

Trakya Bölgesi'nde Ayçiçeği Tarımında Kullanılan İmazamox Herbisit'inin Toprak Ortamında Kalıntı Düzeylerinin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi

Ülviye KANBUROĞLU ÇEBİ^{1*}Cemile ÖZCAN²Mehmet Ali GÜRBÜZ¹Selçuk ÖZER¹¹Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü, Kırklareli²Kırklareli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Kırklareli

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): ulviyecebi@yahoo.com

Geliş tarihi (Received) : 02.03.2017

Kabul tarihi (Accepted): 02.03.2017

DOI : 10.21657/topraksu.339829

Öz

Araştırma 2014 ve 2015 yıllarında, Trakya Bölgesi/Kırklareli İlinde yürütülmüştür. Çalışmada, bölgede ayçiçeği üretiminde en fazla kullanılan herbisit olan imazamox ana maddenin ve türevlerinin (imazapic, imazapyr, imazethapyr, imazaquin) toprakta kalıntı bırakıp bırakmadığı araştırılmıştır. Çalışma iki farklı lokasyonda yürütülmüş olup Kırklareli lokasyonundaki toprak, tın bünye ve 4.77 pH, Kavaklı lokasyonundaki toprak tınlı kum bünye ve 7.28 pH özelliğindedir. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüştür. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre; toprak ortamında sadece imzamox ana maddesine rastlanmıştır. Nötr pH ve %22.92 kil içeren toprakta 2014 yılında 20.0 ug L⁻¹ ile 50.0 ug L⁻¹ arasında, 2015 yılında 11.3 ug L⁻¹ ile 77.8 ug L⁻¹ arasında imazamox kalıntısı belirlenmiştir. Asidik özellikte olan (pH=4.95) ve %8.33 kil içeren toprakta, 2014 yılında 18.9 ile 35.5 ug L⁻¹ arasında, 2015 yılında 13.8 ile 58.7 ug L⁻¹ arasında kalıntıya rastlanmıştır. Toprağın üst katmanlarında tespit edilen imazamox kalıntı miktarları, alt katlara oranla daha yüksek olarak belirlenmiştir. Tespit edilen kalıntı miktarları zamansal olarak değerlendirildiğinde ise sıralama 1. Hafta>6. Hafta>Hasat şeklinde olmuştur.

Anahtar Kelimeler: İmazamox, toprak, kalıntı, GC-MS

Determination and Evaluation of Residual Levels of Imazamox Herbicide in Soil Environment in Sunflower Farming in Thrace Region

Abstract

The research was carried out in Kırklareli province of Thrace Region in 2014 and 2015 years. In the study, it was investigated that whether or not the parent material and derivations of imazamox (imazapic, imazapyr, imazethapyr, imazaquin) which is mostly used in sunflower farming in the region generated residual in the soil. The study was carried out in two different locations and the loamy soil structure in Kırklareli location has 4.77 pH and loamy sand soil structure in Kavaklı has 7.28 pH. The field trial was designed according to randomized blocks trial design. According to the results, only imazamox main material was determined in the soil. Imazamox residual between 20 ug L⁻¹ and 50.0 ug L⁻¹ was determined in the soil which has neutral pH and %22.92 clay in 2014 and imazamox residual between 11.3 ug L⁻¹ and 77.8 ug L⁻¹ was determined in 2015. Residual between 18.9 and 35.5 ug L⁻¹ was determined in the acidic soil (pH=4.95) and %8.33 clay in 2014 and residual between 13.8 and 58.7

ug L⁻¹ in 2015. The imazamox residuals in the top layer of the soil were higher than the bottom layer of the soil. When the residual amounts were evaluated, sequence was as 1st week>6th week>harvest

Key words: Imazamox, soil, residual, GC-MS

GİRİŞ

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 olan pestisit kullanımı avantajlarının yanı sıra insan sağlığı ve çevre kirliliği açısından birçok dezavantajını da beraberinde getirmektedir. Ülkemizdeki 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 ciddiyetini arttırmaktadır.

Türkiye'nin ithalatında, işlenmiş ve işlenmemiş tarımsal ürünler önemli bir yere sahiptir. Bu ürünlerin, AB'ye uyum açısından ve tarımsal ürünlerin dış satışlarının artarak sürmesi için, gelişmiş ülkelerin standartlarına uygun üretim yapılması gerekmektedir. Ancak, tarımsal ürünlerimizin gelişmiş ülke standartlarına uyum göstermesi ne yazık ki çok zordur. Nitekim 2002 ve 2003 yıllarında, AB'nin yiyecekler ve yemler konusunda Hızlı Alarm Sistemi (Rapid Alert System) yoluyla internetten yayınladığı raporda AB ülkelerinde Türkiye'den giden ürünlerin uygun bulunmayan partiler açısından ilk üç ülke arasında yer aldığı bildirilmektedir (Delen ve Ark., 2005). Bu nedenle kullanılan pestisitlerin toprakta, suda ve yetiştirilen ürünlerde bıraktığı kalıntılarının belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Ayçiçeği bitkisi Dünya'da ve Türkiye'de en önemli yağ bitkilerinden biridir. Trakya Bölgesindeki ayçiçeği üretimi ülke genelinin %56.3'ü oluşturmakta ve tarımında yoğun herbisit kullanılmaktadır.

