaları sonucunda stres seviyesinin artması ile kök, gövde ve yapraklarda Mg, Mn ve Zn miktarlarının arttığı, Cu konsantrasyonunun ise yapraklarda azaldığı belirtilmiştir.

Ge vd. (2012), tarafından, 3 farklı dozda sulama suyu uygulamasının mısırdaki potasyum ve fosfor alınımına etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; tarla kapasitesinin % 75'i düzeyindeki su uygulaması kontrol grubu olarak alınırken diğer sulama seviyeleri tarla kapasitesinin % 55'i ve % 33' olarak seçilmiştir. Bitkinin farklı gelişme dönemlerinde kontrol grubu uygulaması ile su kısıntısı uygulamaları kıyaslandığında bitki yapraklarındaki toplam K alınımında % 26.3 ve % 39.4 oranında azalmalar grlmştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. İklim

Isparta ili Akdeniz iklimi ile Orta Anadolu iklimi arasındaki geçiş bölgesinde yer almaktadır. Bu sebeple il sınırları içinde her iki iklimin özellikleri de görülür. Çevredeki göllerin iklim üzerinde önemli etkisi vardır. Yağışların büyük bir bölümü kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir. Bitki örtüsü bozkır olup Göller bölgesi'nin merkezi konumundadır (Anonim, 2012). Isparta Meteoroloji istasyonundan bölgeye ait 2012 Nisan-Ağustos ayları arası alınan meteorolojik değerler Çizelge 3.1' de verilmiştir. Denemenin yürütüldüğü döneme ilişkin verilerin, uzun yıllar ortalamaları ile Mayıs ayı toplam yağış miktarı ( $50.1 \text{ kg m}^{-2}$ ) için önemli farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Anonim, 2013).

Çizelge 3.1. Denemenin yürütüldüğü 2012 Nisan- Ağustos aylarına ait meteorolojik değerler (Anonim, 2013)

	AYLAR				
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
<b>Ortalama Sıcaklık (<math>C^0</math>)</b>	12.3	14.7	22.9	25.7	23.1
<b>En Yüksek Sıcaklık (<math>C^0</math>)</b>	18.1	20.6	29.4	33.0	30.2
<b>En Düşük Sıcaklık (<math>C^0</math>)</b>	4.9	9.2	14.7	17.2	15.2
<b>Toplam yağış (<math>\text{kg m}^{-2}</math>)</b>	53.2	107.4	18.1	0.8	34.6
<b>Ortalama Nisbi Nem (%)</b>	55.2	63.9	43.5	39.5	41.4
<b>Ortalama Rüzgar Hızı (<math>\text{m s}^{-1}</math>)</b>	2.6	1.9	1.9	2.1	2.0



### 3.1.2. Deneme toprağı

Denemede kullanılan toprak, Isparta-Kuleönü sınırları içerisinde bulunan bir araziden alınmıştır. Bu topraklar Akgül ve ark. (2001), tarafından Serenler Serisi (UTM36 S; 293740, 4193876) olarak sınıflandırılmıştır. 0-25 cm derinliğinden alınan topraklarda bitki artıkları ve çakılların uzaklaştırılması sonrası 4 mm' lik elekten geçirilerek, kuru ağırlık esasına göre her saksı için 18.5 kg'lık kısımlar halinde kullanıma hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Deneme toprağının hazırlanması

### 3.1.3. Deneme bitkileri

Denemede, ayçiçeği (*Helianthus annuus*) ve mısır (*Zea mays*) çeşitleri olarak Biser CL ve Bora kullanılmıştır.

### 3.1.4. Kirletici elementler

Selenyum için sodyum selenit ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) ve arsenik için sodyum arsenat heptahidrat ( $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) kimyasalları kullanılmıştır.

### 3.1.5. Spektroradyometre

Spektroradyometre, elektromanyetik spektrumun görünür, yakın ve orta kızılötesi dalga boyu bölgelerini algılama yeteneğine sahip olan bir cihazdır. Spektral ölçümler için taşınabilir ASD FieldSpec HandHeld spektroskopiyometre cihazı kullanılmıştır. 325-1075 nm (1 nm aralıkla 750 bant) dalga boyları arasında ölçüm yapabilen ve bir bitki probu (plant probe) ile *ASD RS3* ve *ViewSpec Pro* yazılımlarını içeren diz üstü bilgisayar bağlantılı cihaz, her 10 okumada bir kez beyaz referans olan alçı bloktan imal edilmiş spektralon kullanımıyla kalibre edilmiştir.



Şekil 3.2. Spektroradyometre ölçüm seti (Dedeoğlu, 2011)

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Denemelerin kurulması ve yürütülmesi

Deneme, Süleyman Demirel Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde açık arazi koşullarında, tabanda 1250 gr çakıl ve üzerine kuru ağırlık esasına göre 18.5 kg toprak yerleştirilmiş olan saksılarda tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Yapay kirlilik oluşturmak üzere 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), çözelti halinde ekim öncesi toprakların tarla kapasitesine getirilmesi için gerekli suyla birlikte uygulanmıştır (Şekil.3.3).



Şekil 3.3. Denemenin kurulması ve yürütülmesi

Saksılardaki toprakların 10 cm'lik yüzey kısımları nem düzeyi itibariyle ekilebilir duruma geldikten sonra ayçiçeği ve mısır bitkilerinin tohumları sırasıyla 24.04.2012 ve 22.05.2012 tarihlerinde 3'er adet ekilmiş ve ayçiçeği için 22 kg da<sup>-1</sup> mısır için ise 30 kg da<sup>-1</sup> amonyum nitrat ve her iki bitkiye de 3 kg da<sup>-1</sup> monoamonyum fosfattan oluşan temel gübreleme uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Mısır bitkisi için 07.06.2012 ve ayçiçeği için 10.05.2012 tarihinde her saksıda tek bitki kalacak şekilde seyreltmeler yapılmıştır. Ayçiçeği ve mısır için üst gübrelemeler sırasıyla 12.06.2012 ve 26.06.2012 tarihlerinde 22 ve 30 kg da<sup>-1</sup> amonyum nitrat gübresi kullanılarak yapılmıştır. Ayçiçeği ve mısır bitkilerinin tümü sırasıyla 03.06.2012 ve 19.06.2012 tarihlerine kadar, watermark nem problemleri izlenerek yarayıslı nemin % 50±10 tüketildiğinde yaklaşık tarla kapasitesi nem düzeyine çıkarılacak şekilde sulanmış ve söz konusu tarihlerden sonra kısıntılı sulama uygulamalarına başlanılmıştır. Sulama uygulamaları; yarayıslı nemin % 50±10 tüketildiğinde tarla kapasitesi düzeyine göre



Şekil 3.4. Örnekleme ve spektral ölçüm

nem açığının tamamının ( $S_1$ ), % 90'ının ( $S_2: 0.90 S_1$ ), % 80'inin ( $S_3: 0.80 S_1$ ) ve % 70'inin ( $S_4: 0.70 S_1$ ) kapatılması şeklindedir.

Ayçiçeği ve mısır bitkilerinde gelişme (I.dönem) ve hasat (II.dönem) dönemi olmak üzere iki farklı (05.07.2012 ve 27.07.2012), (27.07.2012 ve 23.08.2012) dönemde gerçekleştirilen spektral yansımaya ölçümleri ve örnekleme için; her bitkinin yeni çıkan sürgünlerinin altındaki gelişmesini tamamlamış 2 yaprak kullanılmıştır (Şekil 3.4). Yaprak örnekleri kısa süre içerisinde laboratuvara nakledilerek musluk ve saf su yıkama işlemleri sonrası  $65^{\circ}\text{C}$ 'de sabit ağırlığa ulaşuncaya kadar kurutulmuştur. Kuru yaprak örnekleri agat havan yardımıyla öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir.

### 3.2.2. Laboratuvar analiz yöntemleri

**Mekanik Analiz:** Toprağın kum, silt ve kil oranları Bouyoucos hidrometre yöntemine göre belirlenmiş (Demiralay, 1993).

**%  $\text{CaCO}_3$ :** Volumetrik kalsimetre yöntemiyle belirlenmiştir (Kacar, 2009).

**pH:** 1:1 toprak-su süspansiyonlarında pH metre kullanılarak belirlenmiştir (Kacar, 2009).

**Elektriksel İletkenlik (EC):** 1:1 toprak-su süspansiyonlarında EC-metre ile ölçülmüştür (U.S.Salinity Laboratory Staff, 1954).

**Organik Madde:** Değiştirilmiş Walkley-Black yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Kacar, 2009).

**Kuru madde:** Yaprak örneklerinin etüvde sabit ağırlığa ulaşınca değin 65°C'de kurutulması yoluyla belirlenmiştir.

**As ve Se Analizi:** Toprak örnekleri EPA 3051 yöntemine göre (Epa, 2007) ve öğütülmüş kuru yaprak örnekleri ise 5 ml HNO<sub>3</sub> ve 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eşliğinde çizelge 3.2' de verilen program gereği, Berghof Speedwave DAK100 mikrodalga cihazı ile yakılarak çizelge 3.3' de belirtilen dalga boylarında ICP-OES cihazı aracılığı ile belirlenmişlerdir.

