

İmazamox herbisitinin ve türevlerinin ayçiçeği bitkisinin farklı kısımlarında ve ayçiçeği florası etkisi altında üretilen bal örneklerindeki kalıntı düzeyleri

Ulviye ÇEBİ¹ Cemile ÖZCAN² Mehmet Ali GÜRBÜZ¹ Selçuk ÖZER¹

¹ Kırklareli Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü, Kırklareli

² Kırklareli Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Kırklareli

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: ulviyecebi@yahoo.com

ORCID:0000-0002-1587-6318

Makale Bilgisi/Article Info
Derim, 2019/36(1):99-107
doi:10.16882/derim.2019.542462

Araştırma Makalesi/Research Article
Geliş Tarihi/Received: 20.03.2019
Kabul Tarihi/Accepted: 27.05.2019



Öz

Araştırma Trakya Bölgesi/Kırklareli İlinde saksı koşullarında yürütülmüştür. Saksılar tınlı kum ve tın bünyeye sahip iki farklı toprak ile doldurulmuştur. Ayçiçeği bitkisine 4-10 gerçek yapraklı olduğunda 0.5 ve 7.5 ml da⁻¹ dozlarında imazamox uygulanmıştır. Çalışma sulu şartlarda yürütülmüş olup, sulamalar tabla oluşumu, çiçeklenme başlangıcı ve süt olumu fenolojik dönemlerinde yapılmıştır. Çalışmada ayçiçeği bitkisinin yaprak, gövde ve tabla kısımlarındaki imazamox kalıntı miktarları belirlenmiştir. Ayrıca farklı bölgelerden, ayçiçeği florası etkisi altında üretilen bal örnekleri toplanarak, imazamox etkili maddesinin (herbisit) nihai ürünlerde kalıntı bırakıp bırakmadığı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; bitkinin farklı kısımlarında belirlenen imazamox kalıntı miktarları seviyeleri tabla>yaprak>gövde (sap) olarak sıralanmıştır. Yaprak kısmında imazapic ve imazapyr, gövde kısmında da imazapic türevlerine rastlanmıştır. Uygulanan farklı miktarlardaki imazamox dozları, sulama oranları ve toprak yapısı, kalıntı miktarları üzerinde etkili olmuştur. Bal örneklerinde imazamox ve türevlerine ait kalıntılara rastlanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Ayçiçeği; Bal; Kalıntı; İmazamox

Residual levels of imazamox herbicide and derivatives in different parts of sunflower plant and honey samples produced under the effect of sunflower flora

Abstract

This research was carried out under flowerpot conditions in Kırklareli province of Thrace region. The pots were filled with two different soil types, which had loamy sand and sand structures. The imazamox with the doses of 0.5 and 7.5 ml da⁻¹ were applied to the sunflower plant when it had 4-10 leaves. The study was carried out in watery conditions and the irrigations were done three different phenological periods. Imazamox residual amounts were determined in leaf, stem and table parts of the sunflower plant in the study. Besides, the honey samples, which were produced under the effect of sunflower flora, were collected from different regions and it was investigated whether or not the imazamox herbicide left residual in the final products. According to the results, the imazamox residual amount levels in different parts of the plant were ranged as table>leaf>stem. Imazapic and imazapyr derivatives in the leaf part and imazapic derivatives in the stem part were observed. Different amounts of imazamox doses, irrigation ratios and the soil structure were effective on the residual amounts. The residuals of imazamox and derivatives in the honey samples were not observed.

Keywords: Sunflower; Honey; Residual; Imazamox

1. Giriş

Dünyada artan nüfusa paralel olarak artan gıda gereksinimine karşın, birim alandan yüksek verim alınması amaçlanmaktadır. Yüksek ve kaliteli verim elde etmek amacıyla tarımsal üretimde birçok girdi kullanılmakta ve bu girdilerden optimum yarar sağlanmaya çalışılmaktadır. Tarımsal girdilerin en önemli olanlarından bir tanesi de pestisitlerdir. Pestisitler, bitkilerin hastalık, zararlı ve yabancı

otların etkilerinden korunmasını sağlayarak ürün miktarını ve kaliteyi arttırmaktadır. Modern tarımın vazgeçilmez girdilerinden biri olan pestisit kullanımı avantajlarının yanı sıra insan sağlığı ve çevre kirliliği açısından birçok dezavantajı da beraberinde getirmektedir. Türkiye'de pestisit kullanımı her ne kadar gelişmiş ülkelerdeki pestisit kullanma oranlarından az olsa da, yapılan entansif tarım ve en çok kullanılan pestisitlerin çevre ve sağlık açısından sorunlu kimyasal maddeler içermesi,

pestisitlerin bilinçli ve kontrollü kullanılması hususundaki önemini arttırmaktadır (Çebi vd., 2017).

