

Tarım İlaçlarının Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi: BRICS Ülkeleri Örneği

Hacı Hayrettin TIRAŞ 

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Zübeyde Hanım Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, Niğde

Sorumlu Yazar e-posta : hhayrettintiras@hotmail.com

Geliş Tarihi: 13.12.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 04.01.2024 Kabul Tarihi: 04.01.2024

ÖZ

Dünya nüfusunun hızla artması ve artan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanması tüm dünya ülkelerinin en önemli problemlerinden birisidir. Artan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanması ve açlık sorununun yaşanmaması için yeni girdi ve tekniklerin uygulanması gündeme gelmiştir. Bu bağlamda kaliteli ve bol ürün elde etmek amacıyla yeni girdiler olarak tarımsal ilaçlar kullanılmaya başlanmıştır. Tarımsal ilaçların kullanımı kaliteyi ve verimliliği artırırken, zamanla insan sağlığına ve doğal çevreye de zarar vermektedir. Tarım sektörü çevresel açıdan değerlendirildiğinde hem kullanılan tarımsal ilaçlardan etkilenmekte hem de uzun dönemde çevreyi etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı tarım üretiminde kullanılan tarım ilaçlarının çevreye olan etkilerini tarımsal sera gazları (nitroz oksit ve metan) üzerinden 1990-2019 dönemi verileri ile BRICS ülkeleri bağlamında araştırmaktır. Çalışmada değişkenler arasındaki ilişkisi dinamik panel veri yöntemleri ile araştırılmıştır. Tahminlerin yapılmasında panel birim kök ve panel eş bütünleşme testlerinden yararlanılmıştır. Tahmin sonuçlarına göre, panel genelinde nitroz oksit emisyonları için tarım ilacı satışlarının uzun dönem katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, metan emisyonları için tarım ilacı satışlarının uzun dönem katsayılarının ise istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Buna göre BRICS ülkelerinde tarım ilacı satışında %1'lik artış metan gazı emisyonlarını %0.15 arttırmaktadır. Ülkeler bazında değerlendirildiğinde tarım ilaçları satışının nitroz oksit ve metan emisyonlarını farklı düzeylerde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Tarım İlaçları, Sera Gazları, Çevre, BRICS, Panel Veri Analizleri

Effect of Pesticides on Greenhouse Gas Emissions: BRICS Countries Example

ABSTRACT

The rapid increase in the world population and meeting the food needs of the increasing population is one of the most important problems of all countries in the world. The application of new inputs and techniques has come to the fore in order to meet the food needs of the increasing population and to avoid the problem of hunger. In this context, agricultural pesticides have begun to be used as new inputs in order to obtain quality and abundant products. While the use of agricultural pesticides increases quality and efficiency, it also harms human health and the natural environment over time. When the agricultural sector is evaluated from an environmental perspective, it is both affected by the pesticides used and affects the environment in the long term. The aim of this study is to investigate the environmental effects of pesticides used in agricultural production on agricultural greenhouse gases (nitrous oxide and methane) in the context of BRICS countries with data for the period 1990-2019. In the study, the relationship between variables was investigated using dynamic panel data methods. Panel unit root and panel cointegration tests were used to make the estimates. According to the estimation results, it was determined that the long-term coefficient of pesticide sales for nitrous oxide emissions across the panel was not statistically significant, while the long-term coefficient of pesticide sales for methane emissions was statistically significant. Accordingly, a 1% increase in pesticide sales

in BRICS countries increases methane gas emissions by 0.15%. When evaluated on a country basis, it was concluded that the sale of pesticides affects nitrous oxide and methane emissions at different levels.

Key words: Pesticides, Greenhouse Gases, Environment, BRICS, Panel Data Analyzes.

