



Araştırma Makalesi/Reserach Article

Türkiye’de Kimyasal Pestisit Kullanımının Ekonomi ve Çevre Yönüyle Değerlendirmesi

Merve Ayyıldız^{1*} 

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü

*Sorumlu yazar: merve.ayyildiz@yobu.edu.tr

Geliş Tarihi: 19.08.2022

Kabul Tarihi: 14.11.2022

Öz

Son yıllarda pestisitlerin ekonomik getirisinin yanı sıra çevre üzerindeki olumsuz etkileri üzerinde tartışılmaktadır. Tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması üretim artışı ile beraber çevresel tahribatın azalmasıyla mümkündür. Bu nedenle çalışmada kimyasal pestisitlerin ekonomi ve çevre üzerinde etkisinin karşılaştırmalı olarak ortaya konulması amaçlanmıştır. 1990-2020 yıllarına ilişkin kimyasal pestisit, çevresel ve ekonomik göstergeleri kullanılarak pestisitlerin uzun dönem etkilerini belirlemede FMOLS-DOLS modellerinden yararlanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, bitkisel üretim indeksi ve tarımsal sera gazı emisyonu üzerinde fungusit ve herbisit kullanımı anlamlı bir etkiye sahipken, insektisit kullanımının istatistiksel olarak etkili olmadığı belirlenmiştir. FMOLS(DOLS) sonuçları dikkate alındığında fungusit ve herbisit kullanım miktarındaki (kg ha⁻¹) %1’lik artış bitkisel üretim indeksinde sırasıyla %0.16 (%0.16) ve %0.13 (%0.13)’lük artışa; tarımsal sera gazı emisyonunda ise sırasıyla %0.36 (%0.35) ve %0.16 (%0.14)’lük artışa yol açabileceği gözlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında, pestisit kullanımının verimliliğe önemli ölçüde katkı sağladığını ancak zamanla daha fazla oranda çevresel tahribata yol açtığı söylenebilir. Buna göre pestisit kullanımını azaltmaya ve doğru kullanımını sağlamaya yönelik yasal mevzuatların oluşturulması ve yayım faaliyetlerinin etkinleştirilmesi önemli görülmektedir. Kimyasal pestisit kullanımına alternatif olarak biyopestisitlerin kullanımının yaygınlaşması ve etkinliğinin geliştirilmesi için ARGE çalışmalarına öncelik verilmelidir. Ayrıca uygulamada biyolojik mücadele yöntemlerinin yaygınlaştırılmasına yönelik destekleme ve teşvik politikalarında işlevselliğin artırılmasının kısa ve orta vadede çevre üzerindeki baskıyı azaltacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kimyasal pestisit, Tarımsal sera gazı emisyonu, Bitkisel üretim indeksi, Sürdürülebilirlik, FMOLS-DOLS modelleri

Evaluation of chemical pesticide use in terms of economy and environment in Türkiye Abstract

Sustainability in agriculture is possible with an increase in production and a reduction in environmental damage. In this study, it is aimed to reveal the effects of chemical pesticides on the economy and environment comparatively. FMOLS-DOLS models were used to determine the long-term effects of pesticides by using chemical pesticides, environmental and economic indicators for the years 1990–2020. Considering the FMOLS(DOLS) results, a 1% increase in the amount of fungicide and herbicide use (kg ha⁻¹) increases 0.16% (0.16%) and 0.13% (0.13%) in the crop production index, respectively; on the other hand, it has been observed that can increase 0.36% (0.35%) and 0.16% (0.14%) in agricultural greenhouse gas emissions, respectively. It can be said that the use of pesticides contributes significantly to productivity, but it causes more environmental damage over time. Accordingly, it is considered important to establish legal regulations to reduce the use of pesticides and ensure their correct use, and to activate publication activities. R&D studies should be given priority to spread the use of biopesticides and to improve their effectiveness. Additionally, it is predicted that increasing the functionality of support and incentive policies for the dissemination of biological control methods in practice will reduce the pressure on the environment.