Çizelge 3.2. Mikrodalga yaş yakma programı

	1	2	3	4
<b>Sıcaklık (C°)</b>	150	190	100	100
<b>Sıcaklığa Ulaşma Süresi (dak.)</b>	5	1	1	1
<b>Zaman (dak.)</b>	5	5	10	10

Çizelge 3.3. 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	1.43
<b>Se</b>	196.090	3.05

**Tarla Kapasitesi:** Toprak örneklerinin tarla kapasitesi Demiralay (1993)'a göre belirlenmiştir.

**Solma Noktası:** Toprak örneklerinin solma noktası Demiralay (1993)' a göre belirlenmiştir.

**İstatistik Analiz;** Spektral yansıma değerleri ve türev dönüşümleri ile bitkilerdeki As ve Se seviyeleri arasındaki ilişki çok değişkenli regresyon analiz yöntemiyle *Minitab 16* istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiş ve sulama düzeyleri için karşılaştırılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULAR VE TARTIŞMALAR

### 4.1. Toprak Özellikleri

Denemede kullanılan toprak killi tın bünyeli olup pH'sı (7.75) itibariyle "hafif alkali" sınıfına girerken organik madde içeriği (% 1.76) bakımından "az" sınıfta yer almaktadır (Eyüpoğlu, 1999). Deneme toprağının bazı özellikleri çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deneme toprağının bazı özellikleri

<b>Mekanik Analiz</b>	%	Kum	20.38
		Silt	44.51
		Kil	35.11
<b>Tekstür Sınıfı</b>	Killi Tın		
<b>Tarla Kapasitesi</b>	%(m/m)	28.90	
<b>Solma Noktası</b>	%(m/m)	16.04	
<b>Kireç (CaCO<sub>3</sub>)</b>	%	1.19	
<b>pH (1:1 toprak- su)</b>	7.75		
<b>Elektriksel İletkenlik (1:1 toprak- su)</b>	( ECx 10 <sup>3</sup> ) mmhos/cm	0.3	
<b>Organik Madde</b>	%	1.76	
<b>Arsenik</b>	mg kg <sup>-1</sup>	8.72	
<b>Selenyum</b>	mg kg <sup>-1</sup>	-	

Toprak As içeriği 8.72 mg kg<sup>-1</sup> ve Se dedeksiyon limitinin altında bulunmuştur. Winogradow (1954), tarım topraklarında arsenik miktarının 0.1 - 100 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunu, selenyum'un ise topraklarda büyük ölçüde farklılık gösterdiği ve 0.1-2 µg g<sup>-1</sup> arasında değiştiği Swaine (1995), tarafından bildirmiştir. 31.05.2005 tarih ve 25831 sayılı Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliğine göre kirlenmiş toprakta arıtma sonucu uyulması gereken sınır değerler As ve Se için sırasıyla 20 mg kg<sup>-1</sup> ve 5 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirtilmiştir.

## 4.2. Kuru Madde %

Dönemlere ait yaprak kuru madde %'si miktarları çizelge 4.2.'de verilmiştir. Sulama uygulamaları farklılıklarına bağlı olarak ayçiçeği ve mısır bitkisi kuru madde %'si miktarlarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunamamış ancak her iki bitkide de dönemler arası kuru madde %'si artışlarının önemli olduğu belirlenmiştir. Kuru madde %'si miktarları ayçiçeği bitkisi için 19.632 - 21.135 arasında değişirken mısır bitkisinde 28.852 - 35.214 aralığında bulunmuştur. Her iki bitkide de S<sub>1</sub> ve S<sub>4</sub> uygulamaları karşılaştırıldığında sulama suyu miktarının azalmasıyla kuru madde miktarında düşüş gözlenmiş, S<sub>2</sub> ve S<sub>3</sub> uygulamaları için ise birbirine oldukça yakın değerler elde edildiği belirlenmiştir. Güney vd. (2012), tarafından ayçiçeği ve mısır çeşitlerinde ürün ve kalite parametrelerinin incelendiği iki yıllık bir çalışmada; mısır bitkisi kuru madde miktarı % 25.77 olarak bulunurken ayçiçeği bitkisi için 25.18 - 26.18 arasında değiştiği belirtilmiştir.

Çizelge 4.2. Ayçiçeği ve mısır bitkisi kuru madde %'leri

Uygulama	Ayçiçeği			Mısır		
	I. Dönem	II. Dönem	Ortalama	I. Dönem	II. Dönem	Ortalama
S <sub>1</sub>	19.843	21.135	20.489	29.973	35.214	32.593
S <sub>2</sub>	19.632	20.464	20,048	29.544	33.822	31.683
S <sub>3</sub>	19.634	20.023	19.828	29.821	33.671	31.746
S <sub>4</sub>	19.741	20.100	19.920	28.852	32.433	30.642
<b>Ortalama</b>	<b>19.713 b*</b>	<b>20.431 a</b>		<b>29.547B**</b>	<b>33.785 A</b>	

Varyasyon kaynakları	F <sub>(Ayç.)</sub> P <sub>(Ayç.)</sub>		F <sub>(Mis.)</sub> P <sub>(Mis.)</sub>	
	Dönem	Uygulama	Dönem	Uygulama
<b>Dönem</b>	7.040	0.017	52.190	0.000
<b>Uygulama</b>	1.170	0.353	1.850	0.178
<b>Dönem× Uygulama</b>	0.680	0.577	0.380	0.766

\* Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasında P<0.05 düzeyinde önemli farklılık vardır.

\*\* Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasında p<0.01 düzeyinde önemli farklılık vardır.



### 4.3. Bitki As ve Se İçeriği

Ayçiçeği yaprak As içeriklerinin, incelenen her iki dönem için de sulama düzeylerine bağlı olarak önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir (izelge 4.3). Uygulanan su miktarındaki azalışla ilişkilendirebilir anlamlı bir değişim söz konusu değildir. Yaprak As içerikleri, gelişme döneminde 3.537 - 3.973 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişirken hasat dönemi için 10.173 - 11.790 mg kg<sup>-1</sup> aralığında bulunmuştur. Dönemler arası yaprak As içeriği farklılıkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). Gelişme dönemi S<sub>3</sub> uygulaması için belirlenen değer dışında, her iki dönem için de daha dşuk miktarlarda su uygulamaları için elde edilen yaprak As içeriği değerleri kontrol (S<sub>1</sub>) uygulamasına göre daha dşuk bulunmuştur.

Farklı düzeylerde sulama uygulamalarına bağlı olarak ayçiçeği yaprağı Se içeriklerinin gelişme dönemi için 7.610 - 9.030 mg kg<sup>-1</sup> ve hasat dönemi için 6.278 - 9.959 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir (izelge 4.3). Yaprak Se içeriklerinin sulama uygulamaları için farklılıkları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ayrıca yaprak ortalama Se içerikleri dönemler arasında (8.296 ve 7.515 mg kg<sup>-1</sup>) farklılık göstermemiştir. Gelişme dönemi için S<sub>4</sub>, hasat dönemi S<sub>2</sub> uygulamaları hariç tutulduğu ve her iki dönem ortalamaları dikkate alındığında; uygulanan su miktarındaki azalışla ilişkili olarak yaprak arsenik içeriğinde bir artış söz konusudur. Ispanak (*Spinacia oleracea*), kırmızı horozibiği (*Amaranthus tricolor*) ve horozibiği (*Amaranthus oleraceus*) bitkilerinin ekiminden 20, 30, 40 ve 50 günlük sreler sonundaki bazı ağır metal içeriklerini araştıran Naser vd. (2011), bitkinin gelişimi ilerledikçe bitki Pb, Cd, Ni, Co ve Cr içeriklerinde lineer olmayan bir artış olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4. 3. Ayçiçeği As ve Se içerikleri, (mg kg<sup>-1</sup>)

	I. Dönemi		II. Dönemi		Ortalama	
	As	Se	As	Se	As	Se
<b>S1</b>	3.836	7.610	11.790	6.665	7.810	7.139
<b>S2</b>	3.554	8.693	10.173	6.278	6.860	7.485
<b>S3</b>	3.973	9.030	11.344	7.159	7.660	8.095
<b>S4</b>	3.537	7.850	11.650	9.959	7.590	8.903
<b>Ortalama</b>	3.725B	8.296	11.237A**	7.515		

Varyasyon Kaynakları	P <sub>(As)</sub>	F <sub>(As)</sub>	P <sub>(Se)</sub>	F <sub>(Se)</sub>
<b>Dönem</b>	0.000	57.240	0.243	1.470
<b>Uygulama</b>	0.908	0.180	0.267	1.440
<b>Dönem×Uygulama</b>	0.950	0.120	0.100	2.460

\* Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasında p<0.05 düzeyinde önemli farklılık vardır.