İMİ teknolojisi, ayçiçeği tarımında imidazolinone herbisitlerinin kullanımına izin veren yabancı ot kontrolü seçeneği olarak geliştirilmiştir. Geleneksel ayçiçeği imidazolinone herbisitlerine karşı daha duyarlı iken, İMİ ayçiçeği hibritleri bu herbisite

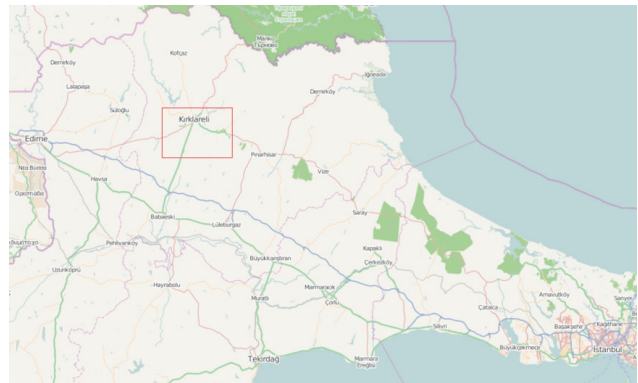
dayanıklı bir şekilde hayatta kalabilecek şekilde modifiye edilmiştir (Pfenning ve ark., 2008).

İmazamox'un Trakya Bölgesindeki kullanım miktarı son beş yıl içerisinde 3-4 kat artış göstermiştir. Kırklareli İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü verilerine göre imazamox tüketimi 2015 yılında, %72'lik pay ile birinci sırayı almıştır.

Yürütülen bu çalışmada, farklı yapıdaki topraklarda imazamox herbisitinin kalıntı bırakıp bırakmadığı belirlenmiş ve irdelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Marmara Bölgesinin kuzey kısmında yer alan Kırklareli ilinin 4 km batısında bulunan Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsünde ve ilin 10 km batısında bulunan Kavaklı Beldesinde çiftçi arazilerinde yürütülmüştür (Şekil 1). Kırklareli ili 41°42' Kuzey enlemi, 27°12' doğu boylamı ve 190 m yükseltide yer almaktadır. Ayçiçeği bitkisinin gelişme döneminde (Mayıs - Haziran - Temmuz - Ağustos) 2014 yılında toplamda 217.9 mm, 2015 yılında ise 95.1 mm yağış düşmüştür. Mayıs - Haziran - Temmuz - Ağustos aylarının ortalama sıcaklık değeri 2014 yılında 21.9, 2015 yılında 22.3 olarak ölçülmüştür.



Şekil 1. Deneme alanı

Figure 1. Test area

Deneme Alanı Toprakların Özellikleri:

Deneme iki farklı toprak yapısına sahip alanda yürütülmüştür. Deneme alanlarına ait toprak özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanlarına ait topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri**Table 1.** Some physical and chemical characteristics of the soils of trial areas

Deneme Alanı	pH	Hacim Ağırlığı gcm ⁻³	Bünye % Kil	Tarla Kapasitesi		Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)
				% Silt	%Kum		
Kırklareli Lokasyonu	7.28	1.50	22.92	31.25	45.83	20.0	10.0
Kavaklı Lokasyonu	4.75	1.80	8.33	12.50	79.17	13.0	7.1

Kullanılan Herbisitinin Özellikleri: Denemede imazamox içerikli herbisit kullanılmıştır. Kullanılan herbisit suda çözünen formülasyona sahip olup 40 gr 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 (C₁₅H₁₉N₃O), sıvı formda, sarımtırak renkte, 1.08 g cm⁻³ yoğunluğa sahip ve 27 ile 65 gün arasında yarılanma ömrüne sahiptir bir bileşiktir (Anonymous, 2014).

Çalışmada, ayçiçeği bitkisi 4-10 yapraklı olduğunda, imazamox herbisiti bitkiye püskürtme şeklinde uygulanmıştır.

Denemede kullanılan ayçiçeği çeşidi: Denemede, IMI toleranslı sanay mr ayçiçek tohumu kullanılmıştır.