GİRİŞ

Günümüzde tüm dünya ülkelerinin en önemli problemlerinden birisi artan nüfus ve bu nüfusun gıda ihtiyacının karşılanmasıdır. Ancak, artan nüfusa rağmen dünya yüzölçümünün aynı kalması ve hatta çeşitli sebeplerle tarıma elverişli alanların giderek azalması artan gıda ihtiyacını karşılayacak tarımsal üretimin yapılmasını sınırlandırmaktadır. Bu durumda tek çıkar yol üretim yapılan birim alan başına elde edilecek ürün miktarını artırmaktır. Bunun içinde yapılması gereken, kullanılan girdiler ve uygulanan tekniklerin gözden geçirilerek daha yüksek verimi sağlayacak yeni ve etkili modern tarım tekniklerinin uygulanmasıdır. Açlık sorunlarının dünyanın pek çok bölgesinde ciddi boyutlara ulaşması ve yetersiz beslenme sorunlarının yaşanacağı düşüncesi, gelişen sanayi ve teknolojinin tarıma uygulanarak birim alanda daha fazla üretimi sağlayacak yoğun tarım uygulamalarını gündeme getirmiştir (Altıkat ve ark., 2009). Bu bağlamda daha kaliteli ve bol ürün elde etmek için tarımsal ürünlerin; zararlılardan, yabancı otların etkisinden ve hastalık etmenlerinden korunması amacıyla, genel olarak pestisitler olarak da adlandırılan tarım ilaçları yeni girdiler olarak kullanılmaya başlanmıştır. Pestisitlerin kullanımının kolaylığı ve kısa sürede etki göstermesi tercih sebebi olmuştur. Ayrıca verim artışı sağlama, işgücü tasarrufu sağlama ve riski azaltma gibi diğer etkilerde önemli tercih sebepleri olarak görülmektedir (Ghimire ve Woodward, 2013). Tarımsal ürünlerde istenmeyen organizmaları ortadan kaldırmak için kullanılan pestisitler sentetik organik bileşiklerdir ve zirai mücadelede yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde tarımsal faaliyetler ile yaşam için zorunlu olan gıda ihtiyacının yanı sıra giyecek, enerji ve pek çok alanda hammadde ihtiyacı da karşılanmaktadır. Tarımsal faaliyetler sonucu elde edilen tahıllar, meyve ve sebzeler, et ve süt ürünleri gibi çeşitli ürünler insanların gıda ihtiyacının karşılanmasında önemli bir rol oynarken çoğu ülkenin ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır (Önder, 2023). Tarımsal üretimin üçte birinin pestisit kullanımı sonucu elde edildiği varsayıldığında yakın gelecekte kimyasal pestisit kullanımından vazgeçilemeyeceği anlaşılmaktadır (Ayyıldız, 2022). Yapılan araştırmalara göre bitkisel ürünlere zararlı organizmaların her birinin vermiş olduğu zarar oranı %30-100 arasında değişirken, zararlı organizmalarla mücadele edilmediği takdirde bitkisel üretimde kalite ve verim kaybının ortalama %30-40 oranında olacağı kabul edilmektedir (Tezer, 2021). Dolayısıyla tarımsal üretimi artırmada pestisit kullanımının kaçınılmaz olduğu ve pestisitlerden vazgeçilemeyeceği anlaşılmaktadır. Türkiye Bankalar Birliği (TBB) Tarım Sektörü Raporu'na (2023) göre; 2000-2020 döneminde küresel tarımsal alan büyüklüğü pek değişmemiştir. 2020 yılında küresel tarım alanlarının %38'i Asya, %24'ü Amerika, %18'i Afrika, %18'i Avrupa ve %2'si Okyanusya bölgesinde bulunmaktadır. Ancak, Asya bölgesinin tarım alanı Amerika bölgesinin tarım alanından büyük olmasına rağmen tarımsal üretimdeki verimi düşüktür. Bunun sebebi ise makineleşme, yoğun gübre ve pestisit kullanımının Amerika bölgesinde verimi yükseltmesidir. 2000-2020 döneminde küresel GSYH içerisinde tarım sektörünün payı %4,0-%4,3 bandında seyrederken, küresel tarımsal üretimin %50'si Asya bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Amerika bölgesi ise küresel tarımsal üretimde birim alan başına en fazla ürünü üreten bölge olmuştur. Tarımsal faaliyetlerde küresel pestisit kullanımı 2000 yılında 2 milyon ton iken, 2020 yılına kadar yıllık ortalama %1,3 oranında artarak 2,6 milyon tona ulaşmıştır. Bunun %51'i Amerika, %25'i Asya, %18'i Avrupa, %4'ü Afrika ve %3'ü Okyanusya bölgesinde kullanılmıştır. Dünyada tarımsal üretimde kullanılan pestisit miktarı her geçen gün artarken 2020 yılı itibarıyla ekili alan başına en fazla pestisit 3,7 kg/ha ile Amerika bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Amerika bölgesi gübre pestisit kullanımında dünya ortalamasının üstünde seyretmektedir. TBB (2023) raporunda verilen istatistik bilgileri, tarım alanlarının artmamasına rağmen artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacının karşılanmasında tarımsal üretimde yeni girdi ve yöntemlerin kullanılmasının doğru bir yol olduğunu gösterebilir. Ancak, pestisit kullanımının yararlarının yanında uzun süre kullanılmaları insan sağlığına ve ekosisteme önemli zararlar vermektedir. Günümüzde hava, su ve toprak kirliliği önemli çevre sorunları haline gelmiştir. Gübreleme, kimyasal atıklar ve pestisit kullanımı da bu kirliliğin başlıca sebepleridir. Binlerce yıldır doğal koşullarda, doğayla uyumlu olarak gerçekleştirilen tarımsal faaliyetler çevreye zarar vermemiş, çevre problemlerine neden olmamıştır. Ancak artan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanması çabası ile daha fazla ürün elde etmek için tarımsal üretime katılan yapay girdiler, doğanın bozulmasına ve çevre sorunlarına neden olan bir sektör durumuna gelmiştir. Tarımda kullanılan yoğun kimyasal girdi kullanımının insan sağlığı ve doğal kaynaklar üzerindeki etkisi, 1980'li yıllarla birlikte özellikle gelişmiş ülkeler başta olmak üzere bütün dünyada en önemli çevre ve kalkınma sorunu olarak ortaya çıkmıştır (Koç ve Tanrıvermiş, 2001). Tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisitler, hava, toprak ve suya karışmakta, sonrasında ortamlardaki diğer canlılara geçerek

