

Sulfosulfuron ve Mesosulfuron + Iodosulfuron' un topraktaki kalıntılarının ayçiçeği fide bioassayı ile belirlenmesi¹

Ahmet Tansel SERİM²

Salih MADEN³

SUMMARY

Determination of Sulfosulfuron and Mesosulfuron + Iodosulfuron residues in soil by sunflower seedling bioassay

Effects of the soil residues of sulfosulfuron and mesosulfuron + iodosulfuron on sunflower as assay plant were determined by seedling bioassay in growth chamber. Root parameters were more sensitive than shoot parameters for both herbicides. Root length was the most susceptible biological parameter to the soil residues of these herbicides. Differences of between 15 days and 30 days were not important to determine the effects of herbicide residues. I₅₀ values for sulfosulfuron, mesosulfuron + iodosulfuron at 15 days and 30 days assays were 0.88, 1.66 and 1.19, 1.46 µg kg⁻¹, respectively.

Key words: Sulfosulfuron, mesosulfuron + iodosulfuron, soil residue, bioassay

ÖZET

Laboratuvar koşullarında ayçiçeği fide bioassayı ile sulfosulfuron ve mesosulfuron + iodosulfuron'un topraktaki kalıntılarının test bitkisine etkileri belirlenmiştir. Her iki herbisit için kök parametrelerinin sürgün parametrelerinden daha hassas olduğu görülmüştür. Kök uzunluğunun herbisitlerin topraktaki kalıntılarına en hassas biyolojik parametre olduğu belirlenmiştir. Herbisitlerin kalıntı etkilerinin belirlenmesinde 15 gün ve 30 günlük süreler arasında fark önemli bulunmamıştır. 15 günlük denemede I₅₀ değerinin sulfosulfuron için 0.88, mesosulfuron + iodosulfuron için 1.66, 30 günlük denemede ise bu değer sulfosulfuron için 1.19, mesosulfuron + iodosulfuron için 1.46 µg kg⁻¹ olduğu hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Sulfosulfuron, mesosulfuron + iodosulfuron, topraktaki kalıntı, bioassay

¹ “Buğday ekiliş alanlarında kullanılan yeni bazı sulphonylurea grubu herbisitlerin topraktaki kalıntılarının ayçiçeğine etkileri üzerinde araştırmalar” adlı doktora tezinden hazırlanmıştır.

² Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Pk: 51, 06170 Yenimahalle/Ankara.

³ Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü 06110 Dışkapı/Ankara

Sorumlu Yazar (Corresponding author): e-mail: tserim@tagem.gov.tr

Yazının Yayın Kuruluna Geliş Tarihi (Received): 20.10.2010

GİRİŞ

Sulfonylurea grubu herbisitler zayıf asidik karakterli topraklarda anionik formda uzun süre kalabilmektedirler (Anonymous 2003). Bu grup herbisitlerin topraktaki degradesyonunda Sulfonylurea köprüsünün kimyasal hidrolisi ve mikrobiyal parçalanma en önemli yollardır (Anonymous 2007). Toprak pH'ı, topraktaki suyun içeriği, sıcaklık, nem ve organik madde miktarı ise Sulfonylurea grubu herbisitlerin kimyasal hidrolizini ve mikrobiyal parçalanmasını etkileyen ana faktörlerdir (Beyer et al. 1988, Hultgren et al. 2002, Moyer et al. 1990). Yıllık yağış miktarı düşük olan ve topraklarının büyük bölümü alkali yapıdaki bölgelerde mikrobiyal faaliyetler sınırlı olduğu için herbisitlerin parçalanması uzun zaman almaktadır (Rapparin et al. 2003).

Sulfosulfuron'un topraktaki kalıcılığı ile birçok kapsamlı çalışma yapılmıştır. Sulfosulfuron uygulandıktan 17 ay sonra münavebe bitkisi olarak yetiştirilen parçalı karnı (Sorghum bicolor L.) ve ayçiçeğine (Helianthus annuus L.) herbisit kalıntılarının zarar verebildiği, başka bir çalışmada ise herbisit uygulamasından 7 - 9 ay sonra topraktaki herbisit kalıntısından dolayı parçalı karnı ve ayçiçeğinde biyolojik kütlelerin %99 a varan oranda azaldığı bildirilmiştir (Geier and Stahlman 2001, Kelly and Pepper 2003). Sulfosulfuron'un tavsiye dozunun iki katı uygulandıktan 9 ay sonra bazı topraklardaki kalıntısının arpa ve adi fiği etkilemediği halde ayçiçeğinde sürgün ve kök uzunluğu ile kök kuru ağırlığını etkileyecek miktarda kaldığı bildirilmiştir (Alonso-Prados et al. 2002).

Hindistan koşullarında buğdaya mesosulfuron + iodosulfuron 15 + 3.0 ve 30 + 6.0 g ha⁻¹ dozlarında uygulandıktan sonra münavebe bitkisi olarak ekilen mısır bitkilerinde fitotoksisite görüldüğü bildirilmiştir (Singh et al. 2003). Ashok et al. (2003) mesosulfuron + iodosulfuron 12 + 2.4 g ha⁻¹ dozda uygulandıktan 120 gün sonra alınan toprakla yapılan bioassayde mısırın kuru ağırlığının kontrole göre %26.3, 2 kat dozda ise kuru ağırlığın %44.9 azaldığını belirlemişlerdir. Iodosulfuron'un Arjantin koşullarında 150 g ha⁻¹ dozda uygulandıktan 120 gün sonra toprakta kalan miktarının ayçiçeği bitki boyunda %10 artışa neden olurken; yaprak uzunluğunda %3, biyolojik kütlede %17, kök yaş ağırlığında %39, bitki ana kök uzunluğunda %23 oranlarında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Rodriguez 2005).