\*\*Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasında p<0.01 düzeyinde önemli farklılık vardır.

Mısır yapraklarında uygulanan su miktarının azalması genel olarak ortalama As içeriğinde düşüşe neden olmuştur (Çizelge 4.4). Keza S<sub>1</sub> ve S<sub>2</sub> uygulamalarında ortalama As içeriği 2.328 ve 2.407 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiş ve sonrasında azalarak S<sub>4</sub> uygulaması için 1.749 mg kg<sup>-1</sup> bulunmuştur. Yaprak As içerikleri, gelişme dönemi için 1.288-1.890 mg kg<sup>-1</sup> ve hasat dönemi için 2.109 - 2.923 mg kg<sup>-1</sup> aralığında bulunmuştur. Yaprak arsenik içeriğinde, gelişme dönemine göre hasat döneminde artma şeklinde ortaya çıkan değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (P<0.01).

Uygulanan su miktarının azalması Mısır yapraklarında, ortalama Se içeriğinde istatistiksel olarak önemli bulunan (P<0.05) bir artışa neden olmuştur (Çizelge 4.4). Kontrol (S<sub>1</sub>) uygulamasıyla S<sub>4</sub> uygulaması farklılık göstermiştir. Gelişme dönemi için yaprak Se içerikleri 3.443 - 4.272 mg kg<sup>-1</sup> ve hasat dönemi için 3.459 - 4.663 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur ve dönem ortalamaları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

Ayçiçeği ve Mısır yaprak As ve Se içeriklerinin dönemsel ve sulama düzeyi uygulamalarına bağlı değişimleri farklılık göstermiş olup bu değişimler toprak pH içeriği ve suyun çözücü özelliğinden kaynaklanmış olabilir. Kacar ve Katkat (2010)'

a göre bitkinin Se alımı pH aralıklarına göre değişmekte olup alkali pH grubuna giren topraklarda daha yüksek Se çözünürlüğünün olduğu belirtilmiştir.

Tarla kapasitesi'nin % 20, 40, 60 ve 80 düzeylerinde su uygulamalarının mabed ağacı aksamalarında iyon birikimi araştıran Bin vd. (2005), stres seviyesinin artması ile kök, gövde ve yapraklarda Mg, Mn ve Zn konsantrasyonunun arttığını, Cu'ın ise yapraklarda azaldığını bildirmişlerdir. Orta ve şiddetli seviyede su stresi altında fasulye bitkisinin iyon alım mekanizmasını araştıran Doğan (2006), tarafından kontrol bitkilerinde 3.714 ve 0.505  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak belirlenen Zn ve Mn içeriklerinin, şiddetli stres uygulanan bitkilerde 5.738 ve 0.579  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak bulunduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada; yaprak As ve Se içeriklerinin sulama düzeylerine bağlı değişimlerinin; Se için Zn ve Mn ile As için ise Cu ile bir benzerlik gösterdiği değerlendirilmesinin yapılabileceği ortaya çıkmaktadır.

Mısır ve ayçiçeği bitkisi As ve Se alımları karşılaştırdığında her iki dönemde de ayçiçeği bitkisinin mısır bitkisine göre daha fazla akümüle etme özelliğine sahip olduğu görülmüştür. Gulz vd. (2005), tarafından yapılan çalışmada; mısır bitkisi As miktarı 0.1 - 0.2  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında bulunurken ayçiçeği 0.4 - 1.2  $\text{mg kg}^{-1}$  belirlenerek ayçiçeğinin mısıra göre daha çok arsenik biriktirdiği belirtilmiştir.

Çizelge 4.4. Mısır As ve Se içerikleri, (mg kg<sup>-1</sup>)

	I. Dönemi		II. Dönemi		Ortalama		
	As	Se	As	Se	As	Se	
<b>S1</b>	1.851	3.443	2.806	3.484	2.328	3.463	B*
<b>S2</b>	1.890	4.141	2.923	3.459	2.407	3.800	AB
<b>S3</b>	1.857	4.272	2.109	3.514	1.983	3.893	AB
<b>S4</b>	1.288	4.208	2.211	4.663	1.749	4.436	A
<b>Ortalama</b>	1.721B**	4.016	2.512A	3.78			

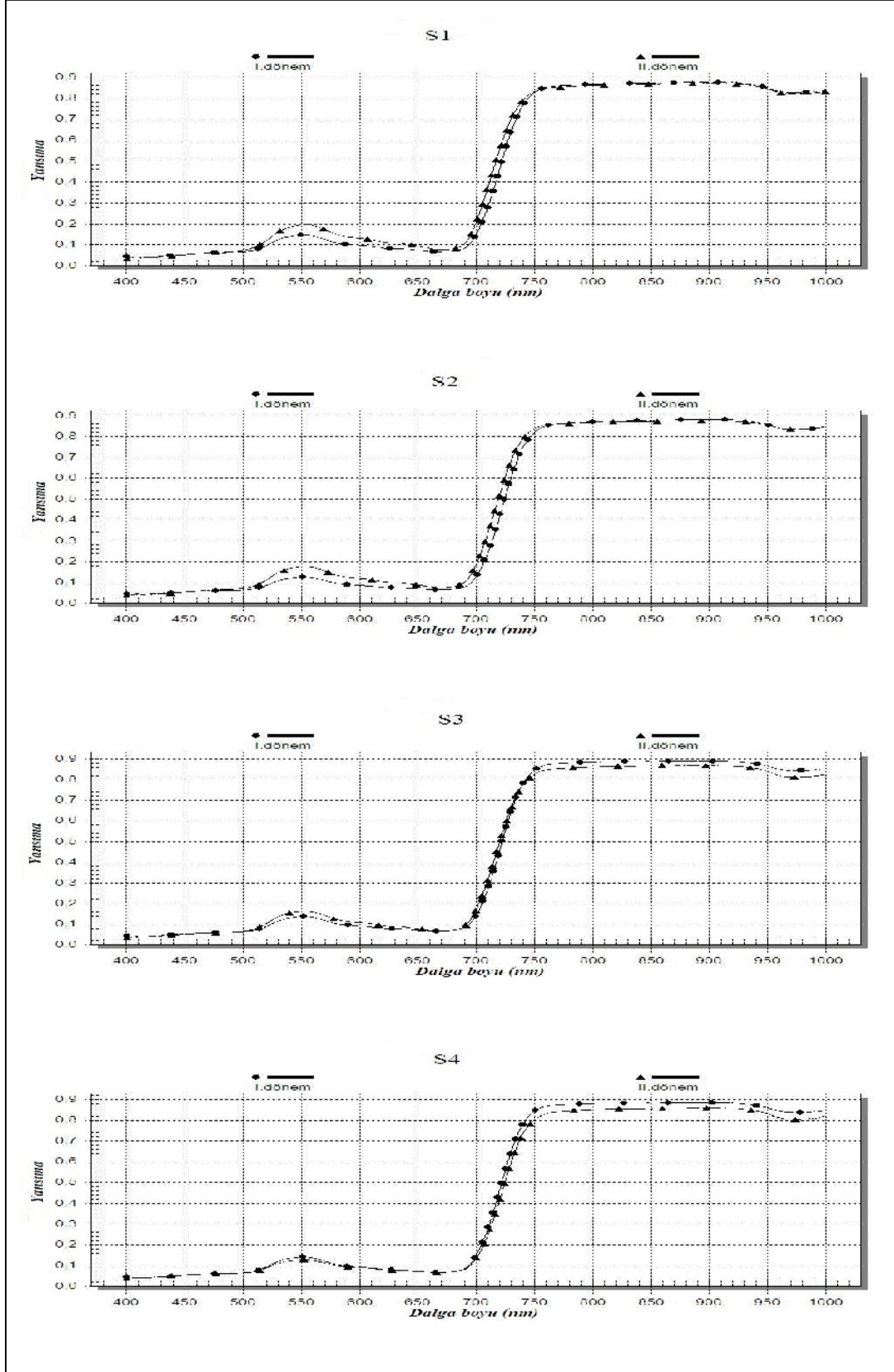
Varyasyon Kaynakları	P (As)	F (As)	P (Se)	F (Se)
<b>Dönem</b>	0.001	15.710	0.206	1.740
<b>Uygulama</b>	0.110	2.360	0.012	5.080
<b>Dönem×Uygulama</b>	0.500	0.820	0.083	2.670

\* Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasında p<0.05 düzeyinde önemli farklılık vardır.