Ayçiçeği bitkisi Dünya'da ve Türkiye'de en önemli yağ bitkilerinden biridir. Türkiye'de genelde yağlık olarak yetiştirilir ve ekiminin %70'inden fazlası Trakya ve Marmara Bölgesinde yapılmaktadır. Ayçiçeğinden, yüksek ve kaliteli verim elde edilmesinde yabancı ot kontrolünün önemi büyüktür. Zira özellikle ilk gelişme evresinde yabancı otlar su, besin ve ışık açısından ayçiçeği ile rekabete girerler. İmazamox, Trakya Bölgesinde 2015 yılı verilerine göre, %72'lik kullanım oranı ile en çok kullanılan herbisit olmuştur. İMİ teknolojisi, ayçiçeği tarımında imidazolinone herbisitlerinin kullanımına izin veren yabancı ot kontrolü seçeneği olarak geliştirilmiştir. İmidazolinone herbisitlerinin etki mekanizması asetohidroksiasit sentaz (AHAS) inhibitörleridir. Geleneksel ayçiçeği imidazolinone herbisitlerine karşı daha duyarlı iken, İMİ ayçiçeği hibritleri bu herbisite dayanıklı bir şekilde hayatta kalabilecek şekilde modifiye edilmiştir (Pfenning vd., 2008). Tan vd. (2005), imazamox'un, imidazolinone herbisitlerinin grubundan olan bir pestisit olduğunu ve bitkilerdeki aminoasit zincirinin biyosentezi için kritik bir enzim olan asetoaktat synthase (ALS) olarak da adlandırılan asetohidroksi asit synthase (AHAS) enzimini inhibe ederek yabancı otların kontrol altına alınmasını sağlayan bir bileşen olduğunu bildirmişlerdir. Kaynağa göre imidazolinone toleranslı mısır, buğday, çeltik, kanola ve ayçiçeği bitkileri, 1992'den beri ticarileştirilen bu sistemde geleneksel yetiştirme metotları kullanılarak üretilmektedir ve her bir bitki için benzer bir sistem (herbisitlere dayanıklı gen transferi) oluşturulması savunulmakta ve bu konudaki çalışmalara devam edildiği belirtilmektedir.

İmazamox kullanımına ilk fasulye bitkisi ile başlanmış olup Dünya genelinde 15 farklı tohumda kullanılmaktadır. 2004 yılında imazamox'un insan ve çevre üzerindeki etkileri araştırılmaya başlanmış ve 2008 yılında kullanımına sınırlamalar getirilmiştir (Hamel, 2012). İmazamox bitkiye uygulanan sistemik bir herbisittir. Bitki yüzeyine uygulanan imazamox, daha sonra sistemik özelliğinden dolayı temas eden dokulardan giriş yapar ve buradan bitkinin diğer organlarına taşınmaktadır. Bitki herbisite direkt maruz kaldığı gibi (imazamox'un

püskürtülerek uygulanması sırasında bir kısmı evaporasyon ve dağılıma nedeniyle kaybolurken, diğer kısmı bitki üzerinde ve toprak yüzeyinde kalmaktadır) toprağa karışan miktardan da etkilenmektedir. Herbisit, bitkilerde bıraktığı kalıntılar konusunda literatüre rastlanmamış olup, bazı çalışmalarda imazamox ve türevlerinin ayçiçeği bitkisinin biyokütle, tabla çapı ve verim parametrelerinde olumsuz etki yaratmadığı (Garcia-Tores vd., 1995), bir diğer çalışmada da (Tityanov vd., 2011) genç yapraklarda uygulama sonrası sararmalar meydana geldiği ortaya konmuştur.

Birçok pestisitte olduğu gibi, toprağın kil içeriği, pH derecesi, organik madde yüzdesi ve toprağın nem düzeyi imazamox'un topraktaki kalıcılığını ve/veya yarılanma ömrünü etkilemektedir. Toprak pH'nın artması ile toprakta imazamox adsorpsiyonu artmakta ve yarılanma ömrü uzamaktadır (Loux vd., 1989; Celis vd., 1999; Bresnahan vd., 2002; Ball vd., 2003; Aichele ve Donald, 2005; Ulbrich vd., 2005; Wang vd., 2005). Benzer şekilde topraktaki kil miktarının (Loux vd., 1989; Celis vd., 1999; Pannacci vd., 2006; Kraemer vd., 2009) ve organik madde yüzdesinin (Loux vd., 1989; Kraemer vd., 2009; Braschi vd., 2011; Sondhia, 2013) artması imazamox'un kalıcılığını arttırmaktadır. Birçok faktör, toprak-su-bitki-herbisit ilişkisini etkilemektedir. Yağış veya sulama bu faktörlerden en önemlilerinden biridir. Heiser (2007)'e göre topraktaki nem miktarında meydana gelen azalmalar neticesinde köke doğru herbisit taşınması azaldığından bitki gövdesine de taşınım azalmaktadır. Diğer yandan topraktaki nem miktarının artması, herbisitlerin yarılanma ömrünü kısaltmaktadır. Yürütülen bu çalışmada, imazamox'un ayçiçeği bitkisinin farklı aksamalarında ve ayçiçeği florası etkisi altında üretilen ballarda ne düzeyde kalıntı bıraktığı belirlenmiş ve irdelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Araştırma yerinin tanımı

Araştırma Marmara Bölgesinin kuzey kısmında yer alan Kırklareli İlinin 4 km batısında bulunan Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsünde saksı şartlarında

yürütülmüştür. Kırklareli ili 41°42' Kuzey enlemi, 27°12' doğu boylamı ve 190 m yükseltide yer almaktadır. İlin uzun yıllar iklim verilerine göre yıllık ortalama yağışı 570.2 mm olarak belirlenmiştir. En çok yağış alan aylar Kasım (66.2 mm) ve Aralık (70.7 mm), en az yağış alan aylar da Temmuz (25.0 mm) ve Ağustos (21.4 mm). Yıllık ortalama sıcaklık 13.3°C olup saptanan maksimum ve minimum sıcaklar +42.5 ile -15.8°C'dir. En sıcak aylar Temmuz (23.9°C) ve Ağustos (22.4°C), en soğuk aylar da Ocak (2.9°C) ve Şubat (4°C) aylarıdır. Araştırmanın yürütüldüğü 2014 yılında ayçiçeği bitkisinin gelişme döneminde (Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos) toplamda 217.9 mm yağış düşmüştür. Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos aylarının ortalama sıcaklık değeri 21.9°C olarak ölçülmüştür.