Sulfosulfuron ve mesosulfuron + iodosulfuron'un topraktaki kalıntısının bitkiye olan etkisinin belirlenmesi için laboratuvar şartlarında yürütülen denemelerde, birçok araştırmacı tarafından pek çok biyolojik parametre ve farklı süreler kullanılmıştır. Sulfosulfuron kalıntısının ayçiçeğinde meydana getirdiği gelişme geriliğini belirlemede biyolojik parametre olarak bazı araştırmacılar (Moyer and Hamman 2001) bitkilerin toprak üstü aksamının kuru ağırlığını, bazı araştırmacılar (Alonso-Prados et al. 2002, Hernandez-Sevillano et al. 2001 ve Santin-Montanya et al. 2006) ise bitkilerin kök uzunluğunu kullanmışlardır. Laboratuvar koşullarında ayçiçeği bitkileri sulfosulfuron + metsulfuron methyl'in 44 g ai ha⁻¹ dozunda

yetiştirildiğinde kök uzunluğunun %81.29, gövde uzunluğunun ise %61.59, iodosulfuron + mesosulfuron + mefenpyr' in 24 g ai ha⁻¹ dozunda yetiştirildiğinde ise kök uzunluğunun %73.81, gövde uzunluğunun %78.53 azaldığı belirlenmiştir (Mansoori et al. 2009).

Hollaway et al. (1999) sulfonilurea herbisitlerin kalıntılarını bioassay ile belirledikleri çalışmalarında; 0.1–1.0 µg ai kg⁻¹ toprak seviyesinde herbisitlerin belirlenmesi için bioassayin uygun bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Paul et al. (2009) Metsulfuron - methyl'in topraktaki kalıntısının HPLC ve bioassayle belirlenmesinde bioassay' in daha hassas bir yöntem olduğunu ve tavsiye dozunda (4 g ai ha⁻¹) uygulanan herbisitlerin yüzey toprağındaki kalıntısının bioassay ile 30. günde bile saptanabilirken, HPLC ile 15. günde saptanamadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar metsulfuron - methyl'in yarı ömrünün HPLC ile 6.3-7.8 gün, bioassay ile 17.5 gün olduğunu hesaplamıştır.

Bioassay pratik uygulanabilir olması, kısa sürede sonuç vermesi, deney maliyetinin düşük olması nedeniyle pek çok çalışmada tercih edilmektedir (Hernandez-Sevillano et al. 2001, Streibig and Kudsk 1993).

Bu çalışma Sulfonilurea grubundan sulfosulfuron ve mesosulfuron + iodosulfuron'un topraktaki kalıntılarının ayçiçeği fide bioassay ile belirlenebilmesi için en uygun bioassay süresinin ve biyolojik parametresinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada SANBRO ayçiçeği çeşidi, metil bromid, hassas terazi, elek, ışık şiddeti ölçer, mekanik basınçlı püskürtücü, bitki yetiştirme kabini ve plastik saksılar (Ø75 x 120mm) kullanılmıştır.

Herbisit olarak sulfosulfuron %75 (Monitör) ve mesosulfuron methyl %3 + iodosulfuron methyl sodium %0,6 (Atlantis)' un ticari preparatları kullanılmıştır. Denemede tarım yapılmayan bir alanın 0-15 cm' lik toprak kesitinden alınan toprak kullanılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri*

Toprak bünyesi		pH	: 7.42
Kum	: %29.6	Toplam tuz	: 0.027
Silt	: %25.2	Kireç (CaCO ₃) %	: 1.57
Kil	: %45.2	Organik madde	: 2.56
Hacim ağırlığı	: 1,34 g cm ⁻³	Fosfor (P ₂ O ₅)	: 14.44
Bünye sınıfı	: c -killi	Potasyum (K ₂ O)	: 205.87

*Toprak analizi Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü laboratuvarlarında yapılmıştır.

Deneme için alınan toprak ilk olarak metil bromid ile fumige edilmiştir. Fumigasyondan sonra 2 gün havalandırılan toprak laboratuara getirilerek 4 gün oda sıcaklığında kurutulduktan sonra 5 mm'lik elekten geçirilerek denemede kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Ayçiçeği tohumları steril petri kutularının içine konulan ıslatılmış tohum çimlendirme kağıtlarının arasına yerleştirilerek oda sıcaklığında 3 gün boyunca ön çimlenmeye alınmıştır.

Toprağa karıştırılacak herbisitler deiyonize suda çözüldükten sonra mekanik basınçlı püskürtücü yardımıyla toprağa homojen şekilde karıştırılmıştır. Aktif madde sulfosulfuron için 0, 0.25, 0.50, 1.0, 2.5, 5.0, 10 ve 20 $\mu\text{g kg}^{-1}$; mesosulfuron + iodosulfuron için 0, 0.30, 0.60, 0.9, 1.2, 3.0, 6.0 ve 12 $\mu\text{g kg}^{-1}$ dozlarda toprağa uygulanmıştır. Hazırlanan topraklar her doz için ayrı ayrı plastik saksılara konulup 90 ml deiyonize su ile sulanmıştır. Hazırlanan saksılara birer adet çimlenmiş ayçiçeği tohumu yerleştirilerek tohumların üzeri 5 mm kalınlıkta ilaçlı toprakla kapatıldıktan sonra toprağın kaymak tabakası bağlamasını engellemek için, kotiledonlar toprak yüzeyinde görülene kadar saksıların üzeri şeffaf polietilen örtü ile kapatılmıştır. Tohum ekilen saksılar 16 saat ışık ($24\pm 1^\circ\text{C}$ ve $100 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti), 8 saat karanlık ($15\pm 1^\circ\text{C}$) koşullardaki bitki yetiştirme kabinine yerleştirilmiştir. Saksılar deneme süresince gerektiğinde deiyonize su ile sulanmıştır (Alonso-Prados et al. 2002 ve Hernandez-Sevillano et al. 2001).

Herbisitin kalıntı etkisinin en iyi hesaplanabildiği sürenin belirlenmesi amacıyla, saksıların yarısı 15 gün, diğer yarısı ise 30 gün bitki yetiştirme kabininde tutulmuştur. 15. ve 30. günlerde saksılar bitki yetiştirme kabininden alınarak, akan musluk suyu altında bitki köklerinin etrafındaki toprakların yıkanarak uzaklaştırılması sağlanmıştır. Değerlendirmede sürgün boyu, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, bitkinin toprak üstü aksamının yaş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Kuru ağırlığı belirlenecek olan bitki parçaları 70°C 'de 48 saat kurutulduktan sonra tartılmıştır.

Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekerrürlü olarak kurulmuş ve sonuçlar istatistiki analiz yapılarak değerlendirilmiştir. Herbisit kalıntılarının biyolojik parametrelerde meydana getirdiği değişimler kontrole göre etki (%) şeklinde belirlenmiş ve istatistiksel değerlendirmede bu yüzde değerler kullanılmıştır. Logaritmik herbisit dozlarında yetiştirilen bitkilerin biyolojik parametreleri arasındaki farkın ve deney süreleri arasındaki farkın istatistiksel bakımdan önemli olup olmadığını belirlemek için veriler Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler SPSS 13.0 demo istatistik programı ile yapılmıştır.

Ayçiçeği fide bioassayı ile toprakta kalıntısı tespit edilecek herbisitler için metodun hassasiyetini belirlemek ve önceki çalışmalarla uyumunu değerlendirebilmek için 15 ve 30 gün süresince yetiştirilen bitkilerin kök uzunlukları doğrusal olmayan regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Veriler log-logistic model kullanılarak

değerlendirilmiş olup, her bir çeşit için I_{50} , eğim, minimum ve maksimum kök uzunluğu değerleri belirlenmiştir (Seefeldt et al. 1995). Doğrusal olmayan regresyon analizi Statgraphics Centurion 15.0 demo istatistik programı ile yapılmıştır.

Log-Logistic modelde:

$$Y_{15 \text{ gün}} = C + ((D - C) / (1 + \text{Üs} (B * (\ln (X) - \ln (I_{50}))))))$$
$$Y_{30 \text{ gün}} = (D / (1 + \text{Üs} (B * (\ln (X) - \ln (I_{50}))))))$$

Formülde Y: kök uzunluğunu, C: bitkilerin minimum kök uzunluğunu, D: maksimum kök uzunluğunu, B: Doz etki kurvesinin I_{50} noktasındaki eğimini, X: herbisit dozunu ve I_{50} : bitkinin kök uzunluğunun %50 azaldığı herbisit dozunu ifade etmektedir. Modelin doğruluğunun sınanması amacıyla uyum eksikliği testi kullanılmıştır. Uyum eksikliği testi GLM ve Doğrusal olmayan regresyon analizi arasında fark olup olmadığını belirlemesi için F testi kullanılarak yapılmıştır.

Çalışmalar 2007 yılında laboratuvar şartlarında yürütülmüştür.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Sulfosulfuron'un logaritmik dozlarında yetiştirilen ayçiçeği fidelerinin biyolojik parametrelerindeki kontrole göre belirlenen değişimler Çizelge 2'de verilmiştir. Biyolojik parametrelerdeki değişim herbisit dozlarındaki artışa bağlı olarak yükselmektedir. Yapılan istatistik analizde kök parametrelerinin sürgün parametrelerinden daha hassas olduğu görülmüş, en hassas parametrenin ise kök uzunluğu olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Süreler bakımından yapılan istatistiki değerlendirmede kök uzunluğu verileri için 15 veya 30 günlük bioassay süreleri arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$).

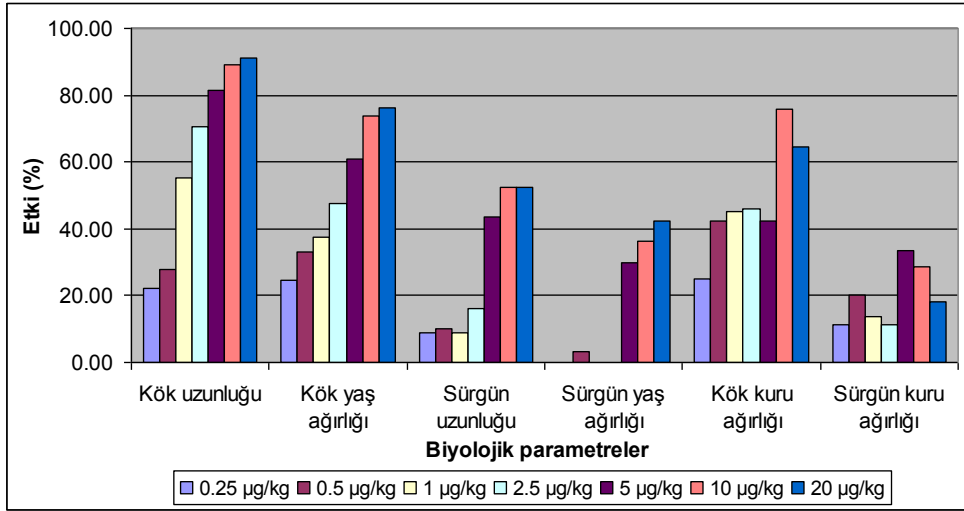
Fidelerden yapılan ölçümler dikkate alındığında gerek 15 gerekse 30 günlük bioassay sonunda kök parametrelerinin gövde parametrelerinden daha hassas olduğu saptanmıştır (Şekil 1-2). Şekil 1 ve 2 incelendiğinde biyolojik parametreler üzerine logaritmik herbisit dozlarının meydana getirdiği gelişme geriliği açıkça görülmektedir. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere bütün herbisit dozlarından en yüksek oranda etkilenen biyolojik parametre kök uzunluğu olmuştur.

Ayçiçeği fideleri 0.25, 0.50, 1.0 μg aktif madde kg^{-1} toprak sulfosulfuron içeren saksılarda yetiştirildiklerinde toprak üstü aksamalarında gözle görülebilir herhangi bir fitotoksositeye rastlanılmamış, köklerde ise dozdaki artışa bağlı olarak değişen kısalmalar gözlenmiştir. Herbisit' in 2.5, 5.0, 10, 20 μg aktif madde kg^{-1} toprak dozlarında yetiştirilen fidelerde ise doza bağlı olarak bitki boyunda kısalma, yaprak ayasının daralıp uzaması, köklerde sekonder kök oluşumunun azalması ve en yüksek 2 dozda ise sekonder kök oluşumunun görülmemesi, bitki kök boğazının kalınlaşması, gövdenin kırmızımsı renk alması, primer köklerde şekil bozukluğu görülmüştür.

