



Transgenik Olmayan Mısır (*Zea mays* L.) Üretiminde Yabancı Otların Kimyasal Kontrolünün Sürdürülebilirliği

Fırat Pala^{1*}

¹ Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Siirt, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4394-8841)

(İlk Geliş Tarihi 5 Ocak 2020 ve Kabul Tarihi 29 Şubat 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.670524)

ATIF/REFERENCE: Pala, F. (2020). Transgenik Olmayan Mısır (*Zea mays* L.) Üretiminde Yabancı Otların Kimyasal Kontrolünün Sürdürülebilirliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 312-318.

Öz

Mısır bitkisinin yavaş büyümesi ve geniş sıra aralığı nedeniyle yabancı otlar özellikle erken büyüme döneminde ciddi bir sorundur. Ayrıca yüksek yabancı ot istilası ekim ve bakım maliyetini artırır, mısır verim ve kalitesini düşürür. Yabancı ot mücadelesinde en yaygın kullanılan yöntem pratik olması bakımından herbisit kullanımıdır. Transgenik (genetiği değiştirilmiş organizma, GDO) mısır üretiminde yabancı ot mücadelesi genellikle çıkış sonrası glyphosate ve 2.4-D herbisitlerinin kullanımına bağlı olarak yapılmaktadır. Ancak transgenik mısır üretiminin yasak olduğu Avrupa birliği ve Türkiye gibi ülkelerde mısır tarlalarında yabancı ot mücadelesi farklı herbisitlere bağlı olarak; ekim öncesi, çıkış öncesi ve çıkış sonrası olmak üzere üç ayrı dönemde yapılabilmektedir. Bu çalışmada transgenik olmayan mısır üretiminde sorun olan yabancı otlara karşı yaygın olarak kullanılan herbisitlerin yabancı ot kontrolüne ve mısır verimine etkisi araştırılmıştır. En yüksek verim sırasıyla dimethenamid-P 280 g/l + terbuthylazine 250 g/l (13.055 kg ha⁻¹), mesotrione 75 g/l + nicosulfuron 30 g/l (12.979 kg ha⁻¹) ve terbuthylazine 270 g/l + pendimethalin 64 g/l (12.746 kg ha⁻¹) uygulamalarından elde edilmiştir. Maksimum hasat indeksi sırasıyla dimethenamid-P 280 g/l + terbuthylazine 250 g/l (%53), mesotrione 75 g/l + nicosulfuron 30 g/l (%52) ve terbuthylazine 270 g/l + pendimethalin 64 g/l (%50) uygulamalarında saptanmıştır. Yabancı ot indeksi sırasıyla dimethenamid-P 280 g/l + terbuthylazine 250 g/l (%7), mesotrione 75 g/l + nicosulfuron 30 g/l (%8) ve terbuthylazine 270 g/l + pendimethalin 64 g/l (%10) uygulamalarında en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir. Sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde sırasıyla dimethenamid-P 280 g/l + terbuthylazine uygulamalarının öncelikli olarak tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır. Ancak sadece kimyasallara bağlı mücadelelerin uzun dönemde çıkarabileceği çevresel sorunlar nedeniyle mısır üretiminde sürdürülebilir yabancı ot mücadelesi için münavebe, malçlama, solarizasyon, buhar ile toprak dezenfeksiyonu, robotik akıllı kültivatörler ve hassas sensörlü pülverizatörler kullanılması, dron ve dijital teknoloji gibi çevre dostu uygulamaların herbisit uygulamalarına entegre edilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, Verim, Hasat indeksi, Yabancı ot indeksi, Herbisit.

Sustainability of Chemical Control of Weeds in Non-transgenic Corn (*Zea mays* L.) Farming

Abstract

Weed interference is a severe problem in corn, also known as maize, due to slow early growth rate and wide row spacing especially in the early part of the growing season. Furthermore, high weed infestation increases the cost of cultivation, lowers the value of land, and reduces the returns of corn producers. Herbicides are the most widely used tools for weed management. Weed control for transgenic (genetically modified crops, GMO) corn is generally based on the use of post-emergence glyphosate and 2.4-D herbicides. However, transgenic modified corn crop production is prohibited in the European Union and Turkey hence weeds in corn fields in these countries; pre-sowing, pre-emergence and post-emergence herbicides can be used in three different periods. In this study, the effect of

* Sorumlu Yazar: Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Siirt, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4394-8841, firatpala@siirt.edu.tr

commonly used herbicides on weed control in corn was investigated. The highest corn yields were obtained from dimethenamide-P 280 g / l + terbuthylazine 250 g / l (13.055 kg ha⁻¹), mesotrione 75 g / l + nicosulfuron 30 g / l (12.979 kg ha⁻¹) and terbuthylazine 270 g / l + pendimethalin 64 g / l (12.746 kg ha⁻¹), respectively. The maximum harvest indexes were determined in dimethenamide-P 280 g / l + terbuthylazine 250 g / l (53%), mesotrione 75 g / l + nicosulfuron 30 g / l (52%) and terbuthylazine 270 g / l + pendimethalin 64 g / l (50%) applications. The weed indexes were detected in order of dimethenamide-P 280 g / l + terbuthylazine 250 g / l (7%), mesotrione 75 g / l + nicosulfuron 30 g / l (8%) and terbuthylazine 270 g / l + pendimethalin 64 g / l (10%). When the results were evaluated as a whole, it was concluded that dimethenamide-P 280 g / l + terbuthylazine applications could be preferred to weed control in corn production areas, primarily. However, because of the environmental problems that can only be caused by chemical-related struggles in the long run, environmentally friendly applications such as alternation, mulching, solarization, steam disinfection, smart cultivators and sensor sprayers need to be integrated into herbicide applications for sustainable weed control in corn production.