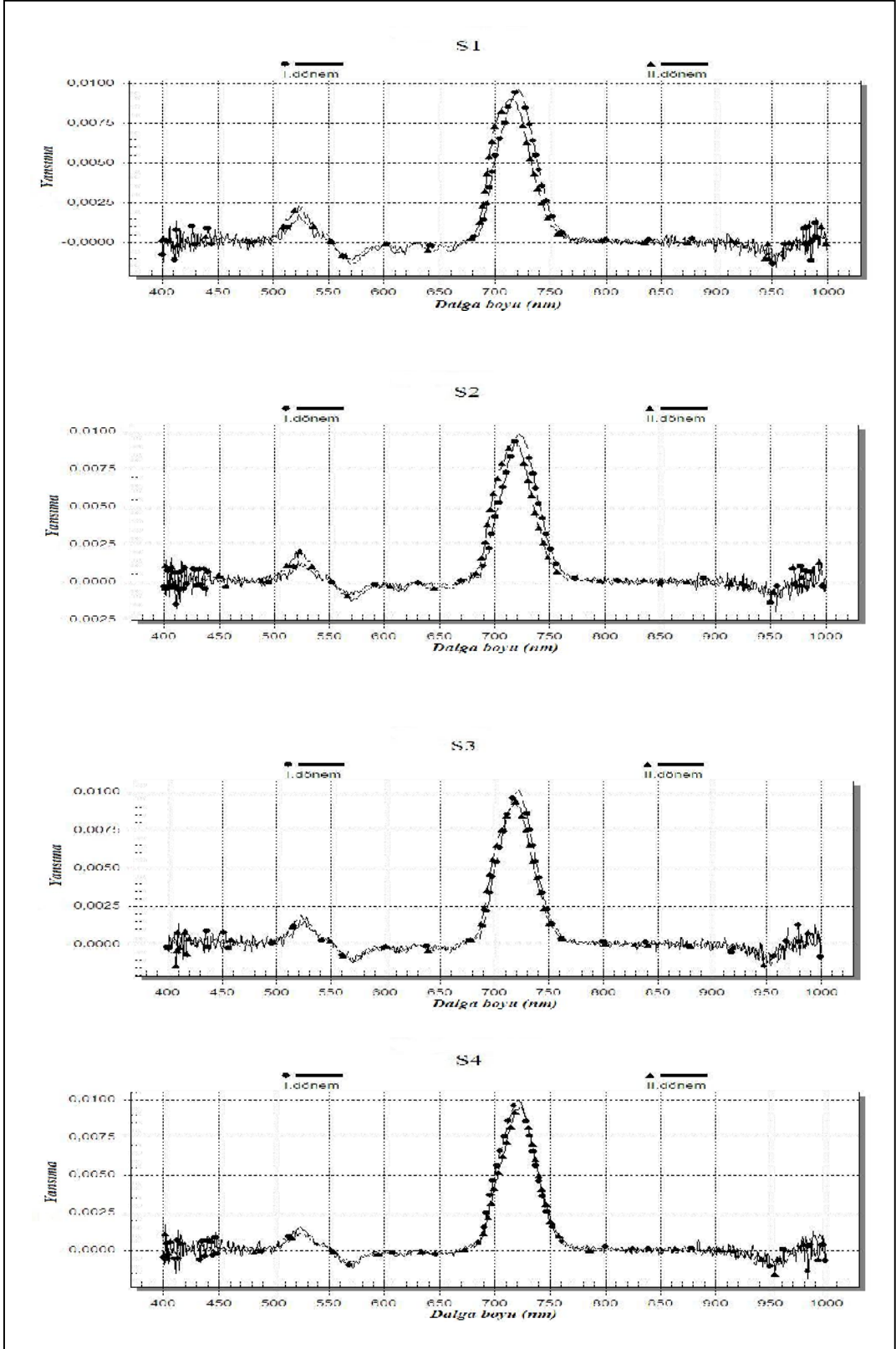
\*\*Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasında p<0.01 düzeyinde önemli farklılık vardır.

#### 4.4. Spektral Yansımalar

Ayçiçeği bitkisinde, sulama düzeyleri için aynı dalga boylarına ilişkin yansıma değerleri arasındaki dönemlere özgü farklılıklar Şekil 4.1' de gösterilmiştir. Ayrıca türevleri alınan verilerin spektral yansıma eğrileri ise Şekil 4.2'de verilmiştir. Genel olarak bitki besin elementi eksiklikleri ve klorofil içeriklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan görünür bölge (500 - 650 nm) dikkate alındığında; sulama düzeyleri için dönemler arası farklılıklar bakımından S<sub>4</sub> uygulamasının diğer uygulamalardan ayrıldığı gözlenmiştir. Söz konusu uygulamada dönemlere özgü eğrilerin birbirine çok yakın ve üst üste çakıştığı belirlenmiştir. Yaprağın fizyolojik yapısının belirlenebildiği yakın kızıl ötesi bölgede (700 - 1000 nm) ise; S<sub>1</sub> ve S<sub>2</sub> uygulamalarında üst üste çakışmalar nedeniyle belirgin farklılıkların olmadığı, S<sub>3</sub> ve S<sub>4</sub> uygulamalarının dönemselsel yansıma farklılıkları gösterdiği bulunmuştur.



Şekil 4.1. Ayçiçeği spektral yansıtma eğrileri



Şekil 4.2. Ayciçeği türev dönüşüm spektral yansima eğrileri

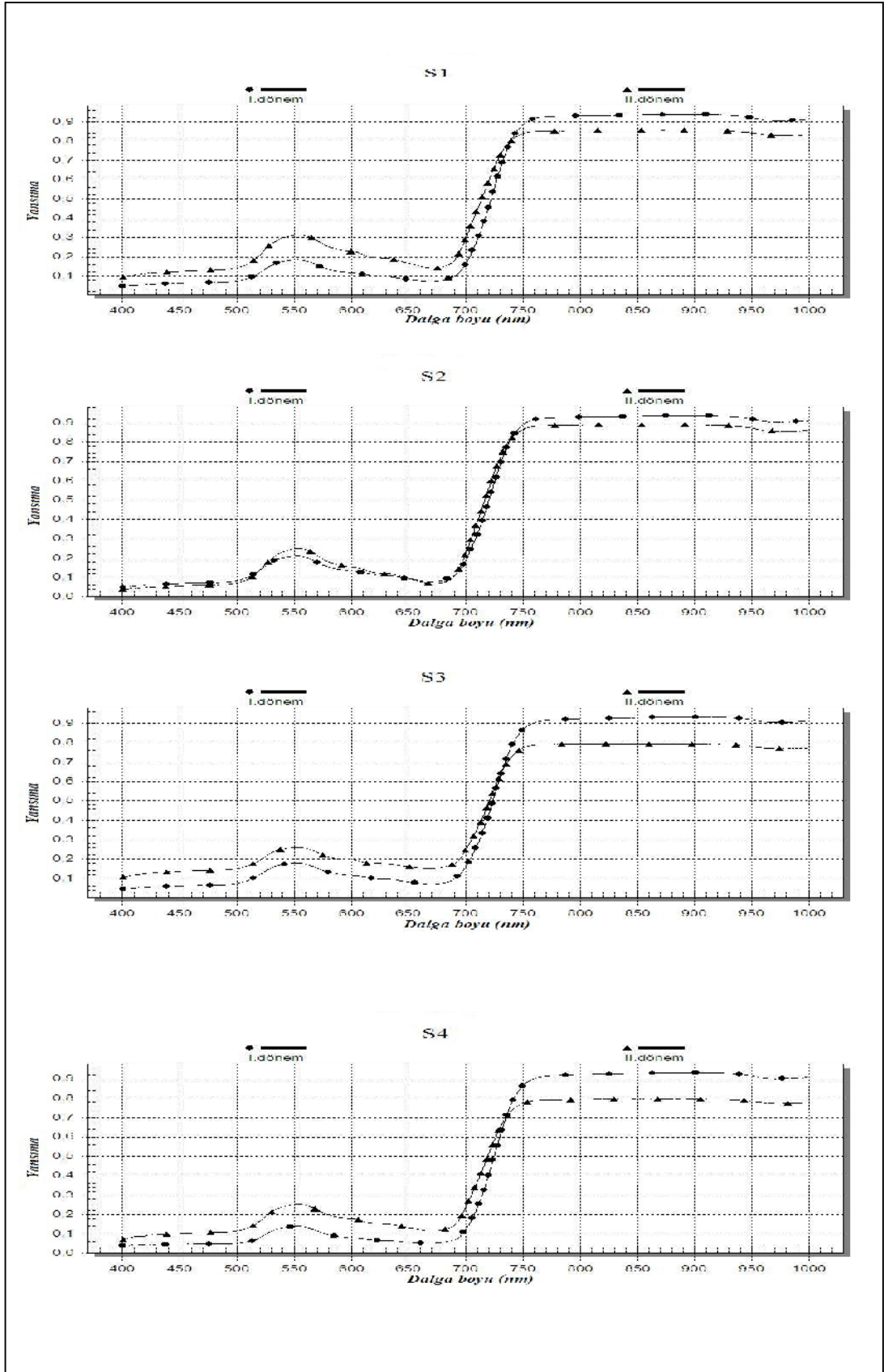
Mısır bitkisinde, sulama düzeyleri için aynı dalga boylarına ilişkin spektral yansıma değerleri arasındaki dönemlere özgü farklılıklar Şekil 4.2' de gösterilirken türev dönüşüm spektral yansıma eğrileri Şekil 4.3'de verilmiştir. Görünür (400 - 700 nm) ve yakın kızıl ötesi (700 - 1000 nm) bölgeler için S<sub>2</sub> uygulamasında diğer uygulamalara göre dönemler arası farklılıkların daha az belirgin olduğu gözlenmiştir.