2.1.2. Toprak özellikleri

Çalışma, 70 cm çapında (alt taban 60 cm çapında) ve 60 cm yüksekliğinde 195 L'lik saksılarda yürütülmüştür. Saksıların yüzey alanı 0.39 m²'dir. Toplamda 54 adet saksı kullanılmış olup, saksıların dip kısmına 5 cm kalınlığında 12-19 mm'lik mıcır, mıcırın üzerine de Çizelge 1'de özellikleri verilen topraklar doldurulmuştur.

2.1.3. Çalışmada kullanılan imazamox aktif madde içerikli herbisit

Denemede imazamox etken maddeli herbisit kullanılmıştır. Kullanılan herbisit suda çözünen formülasyona sahip olup 40 g L⁻¹ imazamox aktif madde içermektedir. Herbisit ayçiçeği bitkisi 4-10 gerçek yaprak döneminde, 125 mL da⁻¹ hesabı ile canavar otu, darıcan, domuz pıtrağı, horozibiği, köpek üzümü, kırmızı köklü tilkikuyruğu, sirken ve çobandeğneği zararlılarına karşı kullanılmaktadır. İmazamox (2-[4.5-dihydro -4 - methyl- 4- (1- methylethyl)-5-oxo-1 H- imidazol -2 -yl]-5-(methoxymethyl)-3-pyridinecarboxylic acid) 305.33 molekül ağırlığına sahip olan ve herbisit olarak kullanılan bir bileşiktir. pH 5, 7 ve 9'da yarılanma ömrüne sahip kararlı bir yapıdadır ve hidroliz ile bozulma karşısında kararlı bir bileşiktir.

2.1.4. Denemede kullanılan ayçiçeği bitkisinin özellikleri

IMI Toleranslı sanay mr ayçiçek tohumu, Sanay MR, güçlü, güvenli ve yüksek verimli IMI ayçiçeği çeşididir. IMI grubu ilaçlara karşı yüksek oranda dayanıklıdır.

2.2. Yöntem

Deneme iki farklı toprak, üç farklı imazamox dozu ve üç farklı sulama suyu uygulaması olmak üzere üç tekrarlamalı olarak tesadüf parsellerinde bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülmüştür (Çizelge 2).

Çizelge 1. Deneme alanlarına ait topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Deneme alanı	pH	Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	Bünye sınıfı			Organik madde (%)	Kasyon değişim kapasitesi (me 100g ⁻¹)
			% Kil	% Silt	%Kum		
T1	4.95	1.82	8.33	12.50	79.17	Tınlı	0-30 cm 0.41
						Kum	30-60 cm 0.39
T2	7.28	1.50	22.92	31.25	45.83	Tın	0-30 cm 1.99
							30-60 cm 1.76

Çizelge 2. Deneme konuları

Toprak tipi	İmazamox dozu	Alt konular (Su düzeyleri)		
		S1 (%75)	S2 (%100)	S3 (%125)
T1	I1=0 ml da ⁻¹	T ₁ I ₁ S ₁	T ₁ I ₁ S ₂	T ₁ I ₁ S ₃
	I2=5 ml da ⁻¹	T ₁ I ₂ S ₁	T ₁ I ₂ S ₂	T ₁ I ₂ S ₃
	I3=7.5 ml da ⁻¹	T ₁ I ₃ S ₁	T ₁ I ₃ S ₂	T ₁ I ₃ S ₃
T2	I1=0 ml da ⁻¹	T ₂ I ₁ S ₁	T ₂ I ₁ S ₂	T ₂ I ₁ S ₃
	I2=5 ml da ⁻¹	T ₂ I ₂ S ₁	T ₂ I ₂ S ₂	T ₂ I ₂ S ₃
	I3=7.5 ml da ⁻¹	T ₂ I ₃ S ₁	T ₂ I ₃ S ₂	T ₂ I ₃ S ₃

2.2.1. Sulama

Sulama zamanlarının belirlenmesi, bitkinin suya duyarlı olduğu tabla oluşumu, çiçeklenme başlangıcı ve süt olumu dönemi olmak üzere üç dönem esas alınarak yapılmıştır (Karaata, 1991). Tabla oluşumu, ekimden 70-75 gün sonra, çiçeklenme başlangıcı, tabla oluşumundan yaklaşık 15 gün sonra ve süt oluşumunu devresi de çiçeklenme başlangıcından yaklaşık 15 gün sonraya tekabül etmiştir. Saksı topraklarındaki eksik nem gravimetrik yöntemle belirlenerek tarla kapasitesi, tarla kapasitesinden %25 eksik ve %25 fazlası seviyesine getirilmiştir (Şekil 1).

2.2.2. Bitki örnekleme

Saksılar Çizelge 1'de özellikleri verilen iki farklı toprak ile doldurulduktan sonra, Nisan ayı başında her saksıya 9 adet tohum ekilmiştir. Tohumlar çimlenip, 4-10 yapraklı olduklarında, imazamox püskürtme şeklinde 125 ml da⁻¹ hesabı ile uygulanmıştır. İmazamox uygulamasını takip eden birinci hafta bitki örnekleme yapılmış ve birinci bitki örneklemeinden sonra saksılarda 4 adet, ikinci bitki örneklemeinden (çiçeklenme dönemi) sonra 2 adet bitki bırakılmıştır. Kalan son 2 bitkiden de hasat döneminde örnekleme yapılmıştır. Örnekleme bitkinin yaprağından, gövdesinden ve tabla aksamlarından yapılmıştır

2.2.3. Bal örnekleme

Bölgede, ayçiçeği üretimi yapılan alanlarda arıcılık işletmeleri de faaliyet göstermektedir. Bu işletmelerden 2014 yılında 10 adet, 2015

yılında da 10 adet bal numunesi toplanmış (Şekil 2) ve ayçiçeğinden alınan polenlerle üretilen ballarda imazamox herbisitinin ve türevlerinin kalıntı bırakıp bırakmadığını araştırılmıştır.