Keywords: Corn, Crop yield, Harvest index, Weed index, Herbicide.

1. Giriş

Mısır (*Zea mays* L.) buğdaygiller familyasına (Poaceae) ait bir sıcak iklim tahılıdır (Peterson, 2013). Gerek insan besin maddesi ya da hayvan yemi olarak, gerekse sanayide birçok ürünün hammaddesi olarak kullanılan mısır bitkisi, üretimi yapılan hububatlar içerisinde ilk sıralarda yer almaktadır (FAO, 2020). Dünyada en fazla üretimi yapılan tahıllar sırasıyla mısır (1.118 milyon ton), buğday (735 milyon ton), çeltik (733 milyon ton), arpa (141 milyon ton) ve yulaf (22 milyon ton)'tır. Dünya mısır üretimi son 5 piyasa yılı içerisinde 1,1 milyar tonluk seviyesini korumuştur. Hem üretim hem de kullanım miktarı giderek artan mısırın, bu konumunu koruyarak gelecekte daha da güçlendireceği öngörülmektedir. En çok mısır üreten ülkeler sırasıyla ABD (366 milyon ton), Çin (257 milyon ton), Brezilya (96 milyon ton), Avrupa Birliği (67 milyon ton) ve Arjantin (55 milyon ton)'dir (Statista, 2019). Türkiye'de ise en fazla üretimi yapılan tahıllar sırasıyla mısır (5.7 milyon ton), buğday (3.6 milyon ton), çeltik (0.55 milyon ton), arpa (7 milyon ton) ve yulaf (0.26 milyon ton)'tır (IGC, 2019). Türkiye'de en çok üretilen tahıllar sırasıyla buğday (20.3 milyon ton), arpa (7 milyon ton) ve mısır (5.7 milyon ton)'dır. Ülkemizdeki mısır ekim alanlarının % 68'ini tanelik, % 32'sini silajlık mısır ekim alanları oluşturmaktadır. Ülkesel mısır üretiminin dörtte birinin yapıldığı Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Diyarbakır, Batman, Adıyaman ve Siirt illerinde çoğunlukla ana ürün ekimi yapılırken, Şanlıurfa ve Mardin illerinde ise ikinci ürün mısır tarımı yapılmaktadır. Ülkesel mısır üretiminin %4'ünü karşılayan Diyarbakır ilinde (0.22 milyon ton) ekim alanlarının (217 bin da) yaklaşık % 91'i ana ürün tane mısır, % 9'u ikinci ürün silajlık mısır olarak yetiştirilmektedir (TÜİK, 2018). Hem ana hem de ikinci ürün mısır üretiminde yabancı otlar önemli verim ve kalite kaybına neden olmaktadır.

Mısır üretim alanlarında sorun olan yabancı otları tanımlama etkili bir yabancı ot yönetim programının anahtarıdır. Sorunlu yabancı otların yanlış tanımlanması, kâr ve zarar arasındaki fark anlamına gelebilir. Yabancı otların üreme yöntemleri de dahil olmak üzere yaşam döngüsü en önemli belirleyici özellik olmasına rağmen, bazen yabancı ot yönetim önlemlerini seçmeden önce kesin türü bilmek gerekir (Pala ve Mennan, 2017b). Mısır üretiminde yabancı otlar önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Yabancı otlar mısır bitkisi ile su, ışık, mineral besin maddeleri ve yer bakımından rekabet etmenin yanı sıra hastalık ve zararlılar için konukçuluk da etmektedirler (Rajcan ve Swanton, 2001). Mısır üretim alanlarında sorun olan en yaygın yabancı otların darıcan [*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.], imam pamuğu [*Abutilon theophrasti* Medik.], it üzümü (*Solanum nigrum* L.), kahkaha çiçeği [*Ipomoea purpurea* (L.) Roth.], kanyaş [*Sorghum halepense* (L.) Pers.], kendi gelen ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), kırmızı köklü tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus* L.), palmer horozibiği [*Amaranthus palmeri* (S.) Watson], pıtrak (*Xanthium strumarium* L.), semizotu (*Portulaca oleracea* L.), sirken (*Chenopodium album* L.), şeytan elması (*Datura stramonium* L.), şifa otu [*Conyza canadensis* (L.) Cronq.], tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.), topalak (*Cyperus rotundus* L.) ve yapışkan ot [*Setaria verticillata* (L.) P. Beauv.] olduğu bildirilmiştir (Doğan ve Boz, 2005; Güngör ve Uygur, 2005; Işık ve ark., 2015; Pala ve Mennan, 2017a; PPP, 2020; UC-IPM 2020). Mısır yetiştiriciliğinde yabancı ot kontrol programlarının seçimine yardımcı olmak için iyi bir yabancı ot envanteri yapılmalıdır. Kontrol programlarını her alandaki problemlere uyacak şekilde uyarlayarak, üreticiler verim ve karları en üst düzeye çıkarırken yabancı ot kontrol maliyetlerini en aza indirebilirler. Yıl içinde iki veya üç kez tarlaların keşfi ve her alanda mevcut yabancı ot türlerinin (geniş yapraklı yıllık veya yıllık otlar gibi) kaydedilmesi ile bir envanter yapılabilir (Pala ve Mennan, 2017b).