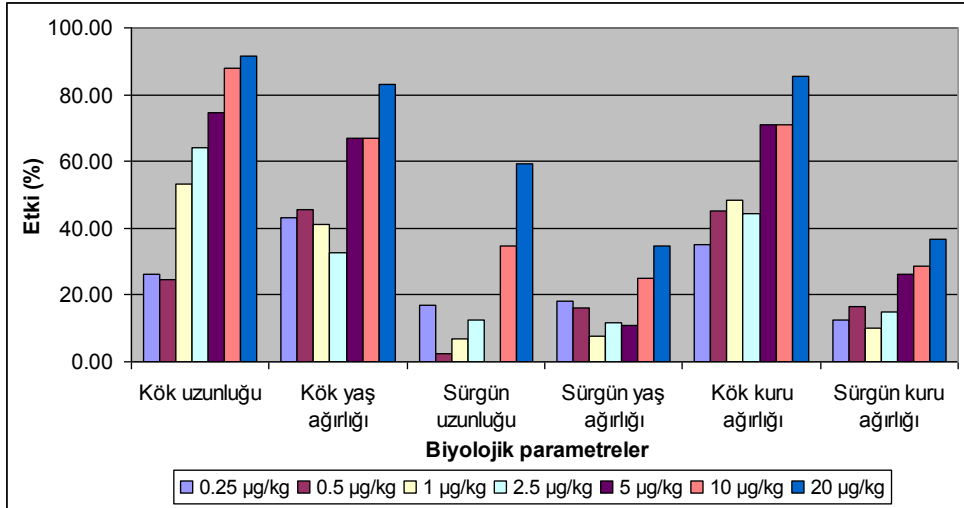
Çizelge 2. Sulfosulfuron içeren saksılarda 15 ve 30 gün süresince yetiştirilen SANBRO çeşidi ayçiçeği fidelerinin biyolojik parametrelerinde kontrole göre azalmalar (%)

Süre	Biyolojik Parametre	Herbisit Dozu													
		0.25 µg kg ⁻¹		0.5 µg kg ⁻¹		1 µg kg ⁻¹		2.5 µg kg ⁻¹		5 µg kg ⁻¹		10 µg kg ⁻¹		20 µg kg ⁻¹	
		Ort.	İ.G.	Ort.	İ.G.	Ort.	İ.G.	Ort.	İ.G.	Ort.	İ.G.	Ort.	İ.G.	Ort.	İ.G.
15 gün	Kök uzunluğu	22.3	A	27.7	B	55.4	A	70.7	A	81.5	A	89.1	A	91.3	A
	Kök yaş ağırlığı	24.7	AB	33.0	AB	37.6	B	47.8	B	60.8	B	73.7	A	76.2	B
	Sürgün uzunluğu	8.8	BC	10.0	CD	8.8	C	16.3	C	43.8	C	52.5	B	52.5	C
	Sürgün yaş ağırlığı	-1.3	D	3.2	D	-10.1	D	-0.1	D	9.9	C	36.5	C	42.5	C
	Kök kuru ağırlığı	25.0	A	42.3	A	45.2	AB	46.2	B	42.3	C	76.0	A	64.4	B
	Sürgün kuru ağırlığı	11.3	C	20.3	BC	13.6	C	11.3	CD	33.3	C	28.8	C	18.1	C
30 gün	Kök uzunluğu	26.3	A	24.7	B	53.0	A	64.0	A	74.5	A	87.9	A	91.5	A
	Kök yaş ağırlığı	43.0	A	45.6	A	41.0	A	32.6	BC	67.0	A	67.0	B	83.0	A
	Sürgün uzunluğu	17.1	A	2.3	B	6.8	B	12.5	C	-5.7	D	34.7	C	59.1	B
	Sürgün yaş ağırlığı	18.0	A	16.2	AB	7.9	B	11.7	BC	10.8	C	25.1	C	34.8	C
	Kök kuru ağırlığı	35.1	A	45.4	A	48.5	A	44.3	B	71.1	A	71.1	B	85.6	A
	Sürgün kuru ağırlığı	12.3	A	16.4	AB	10.1	B	15.1	BC	26.0	B	28.8	C	36.5	C

Ort: Tekerrürlerin Ortalaması, İ.G.: Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre belirlenen istatistikî grup (Her sütündeki aynı harfi taşıyan karakterler arasındaki fark önemsizdir. P > 0.05)



Şekil 1. Sulfosulfuron içeren saksılarda 15 gün süresince yetiştirilen SANBRO çeşidi ayçiçeği fidelerinin kontrole göre gelişimi (%).



Şekil 2. Sulfosulfuron içeren saksılarda 30 gün süresince yetiştirilen SANBRO çeşidi ayçiçeği fidelerinin kontrole göre gelişimi (%).

Fidelerde herbisit dozunun artmasına bağlı olarak gözlenen değişimler ile ölçülen değerlerden hesaplanan yüzde değişimler birbirine paralellik göstermektedir.

Sulfosulfuron kalıntısının ayçiçeği fidelerinde meydana getirdiği gelişme geriliğini belirlemede biyolojik parametre olarak bazı araştırmacılar (Moyer and Hamman 2001) bitkilerin toprak üstü aksam kuru ağırlığını, bazı araştırmacılar (Hernandez–Sevillano et al. 2001 ve Santin–Montanya et al. 2006) ise bitkilerin kök

uzunluğunu kullanmışlardır. Nitekim Alanso-Prados et al. (2002) yürüttükleri çalışmada da önceki çalışmalara benzer sonuçlar elde etmişler, deneme sonunda kök uzunluğu ve gövde uzunluğunda görülen değişimler istatistiksel açıdan önemli bulunurken, sürgün kuru ve yaş ağırlığındaki değişimler önemsiz bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonucunda elde ettiğimiz sonuçlar Alanso-Prados et al. (2002), Hernandez-Sevillano et al. (2001) ve Santin-Montanya et al. (2006)' nın bulgularıyla uyum göstermektedir.