Keywords: Chemical pesticide, Agricultural greenhouse gas emission, Crop production index, Sustainability, FMOLS-DOLS models

Giriş

Küresel ölçekte dünya nüfusunun artış eğilimi göstermesi ve kişi başına gelirdeki büyümeye bağlı tüketimin artması gıda talebinde yükselişi tetiklemektedir. Yoğun talep arttırımsal üretim üzerindeki baskıyı arttırmaktadır (Nkamleu ve Adesina, 2000; Leaver, 2011; Fukase ve Martin, 2020). Kaynakların sınırlı oluşu nedeniyle üretimde ihtiyacı karşılamamanın yolu verim ve kalite artışına bağlıdır ve bu uygulamada modern tarım tekniklerinin ve girdilerinin kullanımıyla mümkün olmaktadır (Kızılay ve Akçaöz, 2009; Tiryaki ve ark., 2010). Nitekim tarımsal mekanizasyon artışı ve bitki koruma yöntemlerinin gelişimi birim alandan elde edilen ürün miktarının artmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

Bitkisel üretimde hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede yaygın olarak kimyasal pestisit kullanılmaktadır. Kısa sürede etkili oluşu ve kullanım kolaylığı nedeniyle tercih edilen kimyasal pestisit, ürün verimini arttırmada, işgücü tasarrufu sağlamada, gübre kullanımında ve riski azaltmada etkili olmaktadır (Ghimire ve Woodward, 2013). Üretimde pestisit kullanımından vazgeçilmesi durumunda ürünlerde kalite ve verimin % 60'lara varan oranda azalacağı ve üretim değerinin önemli ölçüde düşeceği ifade edilmektedir (Zhang, 2018). Ancak yıllar itibariyle pestisit kullanımındaki asimtotik artış ve sıklık ile doz açısından üreticiler tarafından yanlış kullanımı sonucu biyolojik çeşitliliğin azaldığı, hayvan ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilediği ve doğrudan toprak, hava ve su kirleticisi olarak çevre üzerindeki baskıyı arttırdığı gözlenmektedir (Levitani ve ark., 1995; van der Werf, 1996; Zhang ve ark., 2011; Schreinemachers ve Tjaprasa, 2012). Bununla birlikte dolaylı olarak maliyetlerin arttığından söz edilebilir. Bu dolaylı maliyetler; doğal düşmanların pestisitle yok edilmesinden ve pestisit direncinin gelişmesinden kaynaklanan artan kontrol giderlerinin; mahsul ve mahsul ürünü kayıplarının, pestisit kullanımının çevresel ve sosyal maliyetlerini azaltmak için yapılan hükümet harcamalarının artışıyla açıklanabilir (Pimentel ve ark., 1992; Wyckhuys ve ark., 2022; Brankov ve ark., 2021).

Günümüzde bitkisel üretimin üçte birinin pestisit kullanılarak yapıldığı varsayıldığında yakın gelecekte kimyasal pestisitlerden vazgeçmenin mümkün olmadığı görülmektedir. Buna karşın kimyasal pestisitlerin oluşturduğu çevresel baskı karşısında tarımsal sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla bu ürünlerin yerini alacak çevre dostu alternatif yol arayışlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda biyopestisitlerin kimyasal pestisitlere alternatif olabileceği öngörülmektedir. Fakat uygulamada, teknik engeller ve zorluklar nedeniyle tam olarak etkin bir rol alamamaktadırlar. Bu durum kimyasal pestisitlerin zararlı ve hastalıklarda dünyada en çok tercih edilen mücadele yöntemi olmasının önüne geçememektedir (Bale ve ark., 2008; Samada ve Tambunan, 2020). Nitekim son otuz yıllık süreçte dünya ortalamasında hektar başına kullanılan pestisit miktarı dikkat çekicidir. Son yıllarda gelişmiş ülkelerde belirgin bir azalış gözlenmesine rağmen Hollanda (10.82 kg ha⁻¹), Belçika (6.26 kg ha⁻¹), İtalya (6.11 kg ha⁻¹), Portekiz (5.34 kg ha⁻¹), Almanya (4.05 kg ha⁻¹) gibi pek çok Avrupa ülkesinde hektar başına kullanılan kimyasal pestisit miktarlarının oldukça fazla olduğu söylenebilir (FAOSTAT, 2022). Türkiye'de ise hektar başına kimyasal pestisit kullanımı pek çok Avrupa ülkesinin gerisinde yer almasına karşın (2.32 kg ha⁻¹), Avrupa ülkelerinin aksine bölgeler itibariyle kullanımda heterojenlik söz konusudur (Kızılay ve Akçaöz, 2009; Gün ve Kan, 2009). Daha çok polikültürel tarımın yapıldığı Ege ve Akdeniz bölgelerinin toplam pestisit kullanımında yaklaşık %49.39'luk paya sahip olduğu görülmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022). Bu nedenle bölgesellik dikkate alındığında bu bölgelerde birim alanda kullanılan pestisit miktarının çok daha fazla olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır.