Türev verileri ile oluşturulan grafiklerde ise 500-550nm dalga boyları arasında II. dönem eğrileri daha yüksek yansıma gösterirken 700-750nm arasında I.dönem eğrileri daha yüksek yansıma göstermiştir. 500-550nm dalga boylarında pik tepe noktaları yüksek yansımadan düşük yansımaya göre S<sub>1</sub>>S<sub>2</sub>>S<sub>3</sub>>S<sub>4</sub> şeklinde sıralanmıştır.

Milton vd. (1989), tarafından yapılan çalışmada; arsenik ve selenyum uygulaması sonrası soya fasülyesi bitkilerinde kontrol ile kıyaslandığında arsenik için en yüksek yansıma 550 - 650 nm arasında belirlenirken Selenyum için kontrol ile kıyaslandığında bu dalga boylarında daha düşük bir yansıma görüldüğü belirtilmiştir.

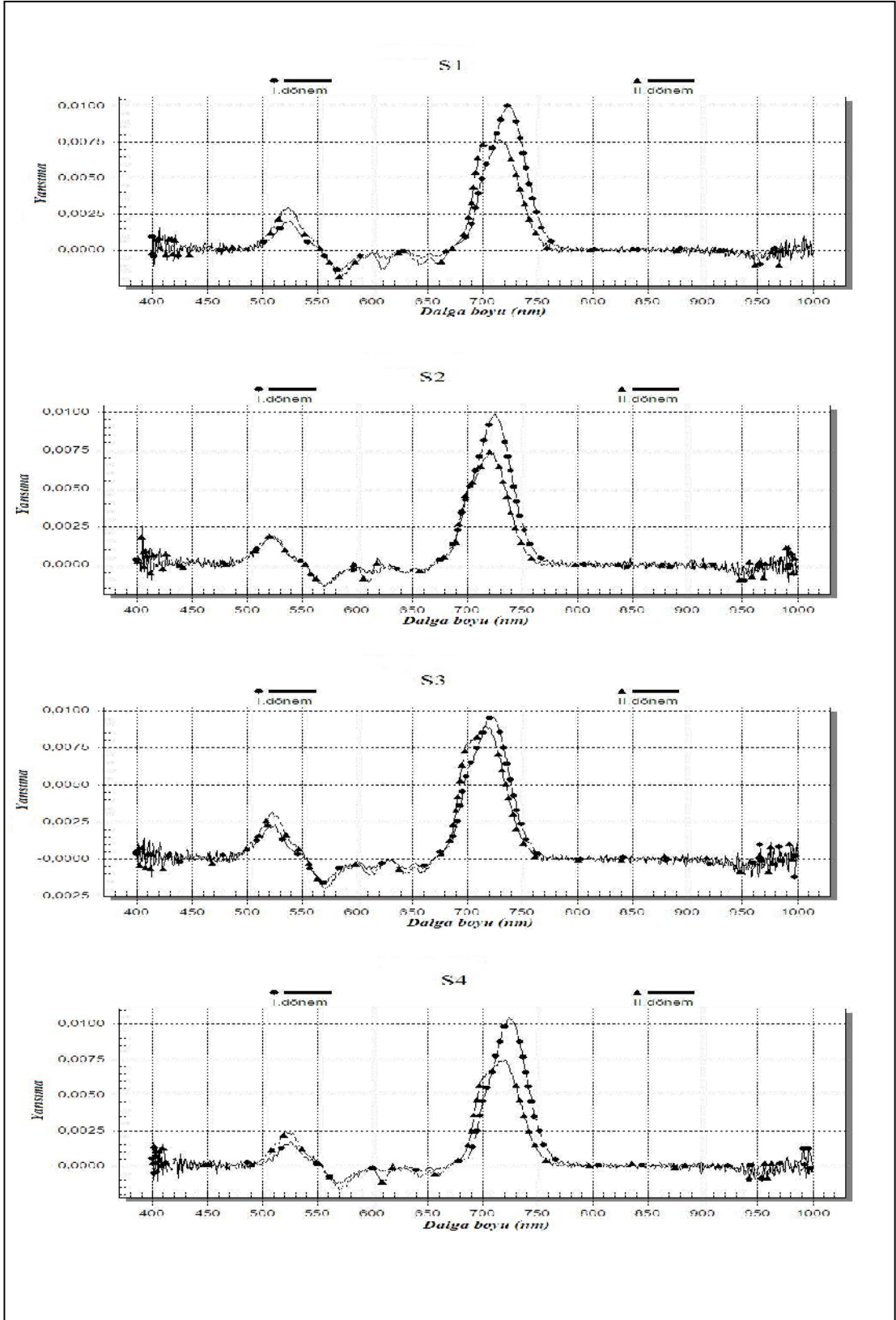
Genel olarak sulama düzeyleri için dönemler arası yansıma farklılıklarının, ayçiçeği ve mısır bitkilerinde yaprak As içeriklerinin dönemsel farklılıklarının istatistiksel olarak önemli bulunmasıyla ilişkilendirilebileceği ortadadır (Çizelge 4.3 ve 4.4).

Jacquemound ve Ustin (2001) 'e göre görünür bölge dalga boylarında yansıma karakteristikleri klorofil miktarı ve mineral içeriği ile doğrudan ilişkili olmakla birlikte, yapraklarda besin elementi eksiklikleri, su kaybı, yüksek tuzluluk veya hastalık ve zararlılar yaprakların spektral yansımalarında farklılaşmalara yol açabilmekte ve özellikle görünebilir yakın kızılötesi bölgede (400 - 1100 nm) farklı stres koşulları altındaki bitkiler sağlıklı bitkilere göre daha az yansıma göstermektedir (Laudien vd., 2003).



Şekil 4. 3. Mısır spektral yansım eğileri





Şekil 4.4. Mısır türev dönüşüm spektral yansınma eğrileri

#### 4.5. Bitki As ve Se İçeriği Tahmin Modelleri

Ayçiçeği ve mısır bitkilerinde yaprak spektral yansıma değerleri kullanılarak farklı sulama düzeyleri için As ve Se içeriği tahmin modelleri Çizelge 4,5,6,7,8'de verilmiştir. Ayçiçeği yaprak As içeriği ve spektral yansıma ilişkilerinin farklı sulama düzeyleri için değişiminin değerlendirilmesine yönelik yaklaşık 400 - 650 nm arası seçilen dalga boylarına ilişkin modellerde yüksek doğruluk katsayıları belirlenmiştir. S<sub>1</sub> uygulamasında 3 dalga boyu kullanılarak doğruluk katsayısı değeri R<sup>2</sup>= 0.9977 olarak belirlenirken diğer uygulamalarda 4 dalga boyu ile R<sup>2</sup>= 1 değerine ulaşılmıştır (Çizelge 4.5). Diğer taraftan 1 ve 2 dalga boyu kullanılarak elde edilen modeller için en küçük doğruluk katsayısı değerleri S<sub>3</sub> uygulamasında belirlenmiştir.

Ayçiçeği yaprak Se içeriği ve spektral yansıma ilişkilerinin farklı sulama düzeyleri için değişiminin değerlendirilmesi amacıyla elde edilen tahmin modellerinde yaklaşık 400-600 nm arasındaki dalga boylarının kullanıldığı gözlenmiştir. Se içeriklerinin tahmin modellerinde, S<sub>1</sub> uygulaması için sadece 1 dalga boyu ve düşük doğruluk katsayılı bir değer R<sup>2</sup>= 0.4481 elde edilebilmiştir. Diğer uygulamalar S<sub>3</sub> ve S<sub>4</sub> için 4 dalga boyu ile R<sup>2</sup>= 1 ve S<sub>2</sub> için ise yine 4 dalga boyu ile R<sup>2</sup>= 0.9969 olarak bulunmuştur. (Çizelge 4.6). Söz konusu uygulamalarda da 1 dalga boyu kullanımı ile elde edilen modellerin doğruluk katsayısı değerlerinin genelde düşük olduğu göze çarpmaktadır.