Mesosulfuron + iodosulfuron'un logaritmik dozlarında yetiştirilen ayçiçeği fidelerinin biyolojik parametrelerindeki kontrole göre belirlediğimiz değişim Çizelge 2'de verilmiştir. Biyolojik parametrelerdeki değişim sulfosulfuron'da olduğu gibi herbisit dozlarındaki artışa bağlı olarak yükselmektedir. Yapılan istatistik analizde kök parametrelerinin sürgün parametrelerinden daha hassas olduğu görülmüş, en hassas parametrenin ise sulfosulfuron'a benzer şekilde kök uzunluğu olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Süreler bakımından kök uzunluğu verileri için yapılan istatistiki değerlendirmede de 15 veya 30 günlük bioassay süreleri arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$).

Sulfosulfuron'da elde edilen sonuçlara paralel şekilde gerek 15 gerekse 30 günlük bioassay sonunda kök parametrelerinin gövde parametrelerinden daha hassas olduğu saptanmıştır (Şekil 3-4). Şekil 3 ve 4' de görüleceği üzere bütün herbisit dozlarından en çok etkilenen biyolojik parametre kök uzunluğu olmuştur.

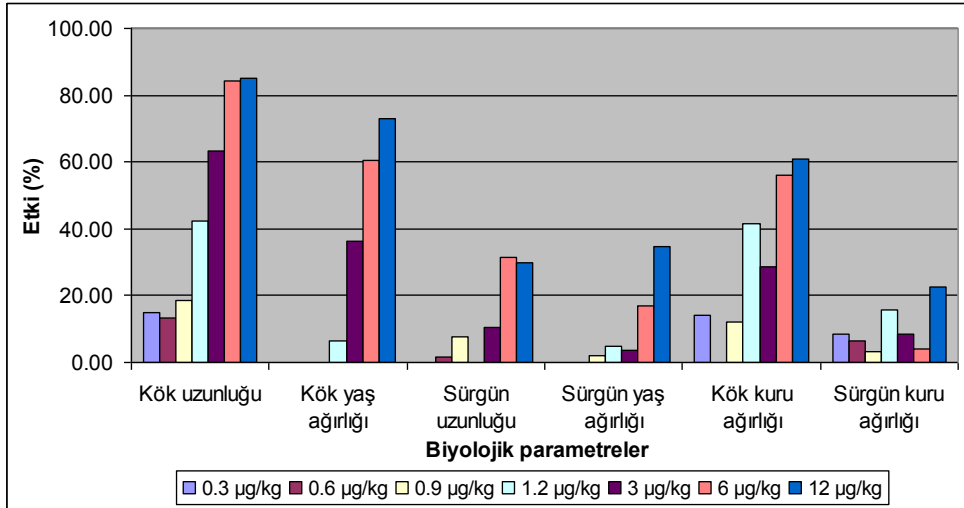
Fideler 0.3, 0.6, 0.9 ve 1.2 μg aktif madde kg^{-1} toprak mesosulfuron + iodosulfuron içeren saksılarda yetiştirildiklerinde sulfosulfuron'a benzer şekilde toprak üstü aksamalarında gözle görülebilir herhangi bir fitotoksositeye rastlanılmamış, köklerde ise dozdaki artışa bağlı olarak değişen kısılma gözlenmiştir. Herbisit' in 3.0, 6.0 ve 12 μg aktif madde kg^{-1} toprak içeren dozlarında yetiştirilen fidelerde ise doza bağlı olarak artan bitki boyunda kısılma, yaprak ayasının daralması ve uzaması, köklerde sekonder kök oluşumunun azalması ve yüksek dozlarda sekonder kök oluşumunun görülmemesi, fide yapraklarında deformasyon ve gövdede renk değişimi görülmüştür.

Santin-Montanya et al. (2006) sulfosulfuron'un, Mansoori et al. (2009) mesosulfuron + iodosulfuron + mefenpyr'in topraktaki kalıntısının bioassay ile belirleneceği zaman kullanılacak en hassas biyolojik parametrenin kök uzunluğundaki değişim olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen bulgular Mansoori et al. (2009) ile Santin-Montanya et al. (2006)' nın verileri ile tam uyum göstermektedir.

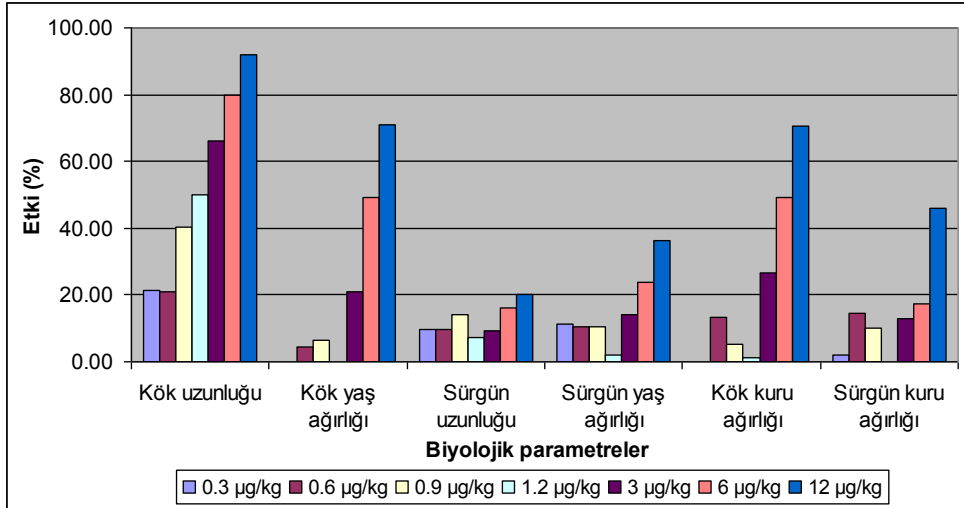
Çizelge 3. Mesosulfuron + iodosulfuron içeren saksılarda 15 ve 30 gün süresince yetiştirilen SANBRO çeşidi ayçiçeği fidelerinin biyolojik parametrelerinde kontrole göre değişimler (%)