Çevresel perspektiften bakıldığında tarım sektörü yapısı gereği etkileyen ve etkilenen konumdadır. Dolayısıyla pestisit kullanımı sonucu tarım sektörünün pek çok çevresel soruna yol açması orta ve uzun vadede tarımsal üretimi olumsuz yönde etkileyecektir. Bu noktadan hareketle, tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin gün geçtikçe daha da değer kazandığı düşünüldüğünde, önemli ve etkili bir girdi olan pestisitlerin ekonomi ve çevre boyutunda değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmayla Türkiye'de pestisit kullanımının bitkisel üretim değeri ve tarımsal sera gazı emisyonu üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Literatürde Türkiye'de kimyasal pestisitlerin çevresel ve ekonomik olarak etki değerlendirmesine yönelik makro ölçekte çalışmalara çok az rastlanmış olması çalışmanın özgün değerini arttırmaktadır. Diğer yandan çalışmanın literatüre katkı sağlamasının yanı sıra çevre ve tarım politikalarının geliştirilmesinde politika yapıcılara yön verebilecek nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Materyal ve Yöntem**Materyal**

Pestisit kullanımının ekonomik ve çevresel etkisinin değerlendirildiği bu çalışmanın ana materyalini Food and Agriculture Organization of United Nations (FAOSTAT), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Dünya Bankasının dünya gelişim göstergelerinden (WDI) sağlanan 1990 -2020 dönemini kapsayan 31 yıllı ilişkin ikincil veriler oluşturmaktadır (Çizelge 1). Varyansta kararlılık sağlamak, aşırı boyutta olan gözlemlerin etkisini azaltabilmek ve analiz sonuçlarını yorumlanmasında kolaylık sağlaması amacıyla değişkenler logaritmik forma dönüştürülmüştür.

Table 1. Variable definitions

Çizelge 1. Değişkenlere ilişkin tanımlamalar

Değişkenler <i>Variables</i>	Açıklama <i>Explanation</i>	Kaynak <i>Reference</i>
Crop production index (Incpi)	(2004-2006=100)	Worldbank(WDI)
Tarımsal sera gazı emisyonu (Inasg)	CO ₂ eşdeğeri milyon ton	TÜİK
Fungusit miktarı (Infung)	kg ha-1	FAOSTAT
Herbisit miktarı (Inherb)	kg ha-1	FAOSTAT
İnsektisit miktarı (Inins)	kg ha-1	FAOSTAT

İncelenen değişkenlere ait özelliklerini anlamak, ekonometrik tekniğin belirlenmesinde oldukça önemlidir. Değişkenlere ilişkin ortalama, standart sapma, basıklık, çarpıklık ve dağılım normalliği tanımlayıcı istatistikler altında test edilmiştir (Çizelge 2). Bitkisel üretim indeksi (Incpi) ve tarımsal sera gazı emisyonu (Inasg) ortalaması pozitif değer alırken fungusit (Infung), herbisit (Inherb) ve insektisit (Inins) değişkenlerine ait ortalamanın negatif değer aldığı görülmektedir. Fungusit negatif çarpıklığa (hafif sola çarpık) sahipken, diğer değişkenlerde pozitif çarpıklık (hafif sağa çarpık) söz konusudur. Değişkenlerin basıklık değerlerine bakıldığında ise lepto-basık bir yapı göstermekle beraber olasılık dağılım yoğunluk grafiğinde herbisit ve insektisit değişkenlerinin normal dağılıma nazaran daha sivri ve kuyruklarının daha şişman olduğu ifade edilebilir. Jarque-Bera testi istatistiğinin sonuçları, tüm değişkenlerin genel olarak dağıldığını ve dolayısıyla serilerin normal dağıldığına dair sıfır hipotezini kabul ettiğini göstermektedir.

Table 2. Descriptive statistics

Çizelge 2. Tanımlayıcı istatistikler

	Incpi	Inasg	Infung	Inherb	Inins
Mean	4.457	5.840	-0.779	-1.054	-0.611
Median	4.420	5.820	-0.727	-1.034	-0.592
Maximum	4.716	6.270	0.156	-0.288	0.002
Minimum	4.239	5.392	-1.923	-1.628	-1.051
Std. Dev.	0.149	0.288	0.697	0.331	0.240
Skewness	0.110	0.047	-0.264	0.629	0.238
Kurtosis	1.831	1.625	1.581	2.939	2.949
Jarque-Bera	1.827	2.453	2.959	2.046	0.296
Probability	0.401	0.293	0.228	0.359	0.863
Observations	31	31	31	31	31

Yöntem

Pestisit kullanımının bitkisel üretim indeksine ve tarımsal sera gazı emisyonuna uzun dönem etkisini değerlendirmek amacıyla çalışmada iki ayrı model tahmini yapılmış ve Eşitlik (1) ve Eşitlik (2) de belirtilmiştir.

$$Incpi_t = \beta_0 + \beta_1 lnfung + \beta_2 lnherb + \beta_3 lnins + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$Inasg_t = \beta_0 + \beta_1 lnfung + \beta_2 lnherb + \beta_3 lnins + \varepsilon_t \quad (2)$$