Mısır yaprak As içeriği ve spektral yansıma ilişkilerinin farklı sulama düzeyleri için değişiminin değerlendirilmesine yönelik yaklaşık 700-730 nm arasında dalga boyları kullanılarak elde edilen modellerde; uygulamaların tümü için 1 dalga boyu kullanımı söz konusudur. S<sub>1</sub> ve S<sub>4</sub> uygulamaları doğruluk katsayısı değerleri R<sup>2</sup>= 0.9525 ve 0.8189 olarak bulunurken diğer uygulamalar S<sub>2</sub> ve S<sub>3</sub> için düşük doğruluk katsayısı değerleri (R<sup>2</sup>= 0.3207 ve 0.3152) elde edilmiştir (Çizelge 4.7). Yaprak Se içeriklerine ilişkin modellerde ise S<sub>1</sub> ve S<sub>4</sub> uygulamaları için sadece bir dalga boyu ve düşük doğruluk katsayısı değerleri bulunmuş (R<sup>2</sup>= 0.5634 ve 0.6967) ve S<sub>2</sub> ve S<sub>3</sub> uygulamaları için 3 dalga boyu ile yüksek doğruluk katsayıları elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.5. Ayçiçeği As içerikleri tahmin modelleri

UYGULAMA	MODEL	DENKLEM	R <sup>2</sup>
S <sub>1</sub>	As <sub>1</sub> *	105.9+(-2383x413nm)	y = 0.8548x + 1.1230 R <sup>2</sup> = 0.8547
	As <sub>2</sub>	77.83+(-4309x413nm)+(2126x442nm)	y = 0.9949x + 0.0351 R <sup>2</sup> = 0.9949
	As <sub>3</sub>	116.38+(-4279x413nm)+(2182x442nm)+(-49x871nm)	y = 0.9977x - 0.2982 R <sup>2</sup> = 0.9977
S <sub>2</sub>	As <sub>1</sub>	-16.63+(267.53x639nm)	y = 0.8369x + 1.1241 R <sup>2</sup> = 0.8369
	As <sub>2</sub>	25.6+(646.44x639nm)+(-1141.3x492nm)	y = 0.9977x + 0.0155 R <sup>2</sup> = 0.9977
	As <sub>3</sub>	30.69+(605.47x639nm)+(-987.16x492nm)+(-288.66x415nm)	y = 0.9999x - 0.0005 R <sup>2</sup> = 0.9999
	As <sub>4</sub>	29.65+(636.78x639nm)+(-970.62x492nm)+(-298.01x415nm)+(-17.79x571nm)	y = x + 0.0023 R <sup>2</sup> = 1
S <sub>3</sub>	As <sub>1</sub>	-63.09+(832.3x621nm)	y = 0.7738x + 1.7292 R <sup>2</sup> = 0.7739
	As <sub>2</sub>	22.88+(1630.9x621nm)+(-2028.84x649nm)	y = 0.9826x + 0.127 R <sup>2</sup> = 0.9827
	As <sub>3</sub>	-61.08+(3957.9x621nm)+(-1190.66x649nm)+(-1452x529nm)	y = 0.9999x + 0.0057 R <sup>2</sup> = 0.9999
	As <sub>4</sub>	-57.86+(3953.2x621nm)+(-1215.22x649nm)+(-1438.2x529nm)+(-4.044x730nm)	y = 1.0001x + 0.0091 R <sup>2</sup> = 1
S <sub>4</sub>	As <sub>1</sub>	57.98+(-1171.84x401nm)	y = 0.9091x + 0.6894 R <sup>2</sup> = 0.9091
	As <sub>2</sub>	18.3+(-1196.39x401nm)+(932.9x419nm)	y = 0.9946x + 0.0412 R <sup>2</sup> = 0.9946
	As <sub>3</sub>	37.95+(-1065.23x401nm)+ (931.5x419nm)+(-32.15x744nm)	y = 0.9998x - 0.0015 R <sup>2</sup> = 0.9998
	As <sub>4</sub>	32.82+(-1095.04x401nm)+(836x419nm)+(-27.14x744nm)+(150.5x421nm)	y = x - 0.0062 R <sup>2</sup> = 1

\*Dalga boyu sayısı

Yapay olarak kirletilen topraklarda eğrelti otu türlerinden *Pteris cretica mayii*, *Pteris multifida* ve *Nephrolepis exaltata* bitkilerini yetiştiren Slonecker vd. (2009), ASD full range (400-2.500 nm) cihazı spektral yansıma değerleri ile *Pteris cretica mayii* bitkisi As içerikleri ilişkisini, yansıma değerlerinin 1. derece türevleri ve 555, 651, 687, 749, 998, 1448, 1644 ve 2184 nm dalga boyları kullanılarak elde edilen model için doğruluk katsayısı değerini R<sup>2</sup>= 0.75 olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 4.6. Ayçiçeği Se içerikleri tahmin modelleri

UYGULAMA	MODEL	DENKLEM	R <sup>2</sup>
S <sub>1</sub>	Se <sub>1</sub> *	-98.01+(120x881nm)	y = 0.4488x + 4.0865 R <sup>2</sup> = 0.4481
	Se <sub>1</sub>	15.91+(-77.7x595nm)	y = 0.8208x + 1.3356 R <sup>2</sup> = 0.8205
S <sub>2</sub>	Se <sub>2</sub>	22.44+(-1804.9x595nm)+(1589x586nm)	y = 0.9642x + 0.2725 R <sup>2</sup> = 0.9643
	Se <sub>3</sub>	24.24+(-1418x595nm)+(2156x586nm) +(-986.3x593nm)	y = 0.9989x + 0.0060 R <sup>2</sup> = 0.9988
	Se <sub>4</sub>	30.03+(-1363.1x595nm)+ (2522.9x586nm) +(-1428.1x593nm)+(-84.4x429nm)	y = 0.8940x + 1.8828 R <sup>2</sup> = 0.9969
S <sub>3</sub>	Se <sub>1</sub>	-14.566+(543.86x402nm)	y = 0.7589x + 1.9517 R <sup>2</sup> = 0.7589
	Se <sub>2</sub>	-5.026+(920.91x402nm)+(-626x412nm)	y = 0.9198x + 0.6509 R <sup>2</sup> = 0.9198
	Se <sub>3</sub>	-9.056+(807.44x402 nm)+(-1799.4x412nm) +(937.3x467nm)	y = 0.9982x + 0.0131 R <sup>2</sup> = 0.9982
	Se <sub>4</sub>	-10.76+(824x402nm)+(-1828.7x412nm) +(941.9x467nm)+(25.53x510nm)	y = x + 0.0013 R <sup>2</sup> = 1
S <sub>4</sub>	Se <sub>1</sub>	59.31+(-1163.33x409nm)	y = 0.6622x + 3.0028 R <sup>2</sup> = 0.6622
	Se <sub>2</sub>	39.29+(-1363.53x409nm)+(667.33x406nm)	y = 0.9695x + 0.2670 R <sup>2</sup> = 0.9695
	Se <sub>3</sub>	24.22+(-1688.31x409nm)+(524.6x406nm) +(41.537x766nm)	y = 0.9998x + 0.0013 R <sup>2</sup> = 0.9998
	Se <sub>4</sub>	25.91+(-1679.29x409nm)+(534.31x406nm) +(39.928x766nm)+(-23.1x436nm)	y = x - 0.0042 R <sup>2</sup> = 1

\*Dalga boyu sayısı

Çizelge 4.7. Mısır As içerikleri tahmin modelleri

UYGULAMA	MODEL	DENKLEM	R <sup>2</sup>
S <sub>1</sub>	As <sub>1</sub> *	-0.5927+(9.9x706nm)	y = 0.9517x + 0.1102 R <sup>2</sup> = 0.9525
S <sub>2</sub>	As <sub>1</sub>	-3.83+(10.1x726nm)	y = 0.3215x + 1.6498 R <sup>2</sup> = 0.3207
S <sub>3</sub>	As <sub>1</sub>	8.406+(-9.7x733nm)	y = 0.3166x + 1.3261 R <sup>2</sup> = 0.3152
S <sub>4</sub>	As <sub>1</sub>	-3.781+(9x727nm)	y = 0.8226x + 0.3360 R <sup>2</sup> = 0.8189

\*Dalga boyu sayısı

Çizelge 4.8. Mısır Se içerikleri tahmin modelleri

UYGULAMA	MODEL	DENKLEM	R <sup>2</sup>
S <sub>1</sub>	Se <sub>1</sub> *	-9.005+(17.2x733nm)	y = 0.5624x + 1.4942 R <sup>2</sup> = 0.5634
	Se <sub>1</sub>	5.614+(-19.365x655nm)	y = 0.9472x + 0.2008 R <sup>2</sup> = 0.9473
S <sub>2</sub>	Se <sub>2</sub>	5.56+(-160.844x655nm)+(140.551x654)	y = 0.9714x + 0.1085 R <sup>2</sup> = 0.9714
	Se <sub>3</sub>	5.545+(-277.014x655nm) + (242.156x654nm) + (20.1166x437nm)	y = 0.9999x - 0.0007 R <sup>2</sup> = 1
S <sub>3</sub>	Se <sub>1</sub>	0.1809+(4.4976x999nm)	y = 0.8777x + 0.4762 R <sup>2</sup> = 0.8777
	Se <sub>2</sub>	1.2822+(90.7105x999nm)+ (-87.2302x953nm)	y = 0.9985x + 0.0057 R <sup>2</sup> = 0.9985
	Se <sub>3</sub>	1.4001+(94.4453x999nm)+ (-75.8089x953nm)+(-15.387x959nm)	y = x + 0.0002 R <sup>2</sup> = 1
S <sub>4</sub>	Se <sub>1</sub>	-2.246+(8.7x737nm)	y = 0.6978x + 1.3508 R <sup>2</sup> = 0.6967

\*Dalga boyu sayısı

Albayrak vd. (2009), tarafından yapılan çalışmada; baklagil yem bitkilerinin N, P, K, ADF (Asit deterjan lif) ve NDF (Nötr deterjan lif) içeriklerinin spektrometre kullanılarak oluşturulan tahmin modelleri için doğruluk katsayısı değerleri R<sup>2</sup>= 0.77, 0.79, 0.64, 0.70 ve 0.77 olarak bulunmuştur.