Tarla denemesi iki yıl süre ile tesadüf blokları deneme desenine göre dizayn edilmiş olup, farklı toprak yapısına sahip iki lokasyonda, üç farklı imazamox dozu dört tekrarlamalı olarak uygulanmıştır. İmazamox, I1-kontrol, I2- çiftçi uygulaması (125 mL da⁻¹) (5 g aktif madde) ve I3-çiftçi uygulamasının %50 fazlası (187.5 mL da⁻¹) (7.5 g aktif madde) şeklinde uygulanmıştır. İmazamox ayçiçeği bitkisi 4-10 yapraklı olduğunda uygulanmıştır.

Toprak örneklemeleri, imazamox uygulamasından önce, imazamox uygulamasını takip eden birinci hafta sonunda, altıncı hafta sonunda ve hasatta olmak üzere toprağın 0-30 cm ile 30-60 cm derinliklerinden yapılmıştır.

Çizelge 2. Geri kazanım oranları (% , n=15)**Table 2.** Recovery ratios (% , n=15)

	İmazapyr	İmazapic	İmazethapyr	İmazamox	İmazaquin
Toprak	78–91	84–96	80–93	92–99	99–104
Standart sapma	± 5.30	± 3.74	± 4.34	± 2.32	± 2.07

Analiz Yöntemleri ve Optimizasyon

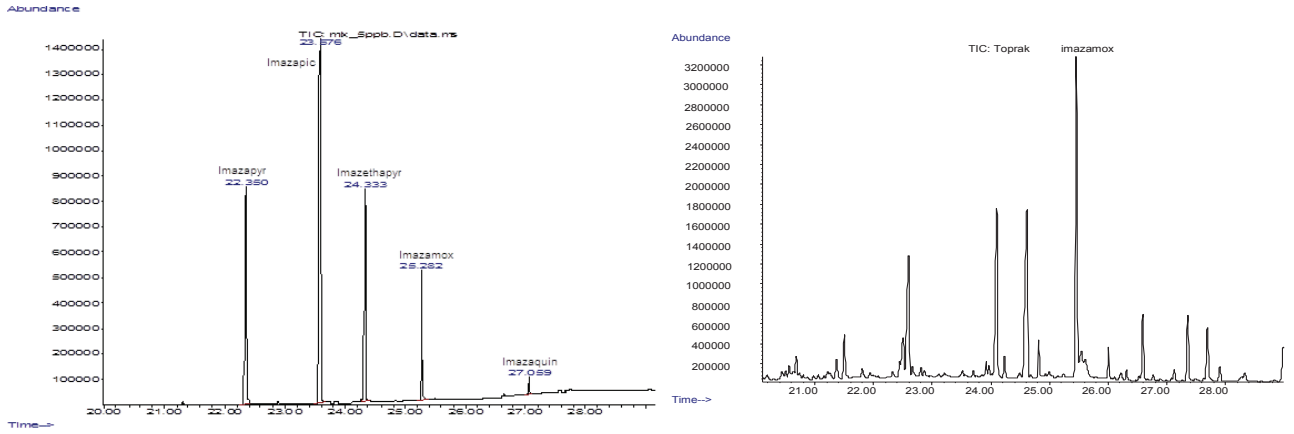
Çalışmaları: Yapılan optimizasyon çalışmasında mg L⁻¹ olarak çalışılan konsantrasyonlarda LOD (Algılama Sınırı: Makul bir kararlılıkla ölçülebilen en düşük içeriktir) değeri 1.7E-7 ile 1.3E-4, LOQ (Kantitatif Ölçme Sınırı: kabul edilebilir hassasiyet ve doğrulukla tayin edilebilen en düşük analit konsantrasyon) değeri 1.0E-4 ile 5.7E-7 arasında; ug L⁻¹ olarak çalışılan konsantrasyonlarda LOD değeri 0.040917 ile 1.9915E-05, LOQ değeri 0.13639 ile 6.64E-05 arasında belirlenmiştir.

Geri Kazanım Çalışmaları: Analizlere başlamadan önce geri kazanım çalışmaları yapılmıştır. Toprak örneklerine 25, 50, 100, 200 ug L⁻¹ konsantrasyonlarında standartlar eklenerek geri kazanım oranları belirlenmiştir (Çizelge 2).

Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

(Lao ve Gan, 2006): Toprak örneğine (1 g) 10 mL aseton eklenerek vorteks aletinde karıştırılmıştır. Üzerine 1 mL tetrabutylamonium hydroxide ve 2 mL iodometan eklenerek 45 °C de su banyosunda 1.5 h sürekli karıştırılarak bekletilmiştir. 1.5 h sonra soğumaya bırakılmıştır. Azot altında uçurma sistemi kullanılarak karışımındaki organik faz tamamen buharlaştırılmıştır. 2 mL ultra saf su, 15 mL dietileter:n-hexzane (1:2) karışımı eklenerek 2 dakika vortekslenmiştir. 12 g susuz sodyum sülfat kullanılarak ekstrakt içerisindeki su uzaklaştırılmıştır. Kalan süpernatant (süzüntü) azot altında kuruluğa kadar uçurulmuştur. Kalıntı 1mL hekzan ilave edilerek çözülmüştür. Hekzanlı faz enjektöre alınmıştır. 0.45 µm çapında (PTFE) enjeksiyon filtresi ile süzülerek vialde alınmıştır. GC-MS cihazına enjekte edilerek okuma yapılmıştır.

İmidazolinone karışımının metil türevlendirilmesinden elde edilen kromatogram ve toprak örneği örnek GC-MS SIM kromatogramı şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. GC-MS ile elde edilen imidazolinone karışımının metil türevlendirilmesinden elde edilen kromatogram ve toprak örneği örnek GC-MS SIM kromatogramı

Figure 2. Chromatogram obtained from methyl derivatization of imidazolinone mixture from GC-MS and soil sample GC-MS SIM chromatogram

Bulgular ve Tartışma

Kırklareli lokasyonunda 2014 ve 2015 yıllarında deneme öncesi alınan toprak örneklerinde imazamox ve türevlerinin kalıntılarında rastlanmamıştır. İmazamox uygulamasından sonra yapılan ilk örneklemede 0-30 cm'lik toprak derinliğinde, I2 (önerilen çiftçi dozu uygulaması) konusunda birinci hafta 41.2 ug kg⁻¹, 6. Hafta 33.1 ve hasatta 29.8 ug kg⁻¹ imazamox tespit edilmiştir. 30-60 cm'lik toprak derinliğinde sırasıyla 37.8 >26.4>20.0 ug kg⁻¹ kalıntı belirlenmiştir. Önerilen dozun %50 fazlası şeklinde yapılan I3 uygulamasında 0-30 cm'lik toprak derinliğinde 58.0 >39.8>31.8 ug kg⁻¹, 30-60 cm'lik toprak derinliğinde 46.2>30.1>22.7 ug kg⁻¹ imazamox kalıntısı tespit edilmiştir (Şekil 3).

Denemenin ikinci yılında imazamox uygulamasından sonra yapılan ilk örneklemede 0-30 cm'lik toprak derinliğinde, I2 konusunda birinci hafta 67.2 ug kg⁻¹, 6. Hafta 29.7 ve hasatta 17.9 ug kg⁻¹ imazamox tespit edilmiştir. 30-60 cm'lik toprak derinliğinde sırasıyla 57.8 >23.0>11.3 ug kg⁻¹ kalıntı belirlenmiştir. Önerilen dozun %50 fazlası şeklinde yapılan I3 uygulamasında 0-30 cm'lik toprak derinliğinde 77.8>35.4>26.3 ug kg⁻¹, 30-60 cm'lik toprak derinliğinde 70.8>28.3>21.2 ug kg⁻¹ imazamox kalıntısı tespit edilmiştir (Şekil 3).

Konu bazında ve derinlik bazında yapılan istatistik değerlendirmelerde her üç tarihte de konular arasında %99 güvenle fark belirlenmiş, derinlik bazında ise istatistiki anlamda fark



Şekil 3. Kırklareli lokasyonunda 2014 ve 2015 yıllarında belirlenen imazamox kalıntı miktarları

Figure 3. Imazamox residual amounts in Kırklareli location in 2014 and 2015

Çizelge 3. Kırklareli lokasyonunda 2014 ve 2015 yıllarında belirlenen imazamox kalıntı miktarları varyans analiz sonuçları ve LSD sınıflaması

Table 3. Variance analysis results and LSD classification of imazamox residual amounts in Kırklareli location in 2014-2015 years.

Varyasyon Kaynakları	Varyans Analizi P Değerleri (2014)			Varyans Analizi P Değerleri (2015)			
	1. Hafta	6. Hafta	Hasat	1. Hafta	6. Hafta	Hasat	
Derinlik	0.3561	0.1381	0.0962	0.1688	0.0245*	0.0260*	
Konu	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	
Derinlik* Konu	0.4657	0.4287	0.0687	0.1409	0.0149*	0.1054	
Tekerrür	0.9708	0.2036	0.6685	0.8488	0.7087	0.3369	
Ort. Karşılaştırılması	İmazamox (ugkg ⁻¹)			İmazamox (ugkg ⁻¹)			
Konu	I3	52.09 a	34.95 a	27.25 a	74.28 a	31.84 a	23.74 a
	I2	39.50 b	29.79 a	24.91 a	62.46 b	26.34 b	14.60 b
	I1	-7.105e-15 c	3.5527e-15 b	0.00 b	-2.1e-14 c	-3.5e-15 c	0.00 c
LSD (0.05)	10.39	7.99	4.57	4.96	2.51	3.22	
P (%)	5			5			