Çalışmada uygun yöntemin belirlenmesi için bazı ön testlerden yararlanılmıştır. Birinci aşamada serilerin durağanlık yapısı incelenmiştir. Serilerin durağanlık düzeyini ortaya koymada Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testinden yararlanılmıştır. ADF testi Dickey-Fuller (DF) testinin geliştirilmiş formudur. Buna göre ε_t hata terimlerinin bağımsız ve özdeş dağılmış olmasını varsayan

DF testinin aksine ADF sınaması, bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini bağımsız değişken olarak modele dahil etmekte ve hata terimlerinde var olabilecek otoregresif ilişkiyi hesaba katmaktadır. Değişkenlere ait uygun gecikme mertebesi Akaike Information Criteria'ne (AIC) göre belirlenmiştir. ADF birim kök testinin temel hipotez birim kök var şeklinde olup hipotezler $H_0: \alpha = 0$ ve $H_1: \alpha < 0$ olarak kurulmaktadır. Buna göre her bir değişkene ait test istatistikleri MacKinnon kritik değerleri (MacKinnon, 1996) ile karşılaştırılarak durağanlık dereceleri belirlenmiştir.

İkinci aşamada ise bağımlı değişkenin $\ln cpi$ ve $\ln asg$ olduğu iki ayrı öncelikle Vektör Auto Rregression (VAR) modeli kurulmuş ve her iki model için Çizelge 3'te yer alan kriterler dikkate alınarak uygun gecikme uzunlukları belirlenmiştir. Sonrasında Model 1 ve Model 2 için değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin tespitinde değişken sayısı ikiden fazla olmasından dolayı Johansen Eş-bütünleşme testinden yararlanılmıştır (Johansen, 1988). VAR modeli formunda olan bu yaklaşım, İz İstatistiği ve Maksimum Özdeğer (λ_{max}) istatistiği değerlerinin istatistiki olarak anlamlı ($Prob < 0.05$) bulunması durumunda değişkenler arasında uzun dönemde bir ilişki yani eşbütünleşme olduğunu ileri sürmektedir.

Table 3. VAR lag order selection criteria

Çizelge 3. VAR gecikme uzunluğu seçim kriterleri

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
Model 1: $\ln cpi = \beta_0 + \beta_1 \ln fung + \beta_2 \ln herb + \beta_3 \ln ins + \varepsilon_i$						
0	18.149	NA	4.28e-06	-1.011	-0.820	-0.953
1	68.967	83.486	3.61e-07	-3.498	-2.546*	-3.207
2	85.139	21.948	3.86e-07	-3.510	-1.797	-2.986
3	115.229	32.240*	1.75e-07*	-4.516*	-2.042	-3.760*
Model 2: $\ln asg = \beta_0 + \beta_1 \ln fung + \beta_2 \ln herb + \beta_3 \ln ins + \varepsilon_i$						
0	7.418	NA	9.21e-06	-0.244	-0.054	-0.186
1	78.915	117.459	1.78e-07	-4.208	-3.257*	-3.917*
2	88.463	12.958	3.05e-07	-3.747	-2.034	-3.224
3	115.506	28.975*	1.71e-07*	-4.536*	-2.062	-3.780

^a Gecikme uzunluğu tespitinde kullanılan kritik değerler; Likelihood Ratio (LR), Final Prediction Error (FPE), Akaike (AIC), Schwarz (SC) ve Hannan Quinn (HQ) şeklindedir.

^b * kriter tarafından seçilen gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Değişkenlerin birinci derece farkı alındığında durağanlaşmaları ve model 1 ve model 2 için uzun dönem ilişkinin tespiti sonrasında uzun dönem parametre tahmini için Phillips ve Hansen (1990) tarafından geliştirilen Modifiye Edilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) ve Stock ve Watson'ın (1993) geliştirdiği Dinamik En Küçük Kareler (DOLS) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerin seçilmesinin temel nedeni, az sayıda örnekleme bile güvenilirliğinin yüksek olması ve geleneksel yöntemlerin aksine içsellik sorununu dikkate alarak tutarlı ve sapmasız sonuçlar vermesidir (Phillips ve Hansen 1990; Nazlıoğlu 2010). FMOLS yöntemi, eşbütünleşik denklem ve stokastik şoklar arasındaki otokorelasyon ve içsellik sorunlarından kaçınabilmek için, örneklemedeki sapmayı asimptotik olarak elimine edecek prosedür uygulamakta, DOLS yöntemi ise bağımsız değişkenlerin gecikme (lags) ve öncülleri (leads) eşbütünleşme denklemine ekleyerek tahmin ediciler arasındaki eşzamanlılık ve küçük örneklem sapmalarının ortadan kaldırılması hedeflenmektedir (Phillips ve Hansen 1990; Nazlıoğlu 2010).