Elma ağaçlarında spektrometre kullanılarak gerçekleştirilen bir çalışmada; N, Mg, Fe, Zn ve klorofil miktarları ile yansıma değerleri arasındaki ilişkilere yönelik modellerde doğruluk katsayısı değerleri sırasıyla R<sup>2</sup>= 0.99, 0.68, 0.94, 0.92 ve 0.98 olarak ve P, K, Ca, Cu ve Mn için ise sırasıyla R<sup>2</sup>= 0.97, 0.99, 0.71, 0.92 ve 0.99 olarak belirlenmiştir (Başayığit vd., 2009).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yapay olarak sodyum selenit ve sodyum arsenat heptahidrat ile kirletilmiş bir toprakta yetiştirilen ayçiçeği ve mısır bitkilerinin As ve Se içeriği ile spektral yansımalar arasındaki ilişkinin sulama düzeylerine bağlı olarak nasıl bir değişim gösterdiği incelenmiştir.

Bitki yapraklarının kuru madde %'leri, ayçiçeği için 19.632 - 21.135 ve mısır için ise 28.852 - 35.214 aralıklarında bulunmuştur. Ayçiçeği yaprak As ve Se içeriklerinin; I. dönemde sırasıyla 3.537 - 3.973 mg kg<sup>-1</sup> ve 7.610 - 9.030 mg kg<sup>-1</sup> ve II. dönemde ise 10.173 - 11.790 mg kg<sup>-1</sup> ve 6.278 - 9.959 mg kg<sup>-1</sup> aralıklarında değiştiği belirlenmiştir. Ayçiçeği yaprak As ve Se içerikleri sulama düzeyleri itibariyle istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiş ancak As için dönemler arası farklılık P<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Mısır yaprakları As ve Se içerikleri; I. dönem için 1.288 - 1.890 mg kg<sup>-1</sup> ve 3.443 - 4.272 mg kg<sup>-1</sup> ve II. Dönemde 2.109- 2.923 mg kg<sup>-1</sup> ve 3.459 - 4.663 mg kg<sup>-1</sup> aralıklarında değişmiştir. Mısır yaprak As içeriği dönemler (P<0.01) için ve Se içeriği ise sulama düzeyleri (P<0.05) için istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir.

Ayçiçeği bitkisinde, sulama düzeyleri için dönemler arası farklılıklar bakımından görünür bölgede (500-650 nm) S<sub>4</sub> uygulaması, eğrilerin birbirine çok yakın ve üst üste çakışması yönüyle diğer uygulamalardan ayrılmıştır. Kızılötesi bölgede (700 - 1000 nm) ise; S<sub>1</sub> ve S<sub>2</sub> uygulamalarının dönemsel yansıma farklılıkları göstermediği bulunmuştur. Mısır bitkisinde, görünür (400 - 700 nm) ve yakın kızılötesi (700 - 1000 nm) bölgeler için S<sub>2</sub> uygulaması dönemler arası değişim bakımından diğer uygulamalara göre farklılık göstermiştir. Dönemler arası yansıma farklılıkları, her iki bitki için yaprak As içeriklerindeki dönemsel farklılıkların istatistiksel olarak önemli bulunmasıyla uyumludur.

Ayçiçeği yaprak As içeriği ve spektral yansıma ilişkilerinin farklı sulama düzeyleri için değişimine ilişkin, 400 - 650 nm arası dalga boyları kullanılarak elde edilen modellerde S<sub>1</sub> uygulaması dışındaki uygulamalarda 4 dalga boyu ile R<sup>2</sup>= 1 değeri bulunmuştur. Ayçiçeği yaprak Se içeriği tahmin modellerinde ise 400 - 600 nm arası

dalga boyları için S<sub>1</sub> uygulaması ile sadece 1 dalga boyu ve düşük doğruluk katsayısı (R<sup>2</sup>= 0.4481) elde edilmiştir.

Mısır yaprak As içeriği ve spektral yansıma ilişkilerinin farklı sulama düzeyleri için değişimine yönelik 700 – 730 nm arası dalga boylarının kullanıldığı modellerde, S<sub>1</sub> ve S<sub>4</sub> uygulamalarına ilişkin doğruluk katsayısı değerleri R<sup>2</sup>= 0.9525 ve 0.8189 olarak belirlenmiştir. Yine Se içeriklerine ilişkin modellerde S<sub>2</sub> ve S<sub>3</sub> uygulamaları için 3 dalga boyu ile yüksek doğruluk katsayıları elde edilmiştir.

Ayçiçeği ve mısır yaprak Se içeriklerinin 1 dalga boyu kullanılarak oluşturulan tahmin modellerinin doğruluk katsayısı değerlerinin, sulama düzeyleri itibariyle değişimi (S<sub>2</sub>> S<sub>3</sub>> S<sub>4</sub>> S<sub>1</sub>) benzer bulunmuştur. Ayçiçeği ve mısır yaprak As ve Se içerikleri ile yaprakların spektral yansıma değerleri arasında istatistik olarak yüksek bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Sulama seviyelerine göre oluşturulan türev dönüşüm yansıma eğrilerinde 500-550nm dalga boyları arasında II. dönem eğrilerinin 700-750 nm arasında I. dönem eğrilerinin daha yüksek yansıma gösterdiği belirlenmiştir. 500-550 nm dalga boylarında pik tepe noktaları yüksek yansımadan düşük yansımaya göre S<sub>1</sub>>S<sub>2</sub>>S<sub>3</sub>>S<sub>4</sub> şeklinde sıralanmıştır.

Sonuç olarak ayçiçeği ve mısır yaprak As ve Se seviyesinin sulama suyuna bağlı değişiminin görünür yakın kızılötesi spektroskopik yöntem ile arazi koşullarında belirlenebilirliğine yönelik ümit verici sonuçlara ulaşılmış olup gelişme döneminde bitki As ve Se içeriğini belirlemek için yansıma eğrilerinde görünür bölge incelenirken hasat döneminde yakın kızılötesi bölgenin incelenmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abou-Shanab, R., Ghanem, N., Ghanem, K., Al-Kolaibe, A., 2007. Phytoremediation Potential of Crop and Wild Plants For Multi-Metal Contaminated Soils. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(5), 370-376.
- Akgül, M., Başayığit, L., Uçar, Y., Müjdecı, M., 2001. Atabey Ovası Toprakları. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın, 15, Araştırma Serisi Yayın, 1, Isparta.
- Albayrak, S., 2008. Use of Reflectance Measurements for the Detection of N. P. K. ADF and NDF Contents in Sainfoin Pasture. *Sensors*, 8(11), 7275-7286.
- Albayrak, S., Başayığit, L., Türk, M., 2009. Prediction of Quality Variables of Vicia Species in the Field by Reflectance Measurements. *Turkish Journal of Field Crops*, 14(1), 2-14.
- Al-Eed, M. A., Assubaie, F. N., El-Garawany, M.M., EL-Hamshary, H., ElTayeb, Z.M., 2013. Determination of Heavy Metal levels in Common Spices. Erişim Tarihi: 15.04.2013. <http://www.kfu.edu.sa/en/Deans/Research/Documents/1026.pdf>.
- 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. Erişim Tarihi: 20.04.2012. [http://www.pearltrees.com/#/N-play=2&N-fa=3188536&N-u=1\\_340073&N-p=74411944&N-s=1\\_4649035&N-f=1\\_4649035](http://www.pearltrees.com/#/N-play=2&N-fa=3188536&N-u=1_340073&N-p=74411944&N-s=1_4649035&N-f=1_4649035).
- Anonymous, 2011a. The International Agency for Research on Cancer. Erişim: 25.10.2011. <http://www.iarc.fr/>.
- Anonymous, 2011b. Environment Agency. Soil Guideline Values Reports Erişim: 12.12.2011. <http://environmentagency.resultspage.com/search?p=Q&ts=ev2&w=selenium>.
- Anonim, 2012. Isparta İli Coğrafyası. Erişim Tarihi: 20.08.2012. <http://www.cografya.gen.tr/tr/isparta.html>.
- Anonim, 2013. Isparta İli Meteoroloji İstasyon Kayıtları. Erişim Tarihi: 18.03.2013. <http://dmi.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx>.
- Başayığit, L., Albayrak, S., Şenol, H., Akgül, H., 2008. Spektrometre Verileri ile Bitki Besin Elementi İçeriğinin Tahmin Edilebilirliği. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 8-10 Ekim, Konya, 163-174.
- Başayığit, L., Albayrak, S., Şenol, H., 2009. Analysis of VNIR Reflectance for Prediction of Macro and Micro Nutrient and Chlorophyll Contents in Apple Trees (*Malus Communis*). *Asian Journal of Chemistry*, 21(2), 1302-1308.