Mısır bitkisi yabancı otlara karşı ilk gelişim dönemlerinde oldukça hassastır. Özellikle çimlenme döneminden 4-6 yapraklı döneme gelinceye kadar ki süreç iyi yönetilmez ve bitki yabancı otlar ile rekabete girerse veriminde %37'ye kadar düşüşler görülmektedir (Berzsenyi ve ark., 1995; Oerke ve Dehne, 2004). Bunun nedeni yabancı otların ortama mısır bitkisinden daha kolay adapte olarak topraktaki besin maddeleri, oksijen, su ve ışıktan daha fazla yararlanıyor olmasıdır. Özellikle ekim ayı itibarı ile 2 aylık dönem boyunca yabancı otlar mısırdan daha hızlı gelişmiş olabileceğinden bu döneme bağlı ürün kaybı yüksek olacaktır. Yabancı otlar ile mücadelede mekanik ve kimyasal olmak üzere 2 farklı yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır. Yabancı ot mücadelesi mısır tohumu ekiminden önce başlamalıdır (Silva ve ark., 2011). Tarla yabancı otlardan temizlenirken, toprak yabancı otların kök, rizom ve yumru gibi organlarından arındırılmalı, toplanıp tarladan uzaklaştırılmalıdır. Ayrıca ekim nöbetine dikkat edilmesi bitkinin kendine özgü oluşan yabancı ot örtüsünün yoğunlaşmasına engel olmaktadır. Bunların yanı sıra diğer bir kültürel mücadele şekli de çapalama ile toprağın agronomik özelliklerini dengelemektir. Birkaç defa çapalama yapılması yabancı otları yok etmekte ve toprağın havalanmasını sağlamaktadır (TOB, 2020).

Transgenik (GDO'lu) mısır üretiminde yabancı ot mücadelesi genellikle çıkış sonrası glyphosate ve 2.4-D herbisitlerinin kullanımına bağlı olarak yapılmaktadır (Ravisankar ve ark., 2017; Nandula, 2019). Ancak transgenik mısır üretiminin yasak olduğu Avrupa birliği ve Türkiye gibi ülkelerde mısır tarlalarında yabancı ot mücadelesi farklı herbisitlere bağlı olarak; ekim öncesi, çıkış öncesi ve çıkış sonrası olmak üzere üç ayrı dönemde yapılabilir (Thonke, 1991; Zoschke, 1994; Hall ve ark., 2002; Wunderlich ve Gatto,

2015; Nandula, 2019). Ekim öncesi uygulanan yabancı ot ilacı toprak üzerinden tırmık geçilerek 5-7 cm derinliğe karıştırılır. Çıkış öncesi ilaçlama mısır ekiminden sonraki ilk 5 gün içerisinde yapılmalıdır. Çıkış sonrası ilaç uygulaması ise mısır bitkisi 20-30 cm'ye ulaşmaya kadar (1-8 yapraklı dönem arasında) yapılmalıdır. Bu dönemde gerekirse ayrıca çapalama uygulanabilir. Yabancı ot ilacı ile yapılan mücadele sürecinde uygulamanın mısır bitkisine zarar vermesine engel olunmalıdır. Bunun için; özellikle kimyasal mücadelede kullanılan ilaçların önerilerini dikkate alarak (önerilen ilacın; miktar, uygun zaman – dönemde, yeteri kadar su ve kalibrasyonu yapılmış, uygun aletler ile) kullanılmasına dikkat edilmelidir (Süzer, 2020; Dekalb, 2020). Işık ve ark. (2015), mısır üretim alanlarındaki yabancı ot yoğunluğunun azaltılması amacıyla total bir herbisit olan glyphosate aktif maddesinin ekim öncesi ve çıkış öncesi kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Mısır üretiminde yabancı otların verim kaybını önlemek için üreticilerin en fazla tercih ettikleri yöntem çıkış öncesi ve sonrası herbisit kullanılmaktadır (Pala ve Mennan, 2017a). Bu çalışmada mısır tarlalarında sorun olan yabancı otların mücadelesinde yaygın olarak kullanılan herbisitlerin ruhsatlı dozlarının yabancı ot kontrolüne ve mısır verimine etkisinin karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metod

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan Diyarbakır-Batman il sınırları boyunca uzanan kanalaltı mısır üretim alanında 2015 yılında bazı mekanik ve kimyasal araçlarla etkili yabancı ot yönetim stratejisini incelemek için bir arazi denemesi yapılmıştır. Deneme yerinin toprak yapısı ve sulama imkanı mısır yetiştirme için uygundur. Toprak analizi sonucu ztot (N) (0.3 t ha⁻¹), fosfor (P) (0.1 t ha⁻¹) ve potasyum (K) (0.1 t ha⁻¹) gübresi verilmiştir. Mısır sulama sistemlerinden en yaygın olanlardan karık sulama (bitkisinin 5-8 yapraklı olduğu dönemden döllenme sonrası ve dane dolum dönemine kadar 7 defa) yapılmıştır. Deneme, yaygın yetiştirilen mısır çeşitlerinden biri olan P1921 üzerinde gerçekleştirilmiştir. Mısır tohumları Mart ortasında 70 cm sıra arası ve 15 cm sıra üzeri (dekara yaklaşık yaklaşık 9000 tohum) olacak şekilde 6-7 cm derinliğe ekilmiştir (Nielsen R.L, 1988). Deneme süresi boyunca uzun süreli kuraklık, şiddetli yağış, geç don ve dolu gibi aşırı hava koşulları gözlemlenmemiştir. Bozkurt (*Agrotis ipsilon*, *Agrotis segetum*), mısır kurdu (*Ostrinia nubilalis*) ve mısır koçan kurdu (*Sesamia nonagrioides*) zararlılarını kontrol etmek için üretim sezonu içinde değişik dönemlerde chlorantraniliprole 200 g/l 15 ml/da (15 gün ara ile 2 defa) uygulanmıştır. Mısır yaprak yanıklığı (*Bipolaris mydis*) hafif belirtiler göstermiş zarar şiddeti ekonomik zarar eşiğinin altında olduğundan ilaçlama yapılmamıştır. Mısır tarlalarında pestisit uygulama sırasında sıcaklık 21°C, bağıl nem% 42, rüzgar hızı 3.6 km h⁻¹ olarak ölçülmüştür (MS, 2015). Deneme alanının tamamında ekim öncesi toprak işleme ve çıkış sonrası iki defa traktör ile çapalama yapılmıştır. Denemeye yabancı otlu ve otsuz parseller de bir faktör olarak eklenmiştir. Denemede kullanılan herbisitlerin etkili maddeleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Mısır denemesinde uygulanan herbisitler