Bulgular ve Tartışma

Pestisit kullanımının uzun dönem çevresel ve ekonomik etkilerini ortaya koymak amacıyla çalışmada FMOLS ve DOLS modellerinden yararlanılmıştır. Yapılan analizler üç aşamada tamamlanmıştır. Birinci aşamada serilerin durağanlık durumuna bakılmış, ikinci aşamada seriler arasında uzun dönemli ilişkiyi belirlemek için eş bütünleşme testi uygulanmış ve son aşamada ise uygun model seçimi gerçekleştirilmiştir.

Zaman serisi analizlerinde serilerin durağanlık mertebeleri uygun model seçimi için gereklidir. Bu nedenle logaritmik formda kullanılan seriler için Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testinden faydalanılmıştır. Sabit ve hem sabit hem trend içeren birim kök sınamaları sonucunda tarımsal sera gazı emisyonu, bitkisel üretim indeksi, pestisit kullanımı serilerinin birinci dereceden

farkı (I (1)) alındığında %99 güven düzeyinde durağan oldukları tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile serilerin durağanlık mertebelerinin aynı olduğu gözlenmiştir.

Table 4. ADF unit root test results
Çizelge 4. ADF birim kök testi sonuçları

	ADF I (0)		ADF I (1)	
	C	C/T	C	C/T
lnasg	-0.563 ^[0] (-3.670)	-2.588 ^[0] (-4.297)	-5.559 ^[0] (-3.679)	-5.465 ^[0] (-4.310)
lnpci	0.362 ^[3] (3.699)	-2.843 ^[3] (-4.339)	-5.146 ^[2] (3.699)	-5.102 ^[2] (-4.339)
lnins	-2.757 ^[3] (3.699)	-2.725 ^[3] (-4.339)	-11.447 ^[0] (-3.679)	-11.229 ^[0] (-4.310)
lnherb	-1.655 ^[0] (-3.670)	-3.099 ^[0] (-4.297)	-7.254 ^[0] (-3.679)	-7.244 ^[0] (-4.310)
lnfung	-1.138 ^[2] (-3.689)	-3.929 ^[0] (-4.297)	-5.749 ^[1] (-3.689)	-5.725 ^[1] (-4.324)

^aC: sabit içeren birim kök testi, C/T: hem sabit hem de trend içeren birim kök testini ifade etmektedir.

^b[] içerisinde ifade edilen değerler akaike bilgi kriterine göre gecikme uzunluklarını göstermektedir.

^c() içerisinde verilen değerler %1 düzeyinde anlamlılığı ifade eden sabit, sabit ve trendi içeren MacKinnon(1996) kritik değerlerini göstermektedir.

Aynı düzeyde durağan olan serilerde uzun dönemde birlikte hareket etme olasılığı oldukça yüksektir. Pestisit kullanımının ekonomi ve çevre göstergeleri ile uzun dönemde birlikte hareket edip etmediğini belirlemek amacıyla Johansen cointegrasyon testi (1988) yapılmış ve buna ilişkin sonuçlar Çizelge 5'te verilmiştir. Hem Model 1'e ait pestisit kullanımı ve bitkisel üretim indeksi serileri arasında hem de Model 2'ye ait pestisit kullanımı ve tarımsal sera gazı emisyonu serileri arasında iz ve öz değer istatistiklerine bakılarak %95 güven aralığında eşbütünleşme olduğu gözlenmiştir.

Table 5. Johansen cointegration test results
Çizelge 5. Johansen eşbütünleşme testi sonuçları

	MODEL (1)		MODEL (2)	
	İz istatistiği <i>Trace statistic</i>	λ_{\max} istatistiği <i>Max-eigen Statistic</i>	İz istatistiği <i>Trace statistic</i>	λ_{\max} istatistiği <i>Max-eigen Statistic</i>
r=0	95.389[47.856]**	62.458[27.584]**	102.958[47.856]**	59.694[27.584]**
r=1	32.930[29.797]**	25.857[21.132]**	43.264[29.797]**	32.504[21.132]**
r=2	7.073[15.495]	6.913[14.265]	10.760[15.495]	10.091[14.265]
r=3	0.160[3.841]	0.160[3.841]	0.670[3.841]	0.670[3.841]

^a **, *** sırasıyla %5 ve %1 seviyesinde istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

^b [] içerisindeki değerler 0,05 kritik değerlerini göstermektedir.