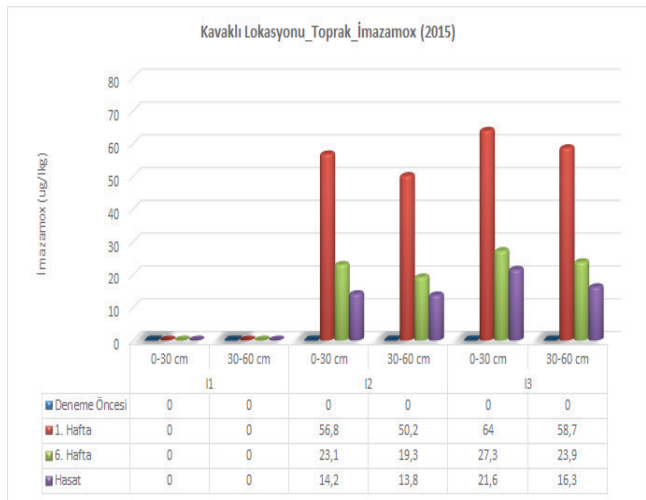
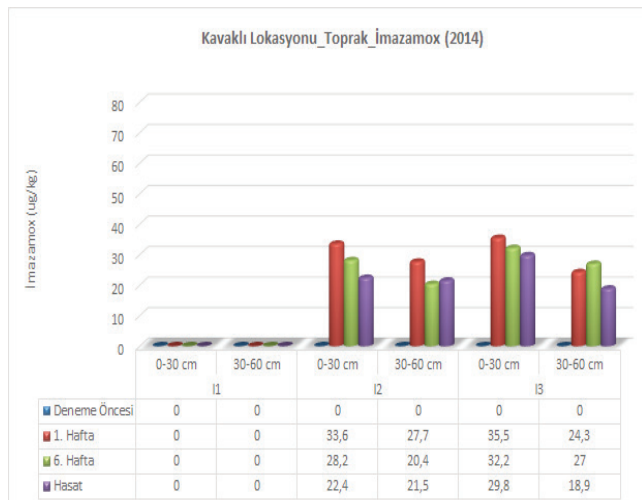
** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05) 1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir.

belirlenememiştir. İlk örnekleme tarihinde uygulama yapılmayan konu ile iki farklı doz uygulaması arasındaki fark belirlenirken, 6. hafta ve hasatta belirlenen kalıntılar arasında istatistiki anlamda I1 ve I2/I3 konuları arasında fark belirlenmiş, I2 ve I3 konuları arasında fark belirlenememiştir (Çizelge 3).

Kavaklı lokasyonunda, İmazamox uygulamasından sonra yapılan ilk örneklemede 0-30 cm'lik toprak derinliğinde, belirlenen kalıntı miktarları yine Kırklareli lokasyonunda olduğu gibi örnekleme tarihine göre farklılık göstermiştir. I2 konusunun 0-30 cm'lik toprak derinliğinde belirlenen kalıntı miktarları; birinci hafta (33.6

ug kg⁻¹)>6. hafta (28.2 ug kg⁻¹)>hasat (22.4 ug kg⁻¹) şeklinde olmuştur. 30-60 cm'lik katmanda belirlenen kalıntı miktarları 27.7 ile 21.5 ug kg⁻¹ arasında ve 0-30 cm'lik derinlikte belirlenen kalıntılardan daha düşük değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 4). I3 konusunda da derinlik ve zamansal değişim göz önüne alındığında benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Kırklareli lokasyonunda olduğu gibi, denemenin ikinci yılında, ilk yıla oranla toprakta belirlenen kalıntı miktarları daha fazla olmuştur (Şekil 4). Her iki lokasyonda da 2015 yılında belirlenen kalıntı miktarlarının 2014 yılında belirlenen kalıntı miktarlarından az olmasının nedeni, 2014 yılında



Şekil 4. Kavaklı lokasyonunda 2014 ve 2015 yıllarında belirlenen imazamox kalıntı miktarları

Figure 4. Imazamox residual amounts in Kavaklı location in 2014 and 2015

ayçiçeği bitkisinin vejetatif gelişme döneminde 217.9 mm yağış alırken, 2015 yılında aynı periyotta 95.1 mm yağış almasıdır.

Konu bazında yapılan istatistik değerlendirmelerde her üç tarihte toprak örneklerinde belirlenen imazamox kalıntı miktarlarında farklı uygulama dozları %99 güvenle fark yaratmıştır. İstatistiksel değerlendirmede derinlikler arasındaki fark 1. Hafta ve 6. Haftada %95 güvenle, hasatta yapılan örneklemede ise derinlik tek başına önemli çıkmaz iken, derinlik*konu (imazamox dozu) etkileşimi %95 güvenle önemli çıkmıştır (Çizelge 4).