2.2.4. Analiz yöntemleri

Bitki ve bal örneklerinin analize hazırlanmasında ve analizlerde Ozcan vd. (2017)'de yer alan yöntemler kullanılmıştır. Çalışmada imazamox ve türevlerine ait, kalibrasyon grafikleri, LOD ve LOQ değerleri ile geri kazanım yüzdeleri de yer almaktadır. İmidazolinone karışımının metil türevlendirilmesinden elde edilen ve bitki örneği GC-MS SIM kromatogramı Şekil 3'de verilmiştir.

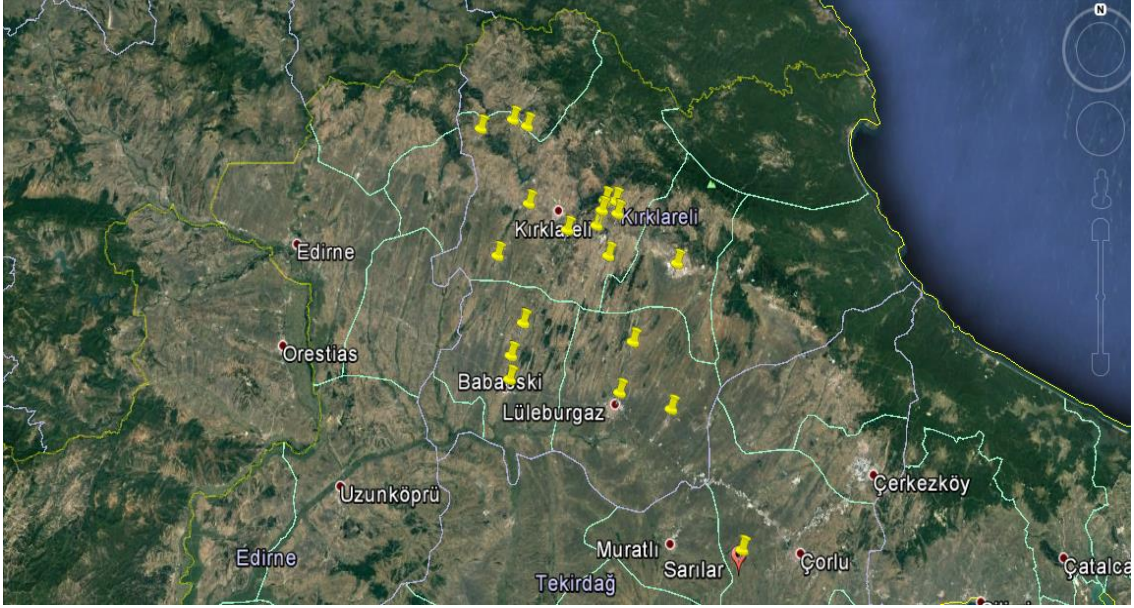
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ayçiçeği bitkisinin yaprak aksamından elde edilen sonuçlar

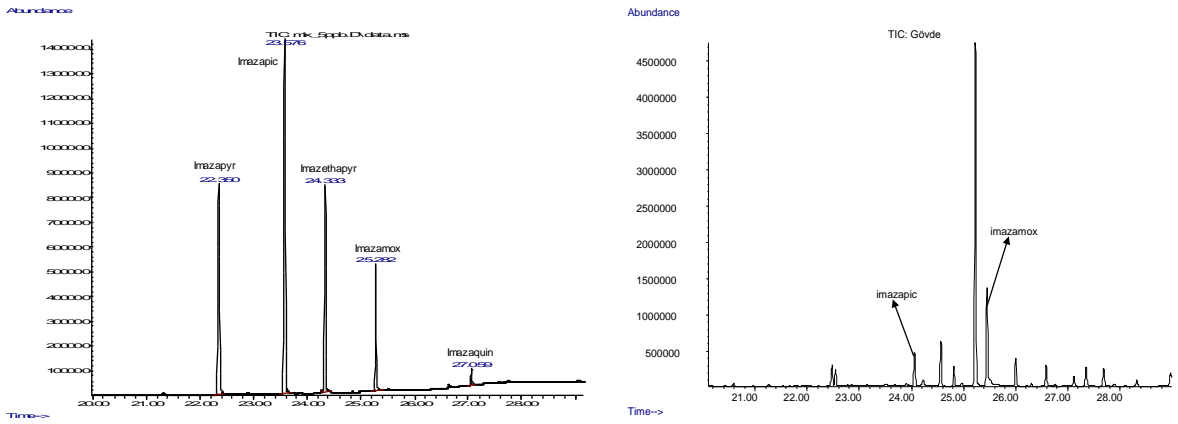
İmazamox uygulamasını takip eden birinci hafta yapılan örnekleme ayçiçeği bitkisinin yaprak aksamında en yüksek kalıntı miktarı T2I3S1 (104.2 ug L⁻¹) konusunda, en düşük miktar T1I1S3 (11.9 ug L⁻¹) konusunda belirlenmiştir (Şekil 4). Çiçeklenme döneminde yapılan örnekleme ayçiçeği bitkisinin yaprak aksamında en yüksek değer belirlenirken, en düşük değer 4.8 ug L⁻¹ ile T1I1S3 konusunda tespit edilmiştir. Hasat döneminde ise imazamox uygulaması yapılmayan konuda imazamox bulunmazken, minimum ve maksimum kalıntı değerleri 5.5 ile 0.7 ug L⁻¹ arasında değişmiştir.