Uygulama	Yöntem	Form*	Doz**	Zaman
T-1	Isoxaflutole 225 g/l + Thiencarbazone-methyl 90 g/l + Cyprosulfamide 150 g/l	SC	0.3 l ha ⁻¹	ÇÖ/S
T-2	Dimethenamid-P 280 g/l + Terbutylazine 250 g/l	SE	3 l ha ⁻¹	ÇÖ/S
T-3*	Dicamba %50 + Tritosulfuron %25	WG	0.25 l ha ⁻¹	ÇS
T-4	Mesotrione 75 g/l + Nicosulfuron 30 g/l	OD	2 l ha ⁻¹	ÇS
T-5*	2.4-D EHE 452.42 g/l + Florasulam 6.25 g/l	SE	0.7 l ha ⁻¹	ÇS
T-6	Terbutylazine 270 g/l + Pendimethalin 64 g/l	SE	3 l ha ⁻¹	ÇÖ/S
T-7	Yabancı otlu kontrol	-	-	-
T-8	Yabancı otsuz kontrol	-	-	-

* T-3 ve T-4 uygulamalara Nicasulfuron 40 g/l SC 125 ml/da eklenmiştir.

Arazi denemesi, dört tekerrürlü tesadüf blokları deneme desenini ile tasarlanmıştır. Herbisitlerin etiket bilgilerinde önerilen dozları ve kullanım dönemleri denemesinin özelliklerini oluşturmaktadır. Parseller 4 m x 5 m = 20 m²'de büyüklükte tutulmuştur. Bloklar arasında 1 m ve parseller arasında 0,5 m güvenlik şeridi bırakılmıştır. Uygulama, sabit basınçta (3 atm) çalışan bir püskürtme koluna sahip bir püskürtücü ve deneme alanı boyunca eşit dağılım sağlayan çoklu meme ucuna (uçlar arasında 0.5 m) sahip bir sırt pompası (TT-110.02) ile gerçekleştirilmiştir.

Çıkış öncesi herbisitler mısır ekiminden 1 gün sonra, çıkış sonrası herbisitler ise mısır bitkisi 2-4 yapraklı dönemde iken uygulanmıştır. Yabancı ot gözlemleri rastgele seçilen 1 m²'lik (1.0 m x 1.0 m) alanlarda, mısır ile ilgili gözlemler ise bir sıra üzerinde seçilen 10 bitki temel alınarak yapılmıştır. Selektivite çalışmasında yabancı ot etkisini önlemek için, mısır üretim sezonu boyunca tüm araziler yabancı otlardan elle toplama ve çapalama veya traktör çapası ile temizlenmiştir. Gözlem yapılan yabancı otlar dar ve geniş yapraklı olarak kategorize edilmiştir. Herbisitlerin yabancı ot semptomları (sararma, deformasyon, kurutma, vb.) açık ve doğru bir şekilde tanımlanmıştır. Bitki fitotoksitesi Puntener (1981)'a göre kayıt altına alınmıştır. Diğer tüm tarımsal işlemler çiftçi uygulamalarına göre yapılmıştır. Böylece, herbisit uygulamaları tek değişken olmuştur. Bu çalışmada mısır verimi (kg ha⁻¹), hasat indeksi (%) ve yabancı ot indeksi (%) araştırılmıştır.

Bitki verimi (kg ha⁻²): Rastgele seçilen 10 bitkinin koçanları harman edilerek 0.01 g duyarlı terazide tartılmış ve ortalamaları alınarak bitki başına verim g m⁻² olarak belirlenmiş ve hektara dönüştürülerek mısır verimi kg ha⁻¹ cinsinden hesaplanmıştır.

Hasat indeksi (%): Her parselden rastgele seçilen bitkiler toprak seviyesinden kesilmiş ve hassas terazide tartılmışlardır. Daha sonra bu bitkilerin taneleri harman edilmiştir. Elde edilen 10 bitkinin tane ağırlığı değerleri o bitkilerin toplam yerüstü ağırlık değerlerine bölünerek % olarak hasat indeksi değerleri hesaplanmıştır. Beadle (1985)'a göre hasat indeksi (HI,%) Formül 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$HI(\%) = \frac{\text{Tane verimi (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{Toplam verim (kg ha}^{-1}\text{)}} \times 100 \quad [1]$$

Yabancı ot indeksi (%): Yüzde olarak ifade edilen yabancı ot indeksi yabancı otların varlığı nedeniyle ürün kaybını ifade etmektedir. Gupta (1998)'a göre yabancı ot indeksi (WI,%) Formül 2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$WI(\%) = \frac{\text{En iyi uygulamanın mahsul verimi (kg)} - \text{İndeks karşılaştırılan uygulamanın mahsul verimi}}{\text{İndeks karşılaştırılan uygulamanın mahsul verimi}} \times 100 \quad [2]$$

Agronomik karakterlerle ilgili olarak, her bir parselden rastgele on bitki rastgele seçilmiş ve agronomik gözlemler kaydedilmiştir. Her bir parselden elde edilen veriler, dekara dönüştürülerek kg ha⁻¹ cinsinden hesaplanmıştır.