Model 1 ve Model 2 dikkate alındığında değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisinin varlığı pestisit kullanımının ekonomik ve çevresel etkisini değerlendirmek için yeterli değildir. Bu nedenle pestisit kullanımının bitkisel üretim indeksine ve tarımsal sera gazı emisyonuna etkisini ortaya koymak için FMOLS ve DOLS modellerinden yararlanılmış ve sonuçlar çizelge 6'da ayrıntılı olarak verilmiştir. Fungusit, herbisit ve insektisit miktarlarının bitkisel üretim indeksi (Model 1) ve tarımsal sera gazı emisyonunu (Model 2) açıklama gücünün her iki analiz sonucunda oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir.

FMOLS ve DOLS analizleri sonucunda bitkisel üretim indeksinde kullanılan fungusit ve herbisit miktarı pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip iken kullanılan insektisit miktarının istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. FMOLS analiz sonucuna göre fungusit ve herbisit kullanım miktarındaki (kg ha^{-1}) %1'lik artış bitkisel üretim indeksinde sırasıyla %0.16 ve %0.13'lük artışa neden olabileceği görülmektedir. Benzer sonuçlar DOLS analiziyle de sağlanmıştır. Diğer yandan aynı analizler kullanılarak tarımsal sera gazı emisyonuna fungusit ve herbisit kullanımının istatistiksel olarak pozitif etkide bulunduğu tespit edilmiştir. Model 2 için FMOLS ve DOLS analizleri sonucu birbirine benzerlik göstermektedir. FMOLS (DOLS) analiz sonucuna göre fungusit ve herbisit kullanım miktarındaki (kg ha^{-1}) %1'lik artış tarımsal sera gazı emisyonunu sırasıyla %0.36 (%0.35) ve %0.16 (%0.14) oranında arttıracığı söylenebilir.

Son yıllarda üretim deseninin genişlemesi, örtü altı tarımın ülkenin genelinde yaygınlaşması ve yağış oranının artışına bağlı fungal hastalıkların görülüm sıklığının artması fungusit kullanımının önemli ölçüde artmasına neden olmuştur. Herbisit kullanımına bakıldığında ise yağışa bağlı olarak

dalgalı bir seyir göstermektedir. 2010 yılı sonrasında ise herbisit kullanımındaki yoğun artış nedeninin, yeşil otları kurutmaya yönelik total herbisit olarak adlandırılan glyphosate ve türevleri ile daha çok tahıllarda geniş yapraklı ot kontrolü için 2.4-D grubundan herbisitlerin kullanımındaki artışlar olduğu söylenebilir. İnsektisit kullanımı yıllar itibariyle incelendiğinde ise durum biraz farklıdır. Nitekim 1990 yılında pestisit kullanımında %60'lık paya sahip olan insektisit kullanımı 2020 yılında %23'e gerilemiştir. Belirli periyotlar dikkate alındığında genel olarak insektisit kullanımı süne mücadelesinde havadan ilaçlamanın yasaklanması ve devlet desteğinin kaldırılması, örtü altı sebzeçiliğin gelişimi, kuraklıktan kaynaklı erken hasat yapılması ve böcek popülasyonundaki azlık nedeniyle önemli ölçüde azalmıştır. Bunun yanı sıra sulama alanlarındaki artışa bağlı olarak insektisit kullanımındaki artış göz ardı edilmemelidir (Anonim, 2015). Fungusit, herbisit ve insektisit kullanımının yıllar itibariyle değişimi göz önüne alındığında, analizlerde yer alan fungusit ve herbisit değişkenlerine ilişkin katsayı tahminlerinin anlamlılığı ve insektisit değişkeninin ise her iki model için anlamlı bir etkiye sahip olmasının beklenen bir sonuç olduğu ifade edilebilir.

Table 6. FMOLS and DOLS model results

Çizelge 6.FMOLS ve DOLS model sonuçları

	MODEL 1 (bağımlı değişken: <i>lnpci</i>) (<i>dependent variable: lnpci</i>)				MODEL 2 (bağımlı değişken: <i>lnasg</i>) (<i>dependent variable: lnasg</i>)			
	FMOLS		DOLS		FMOLS		DOLS	
	K.sayı <i>Coef.</i>	t- ist. <i>t-stat</i>	K.sayı <i>Coef.</i>	t- ist. <i>t-stat</i>	K.sayı <i>Coef.</i>	t- ist. <i>t-stat</i>	K.sayı <i>Coef.</i>	t- ist. <i>t-stat</i>
Lnfung	0.164	12.516***	0.164	8.773***	0.358	18.376***	0.352	12.561***
Lnherb	0.128	4.652***	0.114	2.816**	0.161	3.931***	0.144	2.382**
Lnns	-0.026	-0.888	-0.040	-0.955	-0.030	-0.689	-0.027	-0.424
C	4.708	180.495***	4.679	122.717***	6.280	161.441***	6.250	109.402***
R ²	0.88		0.89		0.93		0.94	
Adj_R ²	0.87		0.88		0.92		0.93	