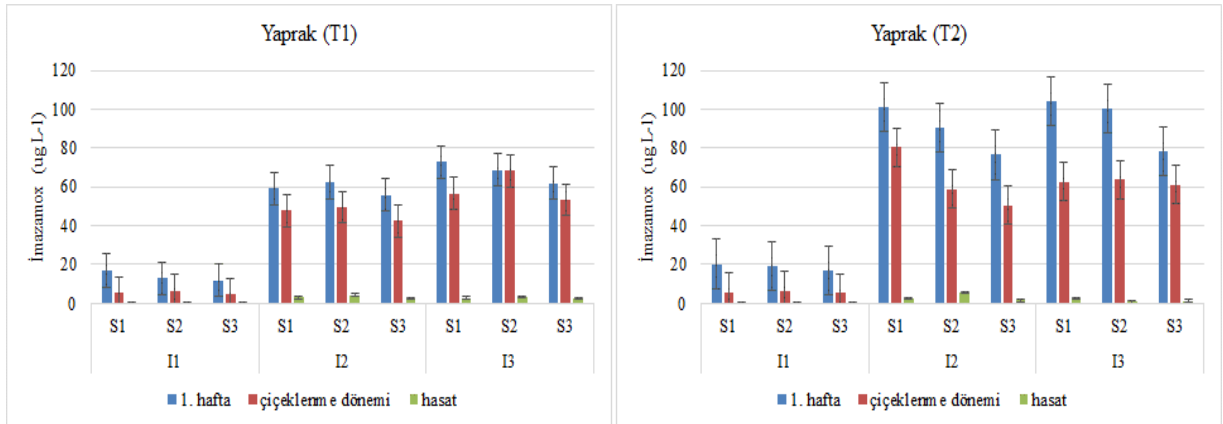
Şekil 1. Deneme alanı görüntüleri



Şekil 2. Bal örneklemelerinin yapıldığı noktalar



Şekil 3. GC-MS ile elde edilen imidazolinone karışımının metil türevlendirilmesinden elde edilen ve bitki örneği kromatogramı



Şekil 4. Yaprak aksamında belirlenen imazamox miktarları ($\mu\text{g L}^{-1}$)

Yaprak aksamında imazamox'un türevleri olan imazapic ve imazapyr kalıntılarında rastlanmıştır. Tanık konu olarak alınan I1 konusunda (imazamox uygulaması yapılmamış) bitki analizlerinde imazamox kalıntılarında rastlanmıştır ve uygulama yapılan konulara kıyasla söz konusu kalıntı miktarları oldukça düşük olarak bulunmuştur. Kalıntıların tohum kaynaklı olma ihtimali değerlendirilmiş ve ekimde kullanılan IMI toleranslı tohum analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarında tohumda imazamox ve türevlerinin kalıntılarında rastlanmıştır. Tohumda tespit edilen miktarlar çok düşük değerlerde olup 0.05 mg kg^{-1} MRL değerini aşmamıştır (İmazamox'un ayçiçeği tohumundaki ve gıda maddelerindeki MRL değeri Avrupa Birliği standardına göre 0.05 (URL, 2013) ve Türk Gıda Kodeksine göre 0.03 mg kg^{-1} 'dir (URL, 2016).

Yapılan istatistiksel analizlerde, imazamox doz uygulaması 1. hafta ($P<0.05$), çiçeklenme döneminde ($P<0.05$) ve hasat döneminde ($P<0.05$) önemli çıkmıştır. İmazamox doz uygulamasında 1. hafta ve çiçeklenme döneminde I2 ve I3 konuları Duncan gruplamasında aynı sınıfta yer alırken hasat döneminde doz uygulamaları ayrı ayrı önemli çıkmıştır. Kalıntılar üzerinde toprak tipinin 1. hafta örneklemeğinde etkisi görülmezken ($P>0.05$), çiçeklenme döneminde ($P<0.05$) ve hasat döneminde ($P<0.05$) toprak tipi kalıntılar üzerinde etkili olmuştur. Sulama yüzdeleri her üç dönemde de ($P<0.05$), kalıntılar üzerinde etkili olmuştur.