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizi, JMP 5.0.1 tarafından yürütülen ANOVA'ya tabi tutulmuştur. Ortalama değerler arasındaki farklılıkların önemi LSMeans Differences Tukey HSD test değerleri ile test edilmiştir (P < 0.05).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Mısır deneme alanında yabancı otları kontrol etmek için uygulanan herbisitlerden etkilenen parametrelerden mısır verimi (kg ha⁻¹), hasat indeksi (%) ve yabancı ot indeksi (%) ile ilgili veriler Çizelge 2 'de verilmiştir.

Tablo 2. Herbisit uygulamalarına göre mısır tane verimi, hasat indeksi ve yabancı ot indeksi

Uygulama	Mısır Tane Verimi (kg ha ⁻¹)	Hasat İndeksi (%)	Yabancı Ot İndeksi (%)
T-1	12.274 ^e	49 ^b	14 ^d
T-2	13.055 ^b	53 ^b	7 ^e
T-3	10.537 ^e	37 ^{cd}	33 ^b
T-4	12.979 ^c	52 ^b	8 ^e
T-5	11.164 ^f	40 ^c	26 ^c
T-6	12.746 ^d	50 ^b	10 ^{de}
T-7	4.753 ^h	33 ^d	195 ^a
T-8	14.011 ^a	61 ^a	0 ^f

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar P < 0.05 düzeyinde anlamlı değildir. (Alpha = 0.050, Q = 3.35414).

Diğer tarımsal ürünlerde olduğu gibi mısır üretiminde yabancı otlarla mücadelede üründe verim ve kalitesi kaybını önlemeye yöneliktir. Bu nedenle mısır tarlalarında sorun olan yabancı otların kontrolü için uygulanan herbisitlerin mısır verimine etkisinin belirlenmesi önemlidir. Herbisitlerin verime etkisi genel olarak değerlendirildiğinde yabancı otsuz kontrol parsellerinden sonra önerilen dozda sırasıyla T-2 (13.055 kg ha⁻¹), T-4 (12.979 kg ha⁻¹) ve T-6 (12.746 kg ha⁻¹) uygulamalarının en iyi sonucu verdikleri saptanmıştır. T-4 uygulamasında mısır veriminin en yüksek olduğu bulunmuştur. Yabancı otlu kontrol parselden sonra T-3 uygulamasında en düşük mısır verimi (9.037 kg ha⁻¹) saptanmıştır. Shrestha ve ark. (2019) yabancı ot yönetimi uygulaması ve toprak işleme sisteminin mısırın verimi üzerindeki etkisini değerlendirmek için yaptığı çalışmada mısırdan en yüksek verimi diğer mekanik ve kimyasal uygulamalara oranla polietilen malç uygulamasında (7.071 kg ha⁻¹) elde ettiğini bildirmiştir. Her iki yöntem için verilen sonuçlar mısır veriminin bulgularımızla kıyaslandığında neredeyse yarısı seviyesinde olduğu görülmektedir. Khan ve ark. (2014) atrax (2.925 kg ha⁻¹), buctril süper (2.980 kg ha⁻¹), dual gold (3.519 kg ha⁻¹), sencor extra (3.372 kg ha⁻¹), primextra (3.703 kg ha⁻¹), stomp (2.690 kg ha⁻¹) uygulamaları sonrası herbisitlerin uygulanmasının mısırın biyolojik ve tahıl verimini önemli ölçüde etkilediğini bildirmiştir. Bu durum farklı coğrafik bölgelerdeki iklim ve toprak yapısı, sulama ve gübrelemenin yanı sıra yabancı ot mücadele yönteminin (örneğin uygulanan herbisit gibi) farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Mısır atıkları, koçanı (mısır tanelerini) bir araya getirdikten (topladıktan veya hasat ettikten) sonra tarlada kalan sap, yapraklar, kabuklar ve püsküllerden oluşmaktadır. Mısır atıkları hasat edilebilir ve hayvan yemi olarak kullanılabilir, etanole dönüştürülebilir, ısı ve elektrik için yakılabilir. Her mahsul yılında üretilen atık miktarı iklim ve toprak koşullarına, toprak işleme, gübreleme ve sulama gibi tarımsal işlemlere, hastalık, zararlı ve yabancı ot gibi zararlı organizmaların yönetimine bağlıdır. Mısır tarlalarında sorun olan yabancı otların kontrolü için yapılan herbisit uygulamalarından sonra mısır tane hasat indeksi (%) genel olarak değerlendirildiğinde yabancı otsuz kontrol parsellerinden sonra önerilen dozda sırasıyla T-2 (%53), T-4 (%52) ve T-6 (%50) uygulamalarının en iyi sonucu verdikleri saptanmıştır. T-2 uygulamasında mısır hasat indeksinin en yüksek olduğu belirlenmiştir. Yabancı otlu kontrol parselden sonra T-3 hasat indeksi (%37) diğer herbisit uygulamalarından daha düşük belirlenmiştir. Genel bir kural olarak, üretilen ürün kalıntı miktarı üretilen tane miktarı ile hemen hemen aynıdır. Bu genellikle hasat indeksi olarak adlandırılan bir oranda ifade edilir. Genel bir kural olarak, normal bir yılda (yani, aşırı hava koşulları olmadan) hasat indeksi %50 olacaktır (Pennington, 2013). Bu iyi bir kural olsa da ve çeşitli alanlarda tarımsal atık üretimini tahmin etmek için kullanılabilir de, bu sayının yıldan yıla ve toprak tipinden toprak tipine kadar değişebileceğini anlamak önemlidir. Tablo 2, herbisit uygulamalarına göre alınan verileri göstermektedir. Verilerde geniş bir varyasyon vardır (%32 ile %56 arasında). Mısır tane veriminin azaldığı aşırı aşırı yabancı ot baskısının olduğu yıllarda, hasat indeksi genellikle daha düşüktür (tane veriminden daha yüksek mısır sap ve saman verimi). Optimum yabancı ot kontrolünde, hasat indeksi genellikle 0,50 civarında seyredir. İyi bir yabancı ot yönetim ile aynı büyüklükteki bitki ile daha yüksek tane verimi elde