dönüşüme uğramaktadır. Kullanılan pestisitlerin hareketlerini, formülasyonu, kimyasal yapısı, fiziksel özellikleri, tarımsal koşullar, uygulama biçimi ve iklim şartları gibi etmenler belirlemektedir (Altıkat ve ark., 2009). Pestisitlerin insan sağlığına ve çevreye zarar vermesi kontrolsüz, bilinçsiz, aşırı ve denetimsiz kullanılması, depolama ve fazla ilaçların bertarafı sırasında yapılan yanlışlıklardan kaynaklanmaktadır. Pestisitler, tehlikeli, zararlı ve toksik maddeler olduklarından canlı üzerinde toksik etkilere sahiptir (Tezer, 2021). Dolayısıyla pestisitler bu konuda bilgili ve bilinçli kişiler tarafından kullanılmalı, çevreye ve insan sağlığına en az zarar verenler tercih edilmelidir.

Pestisitler sık sık ve büyük miktarlarda uygulandıklarında çok önemli değişimler olabilmektedir. Karbondioksit üretimi, oksijen tüketimi, nitrifikasyon, baklagil nodulasyonu ve gelişme oranı gibi mikrobiyal aktiviteler pestisitlerin tepkisini ölçmede kullanılan bazı değişkenlerdir. İlaçlı topraklarda yetişen ürünler, pestisit kalıntılarını bünyesine alabilirler ve gıda maddeleri ile insanlara, oluşturulan yemler vasıtasıyla hayvanlara ve buharlaşmayla atmosfere geçebilirler. Ayrıca püskürtme yöntemi ile kullanılan pestisitler havaya karışır ve rüzgarın etkisiyle başka yerlere taşınabilirler (Altıkat ve ark., 2009). Tarımsal amaçlarla kullanılan pestisitlerin insan sağlığı ve çevreye olan etkisi çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur. Ancak pestisitlerle sera gazlarının ilişkisini araştıran çok az çalışma bulunmaktadır. Bunlardan birisi Ayyıldız (2022)'in yaptığı pestisit kullanımının çevre ve ekonomik açıdan değerlendirilmesidir. Çalışmadan çevre ile ilgili olarak elde edilen sonuçlara göre, tarımsal ilaç türlerinden herbisit ve fungusit kullanımının tarımsal sera gazları üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu, FMOLS ve DOLS analizlerine göre herbisit ve fungusit kullanım miktarında (kg/ha) meydana gelen %1'lik artışın tarım kaynaklı sera gazı emisyonunda sırasıyla %0,36 (%0,35) ve %0,16 (%0,14)'lük bir artışa yol açabileceği bulgusu elde edilmiştir. Sonuçlar pestisit kullanımının verimliliği artırırken zamanla çevresel kirlenmeye daha fazla yol açtığını göstermektedir. Dolayısıyla tarımda kullanılan pestisitler insan sağlığını ve çevreyi doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Son yıllarda gelişmiş ülkelerde tarımda kimyasal girdi kullanımı denetim altına alınmaya ve bazı kimyasalların kullanımına sınırlama veya yasak getirmeye çalışsa da tarımsal üretimde kimyasal kullanımının azaltılması konusunda ilerleme sağlanamamıştır. Halen tüm dünyada birim alandan alınan bitkisel ürünün artırılması konusunda bilimsel çalışmalar devam etmektedir. Yapılan açıklamalarda göz önünde bulundurularak çevresel açıdan tarım sektörü değerlendirildiğinde, tarım sektörünün pestisit kullanımından etkilendiği aynı zamanda da çevresel etkilere neden olduğu söylenebilir. Kısa dönemde verimliliğin artacağı ancak uzun dönemde çevrenin ve üretimin olumsuz etkileneceği göz önünde bulundurulduğunda pestisit kullanımının çevre üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi önemli hale gelmektedir.