3.2. Ayçiçeği bitkisinin gövde aksamından elde edilen sonuçlar

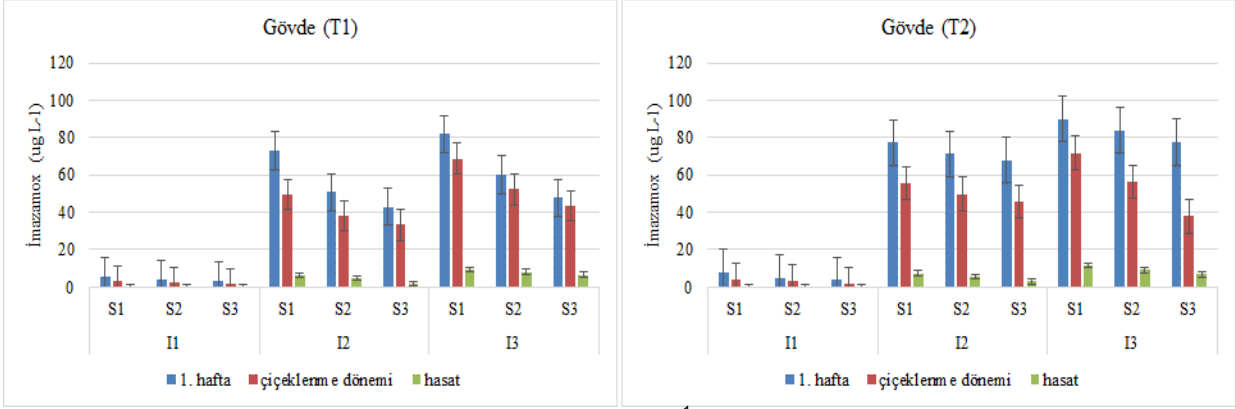
Gövdede en yüksek kalıntı miktarı T2I3S1 (89.9 ug L^{-1}) konusunda en düşük kalıntı miktarı da T1I1S3 (3.2 ug L^{-1}) konusunda belirlenmiştir (Şekil 5). Yaprakta olduğu gibi gövde aksamında da kil oranı yüksek toprakta yetiştirilen bitkilerde daha fazla kalıntı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra %50 fazla imazamox uygulaması yapılan konuda da kalıntılar daha yüksek belirlenmiştir. Eksik sulama yapılan konularda belirlenen kalıntılar fazla sulama yapılan konulara oranla daha yüksek olmuştur. Örnekleme tarihlerine baktığımızda ise kalıntı miktarları değerleri yine 1. hafta>çiçeklenme dönemi>hasat dönemi şeklinde sıralanmıştır. Ayçiçeği bitkisinin gövde kısmında belirlenen imazamox kalıntı miktarları istatistiksel açıdan

değerlendirildiğinde, yaprak örneklerinde olduğu gibi toprak tipi ($P<0.05$), sulama miktarları ($P<0.05$) ve uygulanan imazamox dozları ($P<0.05$), kalıntılar üzerinde etkili olmuştur. Gövde kısmında imazamox ana maddenin yanı sıra imazapic kalıntılarında da rastlanmıştır.

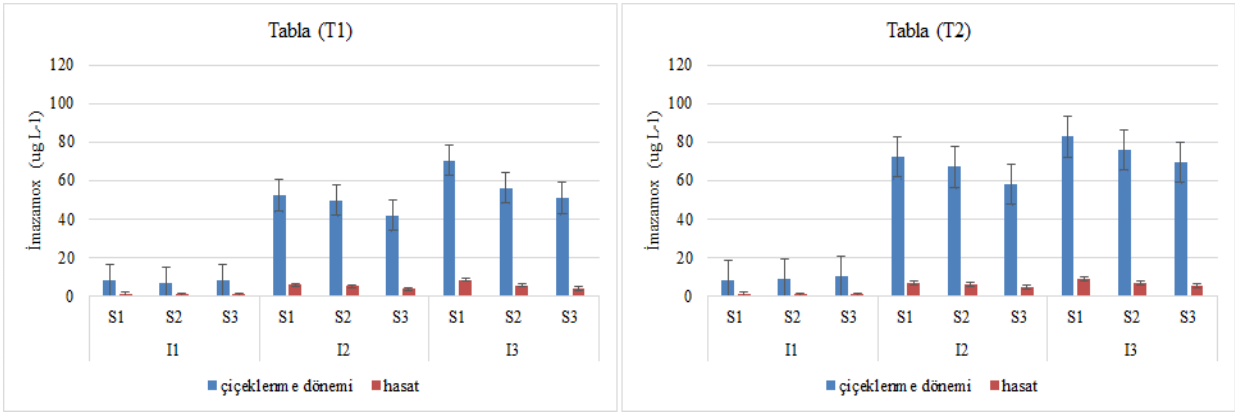
3.3. Ayçiçeği bitkisinin tabla aksamından elde edilen sonuçlar

İlk örnekleme tarihinde tabla oluşmadığından dolayı, iki dönemde örnekleme yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre, tabla kısmında tespit edilen imazamox kalıntılarında yaprakta ve gövdede olduğu gibi yine toprak tipinin ($P<0.05$), sulama miktarlarının ($P<0.05$) ve uygulanan imazamox dozlarının ($P<0.05$) önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Tablada belirlenen en yüksek kalıntı miktarı çiçeklenme döneminde T2I3S1 (82.8 ug L^{-1}) konusunda, en düşük belirlenen kalıntı miktarı da hasat döneminde T2I1S3 (0.5 ug L^{-1}) konusunda tespit edilmiştir (Şekil 6). Ayçiçeği bitkisinin her üç aksamında da kalıntılar paralellik göstermiş olup, istatistiki değerlendirmelerde her üç faktörün (toprak tipi & sulama & imazamox dozu) birlikte etkisine bakıldığında en yüksek imazamox kalıntıları, kil oranı yüksek, imazamox dozu %50 daha fazla uygulanan ve %25 eksik sulama yapılan T1I3S1 konusunda belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre en yüksek kalıntı miktarları ayçiçeği bitkisinin yaprak aksamında belirlenmiş ve sıralama yaprak>gövde>tabla şeklinde olmuştur. Herbisit uygulaması şekline kaynaklı, ilk aşamada ayçiçeği bitkisinin geniş yapraklı olması nedeniyle, herbisit yapraklarla daha fazla temasta iken, zamanla yaprak yüzeyinden bitki gövdesine ve ayçiçeği tabla aksamına kadar taşınmaktadır (Pestisitler kütikula ve stoma yoluyla stoplazma zarına ulaşır, sonraki aşama da pasif difüzyon ve aktif taşıyıcılar ile aynı gıda maddeleri ve suyun bitki tarafından alınımı gibi hücre içine geçiş yaparlar. Adsorbe olan herbisitler çeşitli organellerin yapısına girerler). Uygulanan imazamox dozunun armasıyla tespit edilen kalıntı miktarları da artmıştır. Topraktaki kil miktarı ve organik miktarı arttıkça (Loux vd., 1989; Celis vd., 1999; Pannacci vd., 2006; Kraemer vd., 2009; Braschi vd., 2011; Sondhia, 2013) ayçiçeği bitkisinde belirlenen kalıntı miktarları da artmıştır.