Kırklareli lokasyonunda her iki yılda da yapılan toprak örnekleme çalışmalarında imazamox kalıntıları belirlenirken, imazapyr, imazapic, imazethapyr ve imazaquin türevlerine rastlanmamıştır.

Her iki yılda ve her iki lokasyonda deneme öncesi topraklarda imazamox ve türevlerine rastlanmamıştır. Deneme öncesi topraklarda imazamox ve türevlerine rastlanmamasının sebebi söz konusu deneme alanlarında herbisitlerin daha önce kullanılmamış olmasıdır.

İmazamox uygulaması yapılan toprak örneklerinde, analizler sonucunda sadece imazamox ana maddesine rastlanmıştır. Toprakta

imazamox'un türevleri olan imazapic, imazapyr, imazethapyr ve imazaquin'e rastlanmamıştır. İmazamox toprak ortamında hareketli olabildiği gibi uzun süre kalabilme özelliğine de sahiptir. İmazamox'un toprakta kalıcılığını etkileyen birçok faktör vardır. Çeşitli toprak tiplerinde, imazamox yarılanma ömrü 35 ile 118 gün arasında değişmektedir. İmazamox'un topraktaki yarılanma ömrü ortalama 65 gün olarak belirlenmiştir (http://pmp.cce.cornell.edu/profiles/herb-growthreg/fatty-alcohol-monuron/imazamox/imazamox_reg_0303.html).

Edirne ilinde, ayçiçeği üretiminde kullanılan imidazolinone grubu herbisitlerin, ayçiçeği bitkisinin arkasından 4 ay sonra ekilen kanola bitkisinin ürün veriminin %23.7, bitki çıkış oranının %35.7 azaldığı, uygulamadan 9 ay sonra ekilen şeker pancarı veriminin %11.6, bitki çıkış oranının %26.7 azaldığı tespit etmişlerdir (Süzer ve Büyük, 2010). Bu sonuç imazamox herbisitinin 9 ay sonra da toprakta kalabildiğini göstermektedir.

Yürütülen çalışmada toprakta kalıntı belirleme çalışmalarında üç farklı zaman diliminde örnekleme yapılmıştır. İmazamox uygulamasını takip eden 1. Hafta sonunda belirlenen kalıntı miktarları 6. Hafta örneklemesinde belirlenen kalıntı miktarlarından daha yüksek ve 6. Hafta örneklemesinde belirlenen

Çizelge 4. Kavaklı lokasyonunda 2014 ve 2015 yıllarında toprak örneklerinde belirlenen imazamox kalıntı miktarları varyans analiz sonuçları ve LSD sınıflaması

Table 4. Variance analysis results and LSD classification of imazamox residual amounts in Kırklareli location in 2014-2015 years.

Varyasyon Kaynakları	Varyans Analizi P Değerleri (2014)			Varyans Analizi P Değerleri (2015)		
	1. Hafta	6. Hafta	Hasat	1. Hafta	6. Hafta	Hasat
Derinlik	0.0261*	0.0281*	0.2082	0.0009**	0.0047**	0.0613
Konu	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001
Derinlik*Konu	0.0698	0.5242	0.0310*	0.0001**	0.0001**	0.0645
Tekerrür	0.5673	0.4462	0.7757	0.4884	0.7036	0.7689
Ortalamaların Karşılaştırılması	İmazamox (ugkg ⁻¹)			İmazamox (ugkg ⁻¹)		
Derinlik	0-30 cm	23.05 a	20.20 a	-	40.25 a	36.29 a
	30-60 cm	16.46 b	15.62 b	-	16.80 b	11.94 b
LSD (0.05)	5.10	3.65	-	5.47	10.19	
Konu	12	29.88 a	29.63 a	24.38 a	45.65 a	40.13 a
	13	29.39 a	24.10 a	21.98 a	39.92 b	32.23 b
	11	0.00 b	0.00 b	0.00 b	3.5e-15 c	-3.5e-15 c
LSD (0.05)	4.95	8.07	4.33	2.61	5.50	3.23
P (%)	5			5		

** %1 önem seviyesinde (P<0.01); * %5 önem seviyesinde (P<0.05) 1 Her sütun için aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

imazamox kalıntı miktarları hasatta belirlenen kalıntı miktarlarından daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Belirlenen kalıntı miktarı sıralaması 1. hafta>6. hafta>hasat şeklinde olmuştur. Pestisitler toprağa veya bitkiye uygulandıktan sonra buharlaşma, toprak profilinden yıkanma, birikme ve bulaşma gibi süreçler geçirmektedir. Aynı zamanda her pestisit bir yarılanma ömrüne sahiptir. Tüm bu faktörlerin etkisi ile pestisitler zaman içerisinde kimyasal yapılarına göre ve uygulandıkları ortamın şartlarına bağlı olarak degradasyona uğramakta ve kaybolmaktadır.