Süre	Biyolojik Parametre	Herbisit Dozu													
		0.3 µg kg ⁻¹		0.6 µg kg ⁻¹		0.9 µg kg ⁻¹		1.2 µg kg ⁻¹		3 µg kg ⁻¹		6 µg kg ⁻¹		12 µg kg ⁻¹	
		Ort.	İ.G.	Ort.	İ.G.	Ort.	İ.G.	Ort.	İ.G.	Ort.	İ.G.	Ort.	İ.G.	Ort.	İ.G.
15 gün	Kök uzunluğu	14.8	A	13.2	A	18.5	A	42.3	A	63.5	A	84.1	A	85.2	A
	Kök yaş ağırlığı	-11.6	A	34.8	C	-25.4	B	6.6	B	36.4	B	60.3	B	73.1	B
	Sürgün uzunluğu	-3.0	A	1.5	AB	7.5	A	0.0	B	10.5	C	31.3	C	29.9	DE
	Sürgün yaş ağırlığı	-8.4	A	-3.0	C	2.1	A	4.9	B	3.8	C	17.0	CD	34.7	D
	Kök kuru ağırlığı	14.3	A	52.4	B	11.9	A	41.7	A	28.6	B	56.0	B	60.7	C
	Sürgün kuru ağırlığı	8.4	A	6.5	AB	3.3	A	15.6	B	8.4	C	3.9	D	22.7	E
30 gün	Kök uzunluğu	21.4	A	21.0	A	40.5	A	50.0	A	66.3	A	79.8	A	92.1	A
	Kök yaş ağırlığı	-10.5	A	4.3	A	6.6	B	-3.7	B	20.8	B	49.2	B	70.9	B
	Sürgün uzunluğu	9.7	A	9.7	A	14.3	B	7.4	B	9.1	B	16.0	C	20.0	E
	Sürgün yaş ağırlığı	11.1	A	10.4	A	10.4	B	2.2	B	13.9	B	23.9	C	36.2	D
	Kök kuru ağırlığı	6.7	A	13.3	A	5.3	B	1.3	B	49.3	B	49.3	B	70.7	B
	Sürgün kuru ağırlığı	1.9	A	14.5	A	10.3	B	0.0	B	17.3	B	17.3	C	45.8	C

Ort: Tekerrürlerin Ortalaması, İ.G.: Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre belirlenen istatistikî grup (Her sütündeki aynı harfi taşıyan karakterler arasındaki fark önemsizdir. P > 0.05)



Şekil 3. Mesosulfuron + iodosulfuron içeren saksılarda 15 gün süresince yetiştirilen SANBRO çeşidi ayçiçeği fidelerinin kontrole göre gelişimi (%).

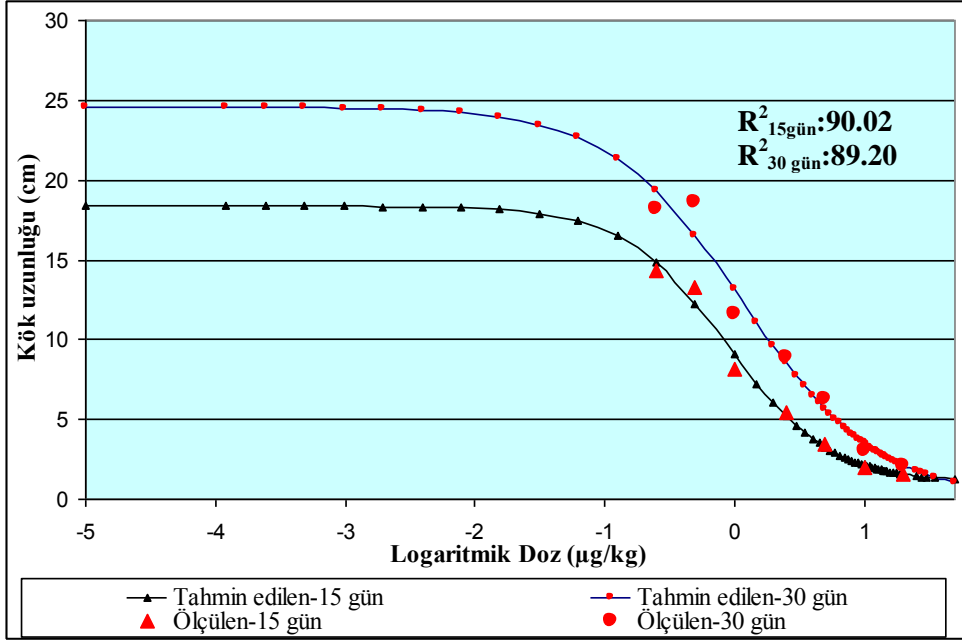


Şekil 4. Mesosulfuron + iodosulfuron içeren saksılarda 30 gün süresince yetiştirilen SANBRO çeşidi ayçiçeği fidelerinin kontrole göre gelişimi (%).

Bir çok araştırmacı tarafından kullanılan bitki uzunluğu parametresi ışık şiddetinden büyük ölçüde etkilendiği için, bu parametrenin laboratuvar şartlarında kullanımı yönünden çok dikkatli olunması gerekmektedir. Laboratuvar şartlarında basit görülebilecek geçici aksaklıklar (elektrik kesintileri, aletlerin bozulması, aydınlatma lambalarının patlaması gibi) bu parametreden elde edilecek sonuçları doğrudan etkilemektedir. Nitekim birçok araştırmacının sonuçları bu parametre ile

ilgili değerlendirmemizin doğru olduğunu göstermektedir (Alonso–Prados et al. 2002, Mansoori et al. 2009, Rodriguez 2005).