Şekil 5. Gövde aksamında belirlenen imazamox miktarları ($\mu\text{g L}^{-1}$)



Şekil 6. Tabla aksamında belirlenen imazamox miktarları ($\mu\text{g L}^{-1}$)

Toprak pH'sı kalıcılığı etkileyen (Loux vd., 1989; Celis vd., 1999; Bresnahan vd., 2002; Ball vd., 2003; Aichele ve Donald 2005; Ulbrich vd., 2005; Wang vd., 2005) bir diğer faktör olmuş ve pH değerinin artması ile imazamox'un topraktaki kalıcılığı ve dolayısıyla bitkideki kalıntı miktarları da artmıştır.

Oluşturulan farklı nem seviyelerindeki imazamox kalıntılarında baktığımızda sıralama S1>S2>S3 şeklinde olmuştur. Yani topraktaki imazamox kalıntıları topraktaki nem seviyesi arttıkça azalmıştır. Toprak nemi imazamox herbisitinin topraktaki bozunması, taşınması, tutunması gibi faktörler üzerine etkili olmuştur (Aichele ve Donald, 2005). Literatüre göre de topraktaki nem miktarının artması imazamox herbisitinin yarılanma ömrünü kısaltmaktadır (O'Sullivan vd., 1998; Vischetti vd., 2002; Abu-Qare ve Duncan, 2002; Ball vd., 2003; Heiser, 2007; Süzer ve Büyük, 2010).

Örnekleme tarihlerine baktığımızda en yüksek kalıntı miktarları 1. hafta, en düşük kalıntı

miktarlarının da hasat tarihinde belirlenmiştir, sıralama 1. hafta>çiçeklenme dönemi>Hasat şeklinde olmuştur. İmazamox, diğer pestisitler gibi uygulandığı ortama ve birçok iklim faktörüne bağlı olarak zaman içerisinde degradasyona uğramakta ve kaybolmaktadır (Abu-Qare ve Duncan, 2002; Vischetti vd., 2002; Aichele ve Donald, 2005; Kraemer vd., 2009). Aynı zamanda toprak ortamındaki pestisitler, güneş ışınlarının etkisiyle fotokimyasal ve toprak mikroorganizmaları tarafından biyolojik bozunmaya uğramaktadır. Toprak içine adsorbe olmuş pestisitler su vasıtasıyla toprak yüzeyinde taşınarak buradan da havaya karışmaktadır (Braschi vd., 2011).

3.4. Bal örnekleri

Ayçiçeği tarımı yapılan alanlardaki arıcılık işletmelerinden toplanan 20 adet bal örneğinde yapılan analizler sonucunda, imazamox ve türevlerine rastlanmamıştır. Ayçiçeği bitkisinin nihai bir diğer besin ürünü de sıvı yağ'dır. Çalışmanın bir diğer ayağı olan arazi

çalışmasında imazamox herbisiti uygulanan ayçiçeği bitkisinden sıvı yağı elde edilmiş ve yağ örneklerinde imazamox kalıntıları tespit edilmiştir (Çebi vd., 2019). Yağ örneklerinde belirlenen imazamox kalıntı miktarları, gıdalarda izin verilen 0.05 mg kg^{-1} MRL değerini aşmamıştır.

4. Sonuç

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; ayçiçeğinin yaprak, gövde ve tabla aksamında imazamox kalıntıları tespit edilmiştir. Kalıntılar üzerine, toprak tipi, imazamox uygulama dozları, sulama oranları, herbisit uygulama şekli ve zaman faktörü etkili olmuştur. Bal örneklerinde imazamox ve türevlerine rastlanmamıştır. Ayçiçeği bitkisine uygulanan imazamox herbisiti, nihai ürün olan bal tüketim maddesine ulaşana kadar, birçok süreçten geçmektedir. Söz konusu süreçlerin doğal süreçler olması herbisit farklı şartlarda degradasyona uğradığını öne çıkarmıştır.

Teşekkür

Makale, TÜBİTAK tarafından desteklenen 113Y529 numaralı projede yer alan bazı çıktılardan yararlanılarak hazırlanmıştır.

Kaynakça

Abu-Qare, A.W., & Duncan, H.J. (2002). Herbicide safeners: uses, limitations, metabolism, and mechanisms of action. *Chemosphere*, 48(9):965-974.

Aichele, T.M., & Donald, P. (2005). Adsorption, desorption, and degradation of imidazolinones in soil. *Weed Technology*, 19(1):154-159.

Ball, D.A., Yenish, J.P., & Alby, T. (2003). Effect of imazamox soil persistence on dryland rotational crops. *Weed technology*, 17 (1): 161-165.

Braschi, I., Gessa, C.E., & Blasioli, S. (2011). The fate of herbicides in soil, Chapter 8, ISBN 978-953-307-476-4.