edilebilir ve bu da daha yüksek hasat indeksine neden olur. Aynı toprak tipinde homojen bir şekilde yapılan toprak işleme, sulama, gübreleme vb. tarımsal işlemlerde uygulanan herbisitlere bağlı olarak hasat indeksinde dalgalanmalar olması ürün ve yabancı ot rekabetinden (su, besin maddesi, ışık ve alan için) kaynaklanmaktadır. Hasat indeksi mutlaka yönetilmesi gereken bir faktör değildir. Koçan yani tane verimi, mısır bitkisinin ekonomik açıdan en değerli kısmıdır ve yönetim kararları, tane veriminden elde edilen kârı maksimize etmeye dayanmaktadır. Hayvan yemi veya biyoenerji için mısır biyokütlesi ile ilgili yeni fırsatlar ortaya çıktıkça, hasattan sonra tarlada ne kadar mısır sap ve samanı kaldığı ve bu atıkların daha etkin bir şekilde değerlendirilecektir. Hasat indeksi, tarlada ne kadar mısır sap ve samanının bulunduğunu tahmin etmenin basit bir yolu olduğu için önemlidir. Shrestha ve ark. (2019) mısır bitkisinde uygulanan yabancı ot kontrol yöntemlerine göre hasat indeksinin en yüksek Atrazine 1.5 kg a.i. ha⁻¹ fb 2,4-D uygulamasında (%50) olduğunu bildirmiştir. Bu sonuç bulgularımızla karşılaştırıldığında T-2 (%52), T-4 (%52) ve T-6 (%50) uygulamalarına yakın değerde bulunmuştur. Khan ve ark. (2014) atrax (%30), buctril süper (%30), dual gold (%33), sencor extra (%32), primextra (%35), stomp (%30) uygulamaları sonrası herbisitlerin uygulanmasının ürün hasat indeksi %30 civarında etkilediğini bildirmiştir. Hütsch ve Schubert (2017) son on yıl boyunca, birçok tarımsal mahsulün (örneğin buğday) hasat indeksinin genetik veya agronomik olarak artarken, hibrit mısırın hasat indeksinin büyük büyüme alanlarında neredeyse değişmeden kaldığını bildirmişlerdir. Bu durum mısırdaki sorun olan yabancı otların ekonomik zarar eşliğinin altına düşürülmesi için seçilecek yabancı ot kontrol yönteminde ürün hasat indeksinin mısır bitkisinde %50 civarında olmasının hedeflenebileceğini göstermektedir. DeLougherty ve ark. (1979) hasat indeksinin mısır verimliliğini değerlendirmek için kullanılan indekslerden biri olduğunu normal üretim yoğunluğunda (50.000 bitki ha⁻¹) ekilen adapte edilmiş melezlerin stres koşullarına bağlı olarak yabancı ot yoğunluğu artacağı, mısır bitkisinin strese gireceği, mısırın daha az koçan ve tane oluşturacağı ve sap ve saman gibi vejetatif atıkların artacağı sonucuna varılmıştır. Ion ve ark. (2015) farklı sıra arası ve üzeri mısır yoğunluğuna bağlı olarak hasat indeksinin 0.20 ile 0.56 arasında değişebileceğini, dar sıra arasında indeksin düştüğü 70.000 bitki ha⁻¹ ve münavebe olarak ayçiçeği sonrası mısır üretiminde en yüksek değer elde edildiğini bildirmiştir. Ekim normu ile ilgili bu veriler T-2, T-4 ve T-6 herbisit uygulamalarından biri ile kombine edildiğinde optimum hasat indeksinin elde edileceği anlaşılmaktadır.

Yabancı ot indeksi yabancı ot istilasından kaynaklanan verim kayıplarını yabancı ot arsalarına göre tanımlamak için ideal bir parametredir (Suria ve ark., 2011; Pala, 2019). Mısır tarlalarında sorun olan yabancı otların kontrolü için uygulanan herbisitlerin yabancı ot indeksi (%) genel olarak değerlendirildiğinde yabancı otsuz kontrol parsellerinden sonra önerilen dozda sırasıyla T-2 (%7), T-4 (%8) ve T-6 (%10) uygulamalarının en iyi sonucu verdikleri saptanmıştır. T-2 uygulamasında yabancı ot kontrolünün en iyi ve mısır veriminin en yüksek olduğu belirlenmiştir. Yabancı otlu kontrol parselinden sonra T-3 herbisitinin önerilen dozda uygulamasının diğer herbisit tedavilerinden daha kötü yabancı ot indeks değeri (%33) kaydetmiştir. Shrestha ve ark. (2019) yabancı ot yönetim uygulamalarının hiçbirinin yabancı otları tamamen ortadan kaldırmadığını, ancak kontrol parseline göre siyah polietilen malçlaması en iyi yabancı ot indeksini (%-21) verdiğini, Atrazine 1.5 kg a.i. ha⁻¹ fb 2,4-D uygulamasının yabancı ot indeksinin %12 olduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlar bulgularımızla karşılaştırıldığında herbisit kullanımına bağlı yabancı ot indeksi %10'un altında bulunan T-2, T-4 ve T-6 uygulamaları ile benzerlik göstermektedir.