- Başayığıt, L., Dedeoğlu, L., 2012. Elma Ağaçlarında Çinko Noksanlığının Görünür Yakın Kızılötesi (VNIR) Spektroskopik Yöntemle Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 5(2), 64-67.
- Bempah, C.K., Boateng, J., Asomaning, J., Asabere, S.B., 2012. Heavy Metals Contamination in Herbal Plants From Some Ghanaian Markets. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 2(3), 886-896.
- 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, 29(6), 15-18.
- Dedeoğlu, M.2011. Elma ve Kiraz Ağaçlarında Çinko Noksanlığının Görünür Yakın Kızılötesi (VNIR) Spektrometrik Yöntemle Belirlenebilirliğinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 56s, Konya.
- Dedeoğlu, M., Başayığıt, L., 2013. Kiraz Ağaçlarında Çinko Noksanlığının Spektral Türev Eğrileri ile Belirlenebilirliği. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 6(1), 26-29.
- Demiralay, 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 143, Erzurum.
- 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.
- Epa, 2001. U.S. Environmental Protection Agency. Introduction to Phytoremediation. EPA/600/R- 99/107.
- Epa 3051, 2007. Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils. Environmental Protection Agency, US.
- Essiett, U. A., Ogbemudia, G.S., Bruno, E. J., Effiong, F. O., 2010. Heavy Metal Concentrations in Plants Growing in Crude Oil Contaminated Soil in Akwa Ibom State. South-Eastern Nigeria, African Journal of Pharmacy and Pharmacology, 4(7), 465-470.
- Eyüpoğlu, F., 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 220, Ankara.
- Fayiga, A.O., Ma, L.Q., Zhau, Q., 2007. Effects of Plant Arsenic Uptake and Heavy Metals On Arsenic Distribution in an Arsenic-Contaminated Soil. Environmental Pollution, 147, 737-742.

- Ge, T., Sun, N., Bai, L., Tong, C., Sui, F., 2012. Effects of Drought Stress on Phosphorus and Potassium Uptake Dynamics in Summer Maize (*Zea mays*) Throughout The Growth Cycle. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34(6), 2179-2186.
- Gonzaga, M.I.S., Santos, J.A.G., Ma, L.Q., (2008). Phytoextraction by Arsenic Hyperaccumulator *Pteris Vittata L.* From Six Arsenic-Contaminated Soils: Repeated Harvests and Arsenic Redistribution. *Environmental Pollution*, 154, 212-218.
- Graeff, S., Steffens, D., Schubert, S., 2001. Use of Reflectance Measurements for The Early Detection of N. P. Mg and Fe Deficiencies in *Zea mays L.* *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164, 445-450.
- Gulz, P.A., Gupta, S.K., Schulin, R., 2005. Arsenic Accumulation of Common Plants from Contaminated Soils. *Plant and Soil*, 272, 337-347.
- Güney, E., Tan, M., Yolcu, H., 2012. Yield and Quality Characteristics of Sunflower Silages in Highlands. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(1), 31-34.
- 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 Heavy Metals. *Chemosphere*, 70(3), 531-7.
- Jacquemoud, S., Ustin, S. I., 2001. Leaf Optical Properties: A state of the art. Proc. 8th Int. Symp. "Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing" January 8-12, CNES, France, 223-232.
- Kacar, B., 2009. Toprak Analizleri. Nobel Yayın Evi, 468, Ankara.
- Kacar, B., Katkat, V., Öztürk, Ş., 2010. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayınevi, 556, Ankara.
- Kacar, B., Katkat, V., 2010. Bitki Besleme. Nobel yayınları, 660, Ankara.
- Laudien, R., Bareth, G., Doluschitz, R., 2003. Analysis Hyperspectral Field Data for Detection of Sugar Beet Diseases. EFITA 2003 Conference, Deprecen Hungary.
- Liu, M., Liu, X., Ding, W., Wu, L., 2011. Monitoring Stress Levels on Rice With Heavy Metal Pollution From Hyperspectral Reflectance Data Using Wavelet-Fractal Analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13, 246-255.
- 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.
- Milton, N.M., Ager, C.M., Eisweth, B.A., Power, M.S., 1989. Arsenic- and Selenium-Induced Changes in Spectral Reflectance and Morphology of Soybean Plants. *Remote Sensing of Environment*, 30(3), 263-269.

- Murillo, J.M., Marañón, T., Cabrera, U.F., López, R., 1999. Accumulation of Heavy Metals in Sunflower and Sorghum Plants Affected by the Guadiamar Spill. *The Science of the Total Environment*, 242, 281-292.
- Naser, H.M., Sultana, S., Mahmud, N.U., Gomes, R., Noor, S., 2011. Heavy Metal Levels in Vegetables with Growth Stage and Plant Species Variations. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 36(4), 563-574.
- 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)
- Silva, T.A., Beyl, C.A., 2005. Changes Spectral Reflectance of Wheat Leaves in Response to Specific Macronutrients Deficiency. *Advance in Spaces Research, COSPAR Publication*, 35, 305-317.
- Slonecker, T., Haack, B., Price, S., 2009. Spectroscopic Analysis of Arsenic Uptake in Pteris Ferns. *Remote Sensing*. 10.3390/rs1040644, 644-675.
- Solhi, M.S., Hajabbasi, M. A., 2005. Lead and Zinc Extraction Potential of Two Common Crop Plants, *Helianthus annuus* and *Brassica napus*. *Water, Air, and Soil Pollution*, 167(1/4), 59-71.
- Swaine, D.J., 1995. *The Trace Element Content of Soils*. Common Wealth Agricultural Bureaux, 157, England.
- Thomas, J.R., Gausman, H.W., 1966. Leaf Reflectance vs. Leaf Chlorophyll and Carotenoid Concentrations for Eight Crops. *Agronomy Journal*, 69, 799–802.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2013. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim Tarihi: 10.03.2013. [http://www.tuik.gov.tr/Gosterge.do?metod=GostergeListe&alt\\_id=45](http://www.tuik.gov.tr/Gosterge.do?metod=GostergeListe&alt_id=45) .
- U.S, Salinity Laboratory Staff, 1954. *Diagnosis and Improvement of Salina and Alkali Soils*. Agricultural Handbook, 60, U.S.D.A.
- Viscarra Rossel, R.A., Walvoort, D.J.J., McBratney, A.B., Janik, L.J., Skjemstad, J.O., 2006. Visible, Near Infrared, Mid-Infrared or Combined Diffuse Reflectance Spectroscopy for Simultaneous Assessment of Various Soil Properties. *Geoderma*, 131, 1-2, 59-75.
- 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.

- Winogradow, A.P., 1954. Geochemie Seltener undnur in Spuren Vorhandener Chemischer Elemente im Boden. Akademie-Verl, 77-84.
- Yılmaz, D.D., Temizgül, A., 2012. Assessment of Arsenic and Selenium Concentration with Chlorophyll Contents of Sugar Beet (*Beta vulgaris* var.saccharifera) and Wheat (*Triticum aestivum*) Exposed to Municipal Sewage Sludge Doses. *Water, Air, & Soil Pollution*, 223(6), 3057-3066.
- Zengin, F.K., Munzuroğlu, Ö., 2006. Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) Fidelerinin Toplam Çözünebilir 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 : Pelin ALABOZ  
Doğum Yeri ve Yılı : Ankara. 1987  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : pelincelikok@sdu.edu.tr



### Eğitim Durumu

Lise : Yıldırım Beyazıt Lisesi. 2005  
Lisans : SDÜ. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü. 2010

### Mesleki Deneyim

SDÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü 2010-...

### Yayımları

Mujdeci, M., Senol, H., Cakmakci, T., Celikok, P., 2011. The Effects of Different Soil Water Matric Suctions on Stomatal Resistance. Journal of Food, Agriculture&Environment, 9(3,4), 1027-1029.