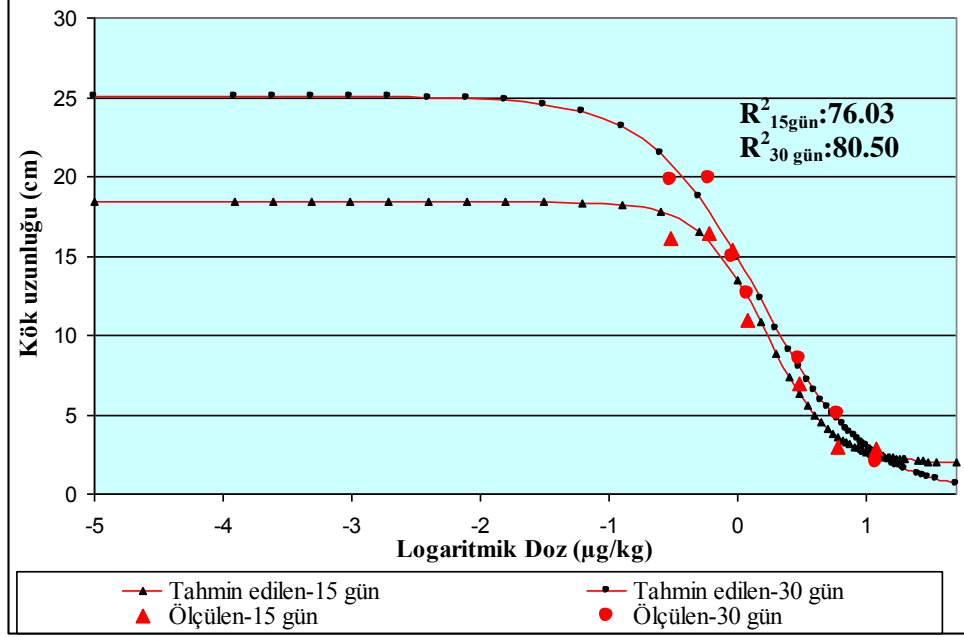
Çalışmamızda ayçiçeğinin herbisitlere karşı hassasiyetinin belirlenmesi için kök uzunluğu değerleri log-logistic model kullanılarak değerlendirilmiştir. Kök uzunlukları kullanılarak yapılan değerlendirmede sulfosulfuron için I_{50} değerlerinin 15 günlük denemede 0.88, 30 günlük denemede ise 1.19 μg ; mesosulfuron + iodosulfuron için I_{50} değerlerinin 15 günlük denemede 1.66, 30 günlük denemede ise 1.46 μg aktif madde kg^{-1} toprak olduğu hesaplanmıştır (Şekil 5 ve 6).



Şekil 5. Sulfosulfuron'un logaritmik dozlarında 15 ve 30 gün süresince yetiştirilen Sanbro çeşidi ayçiçeği bitkilerinin kök uzunlukları (15 gün için tahmin edilen değerler: $1.0 + ((18.36 - 1.0) / (1 + \text{ÜS} (1.09 * (\text{LN} (\text{Doz}) - \text{LN} (0.88))))$); 30 gün için tahmin edilen değerler: $((24.56) / (1 + \text{ÜS} (0.84 * (\text{LN} (\text{Doz}) - \text{LN} (1.19))))$) formüllerine göre hesaplanmıştır.).

Singh and Kulshrestha (2007) sulfosulfuronun topraktaki kalıntısının HPLC ile belirlendiğinde aktif maddenin minimum tespit limitinin $1 \mu\text{g} \text{kg}^{-1}$ toprak olduğunu bildirmişlerdir. Farklı toprak tiplerinde sulfosulfuron'un topraktaki kalıntılarının ayçiçeği kök gelişimindeki değişimin istatistiksel değerlendirilmesi ile hassas şekilde tespit edilebileceğinin bildirildiği bir çalışmada; sulfosulfuron için I_{50} değerinin 1.15 ppb olduğu hesaplanmış ve bu metodun toprakta herbisitlerin kalıntısının izlenmesi (monitoring) amacıyla kullanılabilmesi belirtilmiştir (Hernandez–Sevillano et al. 2001). Önceki çalışmalara benzer şekilde çalışmamızda sulfosulfuron'un topraktaki yaklaşık $1 \mu\text{g} \text{kg}^{-1}$ miktarının Sanbro ayçiçeği bitkilerinde kök gelişimini %50 azalttığı tespit edilmiştir. Rouchaud et al.

(2003) iodosulfuron'un GC ve GC-MS ile tespit limitinin $0.3 \mu\text{g kg}^{-1}$ toprak olduğunu ve herbisitinin $0.5 \mu\text{g kg}^{-1}$ toprak seviyesinde bulunduğu test bitkisi olan şeker pancarında fitotoksisteye neden olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda mesosulfuron + iodosulfuron'un topraktaki yaklaşık $1.5 \mu\text{g kg}^{-1}$ miktarının Sanbro ayçiçeğini bitkilerinde kök gelişimini %50 azalttığı tespit edilmiştir. Yapılan kaynak taramasında mesosulfuron + iodosulfuron'un topraktaki miktarının ayçiçeği fide bioassayı ile belirlenmesi konusunda bir bildirilişe rastlanılamamıştır. Bu bakımdan çalışmamız mesosulfuron + iodosulfuron'un topraktaki miktarının ayçiçeği fide bioassayı ile belirlenmesi konusunda yapılan ilk çalışmadır.



Şekil 6. Mesosulfuron + iodosulfuron'un logaritmik dozlarında 15 ve 30 gün süresince yetiştirilen Sanbro çeşidi ayçiçeği bitkilerinin kök uzunlukları (15 gün için tahmin edilen değerler: $1.93 + ((18.40 - 1.93) / (1 + \sqrt{1.70 * (\text{LN}(\text{Doz}) - \text{LN}(1.66))}))$); 30 gün için tahmin edilen değerler: $((25.04) / (1 + \sqrt{1.03 * (\text{LN}(\text{Doz}) - \text{LN}(1.46))}))$) formüllerine göre hesaplanmıştır).