4. Sonuç

Yabancı ot istilası, mısırdaki tahıl verimini önemli ölçüde azaltan önemli zararlı organizmalardan biridir. Önceki yıl ekilen tarım ürününde görülen yabancı otların tanınması, ekim öncesi, çıkış öncesi ve erken çıkış sonrası yabancı otların mevcut durumunun belirlenmesi gözlemler yapılması önemlidir. Eldeki bilgiler ve erken mevsim gözlemleri, eğer kullanılacaksa, ekim öncesi, çıkış öncesi veya çıkış sonrası herbisitlerin ne kadar etkili olabileceği konusunda öngörüye sahip olmamızı sağlamaktadır. Ayrıca yaz ortası (mısır yüksek belden önce) ikinci bir gözlem yapılarak yabancı ot kontrol uygulamalarının genel etkinliği hakkında bilgi sağlayabilir ve programın gelecek yıllarda nasıl ayarlanabileceğine dair ipuçları sağlayabilir. Bu aynı zamanda mevcut yabancı ot türlerini ve sayılarını kaydetmek ve mısır üretim alanındaki özel problem alanlarının yerini haritalamak için iyi bir zamandır. Yabancı ot envanterini tamamlamak için hasatta yabancı ot türleri ve sayıları hakkında ek notlar alınabilir. Yabancı otların mücadelesinde en yaygın tercih edilen yöntem ekonomik ve pratik olması nedeniyle herbisit kullanımınıdır. Bu çalışmada Avrupa Birliği ve Türkiye gibi transgenik (GDO'lu) olmayan mısır üretim alanlarında sorun olan yabancı otları kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan herbisitlerden isoxaflutole + thiencazabazone-methyl + cyprosulfamide, dimethenamid-P + terbuthylazine, dicamba + tritosulfuron, 2,4-D ethylhexyl ester + florasulam, terbuthylazine + pendimethalin ve mesotrione + nicosulfuron aktif maddelerinin mısır verimi (kg ha⁻¹), hasat indeksi (%) ve yabancı ot indeksi (%) ile ilgili parametreler araştırılmıştır. Sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde sırasıyla dimethenamid-P 280 g/l + terbuthylazine 250 g/l, mesotrione 75 g/l + nicosulfuron 30 g/l ve terbuthylazine 270 g/l + pendimethalin 64 g/l uygulamalarının öncelikli olarak tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır. Yabancı ot yönetimi bir mısır üretim sisteminin en önemli bileşenlerinden biridir. Herbisitler normal olarak karlı üretim sistemlerinde gereklidir. Bununla birlikte, herbisitler bir yabancı ot yönetim programının sadece bir bileşenidir. Yabancı ot yönetimi en iyi şekilde ürün münavebesi, yabancı otlarla ürün rekabeti teşvik eden iyi agronomik uygulamalar, malçlama, solarizasyon, buharlama, akıllı kültivatörler ve pülverizatörler, dron ve dijital teknoloji gibi çevre dostu uygulamaların herbisit uygulamalarına entegre edilmesi sürdürülebilir mısır üretimi için önemli bir stratejidir. Herbisitler sadece gerektiği gibi ve sadece yabancı ot problemleri ve yabancı otların hem mevcut hem de gelecekteki mahsullerin üretim verimliliği üzerindeki etkisi dikkatle değerlendirildikten sonra kullanılmalıdır.