^a **, *** sırasıyla %5 ve %1 seviyesinde istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Türkiye'de uygulama kolaylığı ve hızlı sonuç elde edilmesi nedeniyle ağırlıklı olarak kimyasal mücadele tercih edilmektedir. Ağırlıklı olarak fungusit, herbisit ve insektisit tercih edildiği kimyasal mücadele sonucu yıllar itibariyle ürün kayıplarında ciddi azalmalar yaşanmış ve bitkisel üretim değerinde hızlı artış gözlenmiştir. Fakat bununla beraber diğer ülkeler ile karşılaştırıldığında Türkiye'de hektar başına pestisit kullanımı az olmasına karşın, yapısal özellikleri nedeniyle çevre kirleticisi olmasının yanı sıra polikültür tarımın yapıldığı bölgelerde pestisit kullanımının yoğunlaşması, yanlış doz ve sıklıkta ilaçlama yapılması çevre üzerindeki baskıyı arttırmaktadır (Tiryaki ve ark., 2010; Anonim, 2015; Arslan ve Çiçekgil, 2018). Yapılan analiz sonuçları, pestisitlerin gıda üretimine önemli katkı sağladığını ancak bununla birlikte çevresel bir tehdit unsuru olduğu savını destekler niteliktedir. Nitekim literatürdeki pek çok çalışma kimyasal ilaç kullanımının verimliliğe önemli ölçüde katkı sağladığını ancak zamanla daha fazla oranda çevresel tahribata yol açtığını orta koymaktadır (Zhang, 2018; Sharma ve ark., 2019; Hedlund ve ark., 2020; Tudi ve ark., 2021).

Sonuç ve Öneriler

Pestisit kullanımı tarıma ekonomik anlamda katkı sağladığı kadar yanlış ve aşırı miktarda kullanım sonucu çevresel tahribata yol açmakta bu da orta ve uzun vadede tarımsal üretime olumsuz bir şekilde yansımaktadır. Nitekim bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre uzun dönemde fungusit ve herbisit kullanımı sonucu çevresel baskının ekonomik katkıdan daha fazla olabileceğini tespit edilmiştir. Kimyasal pestisitlerin ürün verimliliğinde olumlu etkisini düşünüldüğünde vazgeçilmesi mümkün görülmemektedir. Diğer taraftan ise tarımsal açıdan bakıldığında ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması önem arz etmektedir. Bu noktadan hareketle uygulamada biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemlerinin yaygınlaştırılmasına yönelik destekleme ve teşvik politikaları iyileştirilmeli ve geliştirilmelidir. Diğer yandan üreticiler boyutunda doğru tarım uygulamaları ve çevre bilinci oluşturma boyutunda yayım faaliyetlerinin uygulamada etkinliğini arttıracak yapısal düzenlemeler gerekli görülmektedir. Ayrıca ilaç bayileri ve il tarım müdürlükleri işbirliğiyle pestisit

kullanım kontrolünü sağlayacak yasal mevzuatların oluşturulması önemli görülmektedir. Türkiye’de pestisit kullanımı ile ilgili dikkat çeken diğer bir husus pestisit kullanım yoğunluğunun belirli bölgelerde olmasıdır. Bu durum pek çok iyileştirilecek ve geliştirilecek tarım politikalarında bölgeselliğin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Kısa vadede etkili sonuçlar almak için biyopestisitlerin büyüme ve kullanımdaki ana zorlukların nasıl giderileceğine, uygulamada yaygınlaşması için nasıl pazarlanacağı veya tanıtılacağına ve biyopestisit stabilitesinin ve kalıntı etkisinin nasıl artırılacağına yönelik araştırma-geliştirme çalışmalarına öncelik verilmelidir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