Literatürlere göre herbisitlerin topraktaki mevcudiyeti iklim faktörleri ile ilişkili olup, iklim faktörlerinden yağış ve sıcaklık degradasyon açısından en önemli faktörlerdir. Aynı zamanda herbisitlerin toprakta kalıcılık süreleri uygulama dozu, toprak sıcaklığı ve topraktaki nem oranına bağlı olduğu gibi toprağın kil ve organik madde içeriği de herbisitlerin topraktaki kalıcılığını etkilemektedir. Diğer taraftan toprak ortamındaki pestisitler, güneş ışınlarının etkisiyle fotokimyasal ve toprak mikroorganizmaları tarafından biyolojik bozunmaya uğrarlar. Braschi vd., (2011) göre toprak içine adsorbe olmuş pestisitler su vasıtasıyla toprak yüzeyine taşınarak buradan da havaya karışmaktadır.

Uygulanan imazamox dozu miktarı arttıkça belirlenen kalıntı miktarı da artmıştır. Her iki yılda ve her iki lokasyonda uygulanan imazamox dozlarının kalıntılar üzerine yarattığı farklı etki görülmektedir. Kırklareli lokasyonunda belirlenen kalıntı miktarları Kavaklı lokasyonunda belirlenen kalıntı miktarlarından daha yüksektir. Kırklareli lokasyonundaki toprağın kil oranı %22.92 iken Kavaklı lokasyonundaki toprağın kil oranı %8.33'tür. Birçok araştırmacıya göre de topraktaki kil miktarının artmasıyla imazamox'un yarılanma ömrü uzamakta ve toprak tarafından daha fazla miktarda adsorblanmaktadır (Ulbrich vd., 2005; Celis vd., 1999;)

İmazamox'un topraktaki kalıcılığını etkileyen bir diğer faktör de toprak pH'dır. Denemeden elde edilen sonuçlara göre de 7.28 pH'ya sahip Kırklareli lokasyonu toprağında, 4.75 pH'ya sahip Kavaklı lokasyonu toprağına oranla daha fazla imazamox kalıntısı tespit edilmiştir (Aichele ve Donald, 2005; Wang vd., 2005; Loux vd., 1989; Bresnahan vd., 2002).

Toprağın pH ve kil oranı kadar organik madde miktarı da imazamox'un topraktaki sorbsiyonunda etken bir faktördür. Kırklareli lokasyonu toprağında

OM miktarı 0-30 cm'lik toprak derinliğinde %1.99; 30-60 cm'de %1.76 iken Kavaklı Lokasyonunda 0-30 cm'de %0.41, 30-60 cm'de %0.39'dur. Literatürler de imazamox'un toprakta bıraktığı kalıntı miktarının toprak organik maddesi ile önemli ve pozitif bir ilişki oluşturduğunu, organik madde hidrojen bağları, Van Der Waals kuvvetleri, suyun etkisi ve hidrofobik bağlanma, zirai kimyasallar ile etkileşebildiğini belirtmektedir ((Braschi vd., 2011; Sondhia, 2013; Kraemer vd., 2009; Sakaliene vd., 2007; Loux vd., 1989; Pannacci vd., 2006).

İmazamox'un toprakta parçalanması, taşınması ve birikmesi önemli derecede organik maddeye bağlı olmakla birlikte topraktaki mikrobiyal aktivite de öne çıkan faktörlerdendir. Mikrobiyal aktivite, yüksek organik madde içeriği olan topraklarda genellikle daha yüksektir ve mikroorganizmalar organik materyal ve kil yüzeylerinde yoğunlaşmaktadır. Loux vd. (1989) kil oranı ve organik maddenin artmasıyla mikrobiyal faaliyetlerin arttığını belirtirken, Aichele ve Donald (2005), imazamox, imazethapyr ve imazaquinin pH 7'deki degradasyonunun pH 5'e göre daha hızlı olduğunu belirtmişlerdir. Bu olguyu mikrobiyal faaliyetlere dayandıran araştırmacılar, asit topraklarda mikrobiyal aktivitenin daha az olması sebebiyle parçalanmanın yavaş olması ve dolayısıyla herbisitlerin yararlılığının arttığını belirtmişlerdir.