Kaynakça

- Beadle, C.L. (1985). Plant Growth Analysis. Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis. Edited by J. Coombs, D.O. Hall, S.P. Long and J. M. O. Scurlock. Chapter 2, P: 20–25. Pergamon Press. Oxford, England. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-031999-5.50012-1>
- Berzsenyi, P., Bonis, B., Arendas, T. (1995). Investigations about the effects of some factors influencing the efficacy of postemergence weed control in maize (*Zea mays* L.), Dang Quoc Lap, Agricultural Research Institute of The Hungarian Academy of Sciences, 9th EWRS Symposium Budapest, 257 – 264.
- Dekalb (2020). Yabancı Ot Mücadelesi. [04 Jan. 2020] Available at: <https://www.dekalb.com.tr/arama?tag=YABANCI%20OT>
- DeLougherty, R. L., Crookston, R. K. (1979). Harvest Index of corn affected by population density, maturity rating, and environment 1. *Agronomy Journal*, 71(4), 577-580. <https://doi.org/10.2134/agronj1979.00021962007100040014x>
- Dogan, M.N., Boz, Ö. (2005). Comparison of weed problems in main and second crop maize (*Zea mays* L.) growing areas in Turkey. *Asian Journal of Plant Sciences*, 4(3), 220-224. <https://doi.org/10.3923/ajps.2005.220.224>
- FAO (2020). Maize in human nutrition. [accessed on: 04 Jan. 2020] Available at: <http://www.fao.org/3/t0395e/T0395E00.htm#Contents>
- Gupta, O.P. (1998). Weed management: Principles and practices. *Agro Botanica*, Bikaner, India, pp. 18-23.
- Güngör, M. Uygur, F.N. (2005). Adana ili mısır ekim alanlarında yabancı otlara karşı uygulanan kimyasal mücadelenin önemi ve ortaya çıkan sorunların araştırılması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 171s. Adana.
- Hall, R.M., Swanton C.J., Anderson W.G. (2002). The critical period of weed control in grain maize (*Zea mays*). *Weed Science Congress*, 40: 441-447. <https://doi.org/10.1017/S0043174500051882>
- Hütsch, B.W., Schubert, S. (2017). Harvest index of maize (*Zea mays* L.): Are there possibilities for improvement?. In *Advances in agronomy* (Vol. 146, pp. 37-82). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.07.004>
- IGC 2019. International Grains Council. [accessed on: 27 Jun. 2015] Available at: <http://www.igc.int/en/default.aspx>
- Ion, V., Dicu, G., Dumbravă, M., Temocico, G., Alecu, I. N., Băşa, A. G., State, D. (2015). Harvest index at maize in different growing conditions. *Romanian Biotechnological Letters*, 20(6), 10951. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.036>
- Işık D., Dok M., Altop EK., Mennan H. (2015). Mısır yetiştiriciliğinde erken toprak işleme ve glyphosate'nin çıkış öncesi ve çıkış sonrası yabancı ot mücadele yöntemleri ile birlikte kullanılabilirliğinin araştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21, 596- 605. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001360
- Khan, H., Marwat, K.B., Khan, M.A., Hashim, S. (2014). Herbicidal control of parthenium weed in maize. *Pak. J. Bot*, 46(2), 497-504.
- MS (2015). Meteorological Service. [accessed on: 27 Jun. 2015] Available at: <https://www.mgm.gov.tr/>
- Nandula, V.K. (2019). Herbicide Resistance Traits in Maize and Soybean: Current Status and Future Outlook. *Plants*, 8(9), 337. <https://doi.org/10.3390/plants8090337>
- Nielsen, R.L. (1988). Influence of hybrids and plant density on grain yield and stalk breakage in corn grown in 38 cm row width. *Journal Production Agriculture*, 1(3), 190–195. <https://doi.org/10.2134/jpa1988.0190>
- Oerke, E.C., Dehne, H.W. (2004). Safeguarding protection-losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection*, 23, 275-285. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.10.001>
- Pala, F., Mennan, H. (2017a). Determination of existing weed management by conducting a survey with corn farmers in Diyarbakir. Central Anatolia Region Third Agriculture and Food Congress, 26-28 Oct., Sivas, Turkey.
- Pala, F., Mennan, H. (2017b). Investigation of problems and considerations on weed control methods in field crops of Diyarbakir. International Conference on Multidisciplinary, Engineering, Science, Education and Technology, 27-29 Oct., Bitlis, Turkey.
- Pala, F. (2019). Optimum application time of aclonifen active ingredient to weed management in lentils. 3. Anadolu Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 28-29 December, Diyarbakir, Turkey. *Euroasia Journal of Matematics-Engineering Natural & Medical Sciences*, pp. 27-33.
- Pennington, D. (2013). Harvest index: A predictor of corn stover yield. [accessed on: 04 Jan. 2020] Available at: https://www.canr.msu.edu/news/harvest_index_a_predictor_of_corn_stover_yield
- Peterson, P.M. (2013). Poaceae (Gramineae). In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0003689.pub2>
- PPP (2020). Plant Protection Products. [accessed on: 05 Jan. 2020] Available at: <https://bku.tarim.gov.tr/>
- Puntener, W. (1981). Manual for field trials in plant protection. Second Edition. Ciba-Geigy Limited, Basle, Switzerland.
- Rajcan, I., Swanton, C.J. (2001). Understanding maize–weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. *Field Crops Research*, 71(2), 139-150. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00159-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00159-9)
- Ravisankar, D. (2017). Weed Management in Herbicide Tolerant Transgenic Maize-A Review. *Chem Sci Rev Lett*, 6(24), 2364-2372.
- Shrestha, A., Tapab, B., Subedib, R., Amgainb, L.P., Wasti, M. (2019). Effect of weed management in productivity of Spring Maize in Mid-hills of Nepal. *Journal of Research in Weed Science*, 2, 43-51. <https://doi.org/10.26655/jrweedsoci.2019.1.4>
- Silva, P.S.L., Silva, P.I.B., Silva, K.M.B., Oliveira, V.R., Pontes Filho, F.S.T. (2011). Corn growth and yield in competition with weeds. *Planta daninha*, 29(4), 793-802. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000400009>
- Süzer, S. 2020. Mısır Tarımı. [accessed on: 02 Jan. 2020] Available at: <http://hayrabolutb.org.tr/media/ziraat/Misir-Tarimi.pdf>
- Thonke, K.E. (1991). Political and practical approach in Scandinavia towards reducing herbicide inputs, Brighton Crop Protection Conference, Brighton, 1183 –1190.
- TOB (2020). Mısır Hastalık ve Zararlıları İle Mücadele. [accessed on: 03 Jan. 2020] Available at: https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/Bitki%20Sa%C4%9Flu%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20Hizmetleri/hastalik_zararlılari_ile_m%C3%BCcadele_dokumanlari/misir.pdf

- TÜİK (2018). Bitkisel Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu. [accessed on: 03 Jan. 2020] Available at: <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>
- UC-IPM (2020). Corn. [accessed on: 19 Apr. 2019] Available at: <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r113700999.html>
- Wunderlich, S., Gatto, K.A. (2015). Consumer perception of genetically modified organisms and sources of information. *Advances in Nutrition*, 6(6), 842-851. <https://doi.org/10.3945/an.115.008870>
- Zoschke, A. (1994). Toward reduced herbicide rates and adapted weed management. *Weed Technol.* 8, 376-386. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00038951>