- Anonim, 2015. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Ülkemizde Zirai Mücadele Girdilerinin Değerlendirilmesi. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/zmmae/Belgeler/Sol%20Menu/Yay%C4%B1mlar/%C3%9C%20Zirai%20M%C3%BCadele%20Girdilerinin%20De%C4%9Ferlendirilmesi.pdf>, (Erişim tarihi: 25.06.2022)
- Arslan, S., Çiçekgil, Z., 2018. Türkiye’de tarım ilacı kullanım durumu ve kullanım öngörüsü. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*. 4 (1): 1–12.
- Bale, J. S., Van Lenteren, J. C., Bigler, F., 2008. Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 363 (1492): 761–776.
- Brankov, T., Matkovski, B., Jeremić, M., Zekić, S., 2021. Impact of Economic Development on Pesticide Use in South-East Europe. *Polish Journal of Environmental Studies*. 30 (2): 1–10.
- FAOSTAT, 2022. Pesticides indicators. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/EP>, (Erişim tarihi: 20.06.2022).
- Fukase, E., Martin, W., 2020. Economic growth, convergence, and world food demand and supply. *World Development*. 132, 104954.
- Ghimire, N., Woodward, R.T., 2013. Under-and over-use of pesticides: An international analysis. *Ecological Economics*. 89:73–81.
- Gün, S., Kan, M., 2009. Pesticide Use in Turkish Greenhouses: Health and Environmental Consciousness. *Polish Journal of Environmental Studies*. 18 (4): 607–615.
- Hedlund, J., Longo, S. B., York, R., 2020. Agriculture, pesticide use, and economic development: a global examination (1990–2014). *Rural Sociology*. 85 (2): 519–544.
- Johansen, S., 1988. Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*. 12 (2-3): 231–254.
- Kızılay, H., Akçaöz, H., 2009. Elma Yetiştiriciliğinde ilaç ve gübre kullanımında ekonomik kaybın incelenmesi: Antalya ili örneği. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*. 2 (1): 113–119.
- Leaver, J.D., 2011. Global food supply: a challenge for sustainable agriculture. *Nutrition Bulletin*. 36:416–421.
- Levitan, L., Merwin, I., Kovach, J., 1995. Assessing the relative environmental impacts of agricultural pesticides: the quest for a holistic method. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 55 (3): 153–168.
- MacKinnon, J.G., 1996. Numerical Distribution Functions for Unit Root and Cointegration Tests. *Journal of Applied Econometrics*. 11: 601–618.
- Nazlıoğlu, Ş., 2010. Makro iktisat politikalarının tarım sektörü üzerindeki etkileri: gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için bir karşılaştırma, (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Nkamleu, G.B., Adesina, A.A., 2000. Determinants of chemical input use in peri-urban lowland systems: bivariate probit analysis in Cameroon. *Agricultural Systems*. 63 (2): 111–121.
- Phillips, P.C., Hansen, B.E., 1990. Statistical inference in instrumental variables regression with I (1) processes. *The Review of Economic Studies*. 57 (1): 99–125.
- Pimentel, D., Acquay, H., Biltonen, M., Rice, P., Silva, M., Nelson, J., Lipner, N., Gierdano, S., Horowitz, A., D'amore, M., 1992. Environmental and economic costs of pesticide use. *BioScience*. 42 (10): 750–760.
- Samada, L.H., Tambunan, U.S.F., 2020. Biopesticides as promising alternatives to chemical pesticides: A review of their current and future status. *Online J. Biol. Sci.* 20: 66–76.
- Schreinemachers, P., Tipraqsa, P., 2012. Agricultural pesticides and land use intensification in high, middle and low income countries. *Food Policy*. 37 (6): 616–626.
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G.P.S., Handa, N., Kohli, S.A., Yadav, P., Bali, A.S., Parihar, R.D., Dar, O.I., Jasrotia, K.S.S., Bakshi, P., Ramakrishnan, M., Kumar, S., Bhardwaj, R.,

- Thukral, A.K., 2019. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*. 1 (11): 1–16.
- Stock, J.H., Watson, M.W., 1993. A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*. 61 (4): 783–820.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022. Resmi Tarımsal İlaç İstatistikleri. https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB_Bitki_Koruma_Urunleri/Istatistik/Il_Duzeyinde_BKU_Kullanim_Miktar_2021.pdf, (Erişim tarihi: 01.07.2022).
- Tiryaki, O., Canhilal, R., Horuz, S., 2010. Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*. 26 (2): 154–169.
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., Phung, D.T., 2021. Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18 (3): 1112.
- TUIK, 2022. Sektörlere Göre Toplam Sera Gazı Emisyonları (Milyon Ton CO₂ Eşdeğeri). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Cevre-ve-Enerji-103>, (Erişim tarihi:20.06.2022).
- van der Werf, H.M., 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 60 (2-3): 81–96.
- Worldbankdata, 2022. World Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=AG.PRD.CROP.XD&country=#>, (Erişim tarihi: 20.06.2022).
- Wyckhuys, K.A., Zou, Y., Wanger, T.C., Zhou, W., Gc, Y.D., Lu, Y., 2022. Agro-ecology science relates to economic development but not global pesticide pollution. *Journal of Environmental Management*. 307: 114529.
- Zhang, W., 2018. Global pesticide use: Profile, trend, cost/benefit and more. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. 8 (1): 1–27.
- Zhang, W., Jiang, F., Ou, J., 2011. Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. *Proceedings of The International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. 1 (2): 125–144.