Analitik yöntemleri kullanmak için gerekli olan altyapı oluşturma maliyetinin oldukça yüksek olması, bu yöntemleri kullanacak kalifiye eleman yetiştirilmesinin uzun zaman alması ve analitik yöntemleri yapacak laboratuvarın işletme maliyetinin yüksek olması nedeniyle alternatif tespit yöntemlerinin ortaya konulması bir zorunluluk olmuştur. Ayçiçeği fide bioassayı ile analitik yöntemlere yakın hatta bazı durumlarda analitik yöntemlerden daha hassas sonuç alındığı ve uygulanmasının kolaylığından dolayı sulfosulfuron ve mesosulfuron + iodosulfuron'un kalıntısından şüphelenilen durumlarda, herbisitlerin parçalanması ve

toprak-su içinde taşınması ile ilgili araştırma çalışmalarında ayçiçeği fide bioassaylerinin kullanılması mümkündür.

KAYNAKLAR

- Alonso-Prados J. L., Hernandez-Sevillano E., Llanos S., Villarroya M. and Garcia-Baudin J. M. 2002. Effects of Sulfosulfuron Soil Residues on Barley (*Hordeum vulgare*), Sunflower (*Helianthus annuus*) and Common Vetch (*Vicia sativa*). Crop Protection, 21 (10), 1061-1066.
- Anonymous 2003. The e-Pesticide Manual (Thirteenth Edition) Version 3.0 (ISBN 1-901396-34-7).
- Anonymous 2007. Herbicide Handbook. (Published by WSSA). Ed. ISBN: 1-891276-56-5.
- Ashok Y., Mehta R., Punia S. S., Hooda V., Malik R. K., Rana V. and Bellinder R. R. 2003. Residual Effects of Four Sulfonylurea Herbicides Applied in Wheat on Succeeding Crops in the Rotation. Indian Journal of Weed Science, 35 (3&4), 259-261.
- Beyer E. M., Duffy M. F., Hay J. V. and Schlueter D. D. 1988. Sulfonylureas. in: Kearney, P.C. and Kaufman, D.D. [Eds.] Herbicides: Chemistry, Degradation, Mode of Action. http://books.google.com/books?id=N__XYPaYELsC&printsec=frontcover&dq=herbicides&hl=tr (Erişim tarihi: 10.11.2008)
- Geier P. W. and Stahlman P. W. 2001. Grain Sorghum (*Sorghum bicolor*) and Sunflower (*Helianthus annuus*) Response to MKH 6561 and MON 37500 Residues in Soil. Weed Technology, 15 (4), 767-770.
- Hernandez-Sevillano E., Villarroya M., Alonso-Prados J. L. and Garcia-Baudin J. M. 2001. Bioassay to Detect MON-37500 and Triasulfuron Residues in Soils. Weed Technology, 15 (3), 447-452.
- Hollaway K. L., Kookana R. S., Mcquinnà D. J., Moerkerk M. R., Noy D. M. and Smal M. A. 1999. Comparison of Sulfonylurea Herbicide Residue Detection in Soil by Bioassay, Enzyme-Linked Immunosorbent Assay and HPLC. Weed Research, 39 (5), 383-397.
- Hultgren R. P., Hudson R. J. and Sims G. K. 2002. Effects of Soil pH and Soil Water Content on Prosulfuron Dissipation. J. Agric. Food Chem, 50 (11), 3236-3243.
- Kelly J. P. and Peeper T. F. 2003. Wheat (*Triticum aestivum*) and Rotational Crop Response to MON 37500. Weed Technology, 17 (1), 55-59.
- Mansoori H., Zand E. and Baghestani M. A. 2009. Sulfonylurea Herbicides' Residues Affect Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Growth: A Bioassay Approach. 2nd International Conference on «Novel and Sustainable Weed Management in Arid and Semi-arid Agro-ecosystems» Proceedings pp 50.
- Moyer J. R., Esau R. and Kozub G. C. 1990. Chlorsulfuron Persistence and Response of Nine Rotational Crops in Alkaline Soils in Southern Alberta. Weed Technology, 4 (3), 543-548.

- Moyer J. R. and Hamman W. M. 2001. Factors Affecting the Toxicity of MON 37500 Residues to Following Crops. *Weed Technology*, Volume 15 (1), 42–47.
- Paul R., Sharma R., Kulshrestha G. and Singh S. B. 2009. Analysis of Metsulfuron-methyl Residues in Wheat Field Soil: A Comparison of HPLC ve Bioassay Techniques. *Pest Management Science*, 65 (9), 963–968.
- Rouchaud J., Moulard C., Eelen H. and Bulcke R. 2003. Persistence of the Sulfonylurea Herbicide Iodosulfuron-methyl in the Soil of Winter Wheat Crops. *Toxicological&Environmental Chemistry*, 85 (4-6),103–120.
- Rappardini G., Paci F. and Campagna G. 2003. Persistence and Percolation of Metsulfuron-methyl and Iodosulfuron-methyl Applied in Post-emergence of Wheat. 7. EWRS Mediterranean Symposium. Proceedings pp 105-106.
- Rodríguez N. 2005. Residualidad (Carryover) de Herbicidas y Mezclas. *Publicación Técnica Anguil: EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas"*, 61, 179-206.
- Santin-Montanya I., Alonso-Prados J. L., Villarroya M. and Garcia-Baudin J. M. 2006. Bioassay for Determining Sensitivity to Sulfosulfuron on Seven Plant Species. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 41 (6), 781–793.
- Seefeldt S. S., Jensen J. E. and Fuerst E. P. 1995. Log-logistic Analysis of Herbicide Dose-Response Relationships. *Weed Technology*, 9 (2), 218–227.
- Singh G., Singh V. P. and Singh M. 2003. Studies on the Effect of Mesosulfuron and Iodosulfuron on Weeds in Wheat, Their Compatibility With Other Chemicals and Residual Effects on Succeeding Crops. *Indian Journal of Weed Science*, 35 (3-4), 173-178.
- Singh S. B. and Kulshrestha G. 2007. Determination of Sulfosulfuron Residues in Soil Under Wheat Crop by a Novel and Cost-effective Method and Evaluation of its Carryover Effect. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 42 (1), 27–31.
- Streibig J. C. and Kudsk P. 1993. *Herbicide Bioassays*. Boca Raton, FL: CRC Press. pp. 29–55.