Bresnahan, G., Dexter, A., Koskinen, W., & Lueschen, W. (2002). Influence of soil pH-sorption interactions on the carry-over of fresh and aged soil residues of imazamox. *Weed Research*, 42(1):45-51.

Çebi, Ü.K., Özcan, C., Gürbüz, M.A., & Özer, S. (2017). Trakya Bölgesi'nde ayçiçeği tarımında kullanılan imazamox herbisit 'inin toprak ortamında kalıntı düzeylerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi. *Toprak Su Dergisi*, 6(2): 32-39.

Çebi, U.K., Ozcan, C., Gurbuz, M.A., & Ozer, S. (2019). Determination of imazamox ((2-[4, 5-dihydro-4-Methyl-4-(1-methylethyl)-5-oxo-1 H-

imidazol - 2 - Yl] - 5 - (methoxymethyl) - 3-pyridinecarboxylic acid) residue on sunflower plant components. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 20(1):177-187.

Celis, R., Koskinen, W.C., Cecchi, A.M., Bresnahan, G.A., Carrisoza, M.J., Ulibarri, M.A., & Hermosin, M.C. (1999). Sorption of the ionizable pesticide imazamox by organo-clays and organohydrotalcites. *Journal of Environmental Science & Health Part B*, 34(6):929-941.

Garcia-Torres, L., Castejon-Munoz, M., Lopez-Granados, F., & Jurado-Exposito, M. (1995). Imazapyr applied postemergence in sunflower (*Helianthus annuus*) for broomrape (*Orobancha cernua*) control. *Weed Technology*, 9(4):819-824.

Hamel, K. (2012). Environmental Impact Statement for Penoxsulam, Imazamox, Bispyribac-sodium, Flumioxazin, & Carfentrazone-ethyl. Addendum to the Final Supplemental Environmental Impact Statement for Freshwater Aquatic Plant Management. Washington State Department of Ecology, Olympia, Washington. Accessed at: https://fortress.wa.gov/ecy/publications/summary_pages/0010040Addendum1.html. Accessed date: 10 March, 2019.

Heiser, J.W. (2007). Dissipation and carryover of imidazolinone herbicides in imidazolinone-resistant rice (*Oryza sativa*). Doctoral dissertation, University of Missouri-Columbia.

Karaata, H. (1991). Kırklareli koşullarında ayçiçeği bitkisinin su-üretim fonksiyonları. Koy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü Yayınları, Kırklareli.

Kraemer, A.F., Marchesan, E., Avila, L.A., Machado, S.L.O., & Grohs, M. (2009). Environmental fate of imidazolinone herbicides: A review. *Planta Daninha*, 27(3):629-639.

Lao, W. & Gan, J. (2006). High-performance liquid chromatographic separation of imidazolinone herbicide enantiomers and their methyl derivatives on polysaccharide-coated chiral stationary phases. *Journal of Chromatography A*, 1117(2):184-193.

Loux, M.M., Liebl, R.A., & Slife, F.W. (1989). Adsorption of imazaquin and imazethapyr on soils, sediments and selected adsorbents, *Weed Science*, 37(5):712-718.

O'Sullivan, J., Thomas, R.J., & Bouw, W.J. (1998). Effect of Imazethapyr and imazamox soil residues on several vegetable crops grown in ontario. *Canadian Journal of Plant Science*, 78(4):647-651.

Ozcan, C., Cebi, U.K., Gurbuz, M.A., & Ozer, S. (2017). Residue analysis and determination of imi herbicides in sunflower and soil by GC-MS. *Chromatographia*, 80(6):941-950.

Pannacci, E., Onofri, A., & Covarelli, G. (2006). Biological activity, availability and duration of phytotoxicity for imazamox in four different soils of Central Italy. *Weed Research*, 46(3):243-250.

Pfenning, M., Palfay, G., & Guillet, T. (2008). The CLEARFIELD® technology—A new broad-

- spectrum post-emergence weed control system for European sunflower growers. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 21:649-654
- Sondhia, S. (2013). Evaluation of imazethapyr leaching in soil under natural rainfall conditions. *Indian Journal of Weed Science*, 45(1):58–61.
- Süzer, S., & Büyük, H. (2010). Residual effects of spraying imidazolinone-family herbicides on clearfield® sunflower production from the point of view of crop rotation. *Helia*, 33(52):25-36.
- Tan, S., Evans, R.R., Dahmer, M.L., Singh, B.K., & Shaner D.L. (2005). Imidazolinone-tolerant crops: history, status and future. *Pest Management Science*, 61(3):246–257.
- Tityanov, M., Vasilev, A., & Tonev, T. (2011). Influence of the fertilizer Lactofol B on the photosynthetic performance of imazamox-treated sunflower plants. *Agrarni Nauki*, 3(7):27-31.
- Ulbrich, A.V., Souza, J.R.P., & Shaner, D. (2005). Persistence and carryover effect of imazapyc and imazapyr in Brazilian cropping systems. *Weed Technology*, 19(4):986-991.
- URL (2013). <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2013.3282>. Erişim Tarihi: 23 Şubat 2019.
- URL (2016). <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/11/20161125M1-1.htm>. Erişim Tarihi: 23 Şubat 2019.
- Vischetti, C., Casucci, C., & Perucci, P. (2002). Relationship between changes of soil microbial biomass content and imazamox and benfluralin degradation. *Biology and Fertility of Soils*, 35(1): 13-17.
- Wang, X., Wang, H., & Fan, D. (2005). Persistence and metabolism of imazapyr in four typical soils of zhejiang province (China). *International Journal of Environmental and Analytical Chemistry*, 85(2):99-109.