Gerek Kırklareli gerek Kavaklı lokasyonunda 2015 yılında toprakta tespit edilen kalıntı miktarları 2014 yılına kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu olgu, 2014 ve 2015 yıllarında ayçiçeği bitkisinin vejetatif gelişme dönemlerinde farklı miktarlarda yağış almalarından kaynaklanmaktadır. Ayçiçeği bitkisinin vejetatif gelişme dönemini kapsayan Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında 2014 yılında düşen yağış 218 mm iken 2015 yılında 95.1 mm yağış düşmüştür. İmazamox herbisitinin topraktaki degradasyonunu etkileyen en önemli faktörlerden birisi de toprak nemidir, topraktaki nem miktarının artması herbisitlerin yarılanma ömrünü kısaltmaktadır (Abu_Qare vd., 2002; Süzer ve Büyük, 2010; Heiser, 2007; Aichele ve Penner, 2005; Vischetti vd., 2002; Ball vd., 2003).

İki yıllık tarla denemesinde toprak ortamında çiftçi dozu uygulamasında belirlenen imazamox kalıntı miktarları Kırklareli lokasyonunda 77.8 ug kg⁻¹ ile 20 ug kg⁻¹ arasında, Kavaklı lokasyonunda 64.0 ug kg⁻¹ ile 13.8 ug kg⁻¹ arasında belirlenmiştir. Belirlenen 77.8 ug kg⁻¹ ile 64.0 ug kg⁻¹ değerleri

imazamox uygulamasından bir hafta sonra alınan örneklerde tespit edilen kalıntı miktarlarıdır. Bresnahan vd. (2002), 5.4-7.7 aralığında pH sahip ve %2.26-%3.31 aralığında organik madde içeren topraktan uygulamadan 3 hafta sonra yaptıkları örneklemede 14-17 ug kg⁻¹ imazamox kalıntısı tespit etmişlerdir.

Sonuç

İmazamox aktif madde içerikli herbisitler her ne kadar yapraktan uygulansa da toprakta da kalıntı bırakabilmektedir. Söz konusu herbisit Trakya Bölgeinde son 3-4 yıldır yoğun olarak kullanılmaktadır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, sadece bir yıl kullanım sonucu toprakta kalıntı bırakabilen bir herbisit olması sebebiyle, uzun yıllar kullanımı sonucu toprakta baki etki yapabileceği öngörülerin de göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Teşekkür

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

Kaynaklar

Abu-Qare AW, Duncan HJ (2002). Herbicide Safeners: Uses, Limitations, Metabolism, and Mechanisms of Action, *Chemosphere* 48, 965-974.

Aichele TM, Donald P (2005). Adsorption, Desorption, and Degradation of Imidazolinones in Soil, *Weed Technol.* 19, 154-159.

Anonymous (2014). Agriculture Division of Crop and Pest Services and Massachusetts Department of Environmental Protection Office of Research and Standards.

Ball Daniel A, Yenish Joseph P, Alby III Theodore (2003). Effect of Imazamox Soil Persistence on Dryland Rotational Crops, 1. *Weed technology*, 17.1: 161-165.

Braschi I, Gessa CE, 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* 42:45-51.

Celis R, Koskinen WC, Cecchi AM, Bresnahan GA, Carrisoza MJ, Ulibarri MA, Hermosin MC (1999). Sorption of the Ionizable Pesticide Imazamox by Organo-Clays and Organohydrotalcites, *Journal of Environmental Science & Health Part B*, 34(6), 929-941.

Delen N, Durmuşoğlu E, Güncan A, Güngör N, Turgut C, Burçak A (2005). Türkiye'de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları, Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongre, 3-7 Ocak, Ankara.

Heiser JW (2007). Dissipation and carryover of imidazolinone herbicides in imidazolinone-resistant rice (*Oryza sativa*), Diss. University of Missouri-Columbia.

Kraemer AF, Marchesan E, Avila LA, Machado SLO, Grohs M (2009). Environmental Fate of Imidazolinone Herbicides - A Review, *Planta Daninha*, 27(3) Viçosa.

Lao W and 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, 184-193.

Loux MM, Liebl RA, Slife FW (1989). Adsorption of Imazaquin and Imazethapyr on Soils, Sediments and Selected Adsorbents, *Weed Science*, 37(5): 712-718.

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, Special Issue XXI*, 000-000, ISSN 1861-4051.

Sakaliene O, Papiernik SK, Koskinen WC, Spokas KA (2007). Sorption and Predicted Mobility of Herbicides in Baltic Soils, *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 42(6):641-647.

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, *Heli*, 33(52): 25-36.

Ulbrich AV, Souza R, Shaner DL (2005). Persistence and Carryover Effect of Imazapyr and Imazapyr in Brazilian Cropping Systems, *Weed Technology*. 19(4): 986-991.

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*. Taylor & Francis, 85(2): 99-109