Dolayısıyla bu çalışmanın amacı, tarım ilaçlarının çevreye olan etkilerini sera gazları (tarımsal nitröz oksit emisyonları ve metan emisyonları) üzerinden BRICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika) ülkeleri bağlamında dinamik panel veri yöntemleri ile araştırmaktır. Çalışmanın giriş bölümünü takiben çalışmada kullanılan değişkenlerin yıllar itibarıyla gelişimi değerlendirilecek, ampirik analiz bölümünde çalışmada kullanılan veriler, kullanılan model ve yöntem hakkında bilgiler verilerek, yapılan analizden elde edilen bulgular yorumlanarak sonuç ve öneriler kısmı ile çalışma sonlandırılacaktır.

Tarım İlacı Satışları Ve Sera Gazı Emisyonu Göstergeleri

Bu bölümde çalışmada kullanılan değişkenlere ait istatistik veriler ve bu verilerin zamanla değişimi incelenmektedir.

Tarım İlaçları (Pestisitler)

Tarım ilaçları kısaca, tarımsal ürün yetiştiriciliğinde ürünlere zarar verebilecek böcek ve ot gibi canlılar ile hastalık etkenlerine karşı koruma amacıyla kullanılan kimyasal maddeler veya mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır. Pestisitler olarak da bilinen tarım ilaçlarının içeriği büyük oranda zehirlerden oluşmaktadır. Yapısında bir veya daha fazla solvent (çözücü), yapıştırıcı ve emülgatör gibi farklı içerikler bulunmaktadır (Çağlayan ve ark., 2023). Bununla birlikte pestisitler günümüz modern tarım uygulamalarının vazgeçilmezlerinden birisidir.

Pestisitlerin kullanımının temel amacı ürün yetiştirmede zararlı organizmaların neden olduğu verim kaybını engelleyerek birim hektar başına en yüksek verimi elde etmektir. Bunun içinde tüm dünyada farklı formülasyona sahip tarım kimyasalı her yıl artan miktarda kullanılmaktadır (Tezer 2021). Pestisitler içeriği gereği birer zehirli madde olduklarından bitkiler üzerine oldukları gibi kullanılmazlar. Bunlar zararlılara karşı daha dikkatli, gerektiği kadar, insan sağlığı ve çevreye daha az zararlı olacak şekilde yardımcı bazı maddelerle birlikte kullanılır. Aşırı, kontrolsüz, bilinçsiz ve denetimsiz kullanıldıklarında insan ve çevre sağlığını tehdit etmektedirler. Dolayısıyla pestisitlerin bu konuda bilgili ve bilinçli kişiler tarafından kontrollü bir şekilde, çevre ve insan sağlığına en az zararlı olanlar tercih edilerek uygulanması gerekmektedir. Tablo 1'de BRICS ülkelerinde toplam tarım ilacı satışının yıllar itibarıyla değişimi bulunmaktadır.

Tablo 1: BRIC ülkelerinde toplam tarım ilacı satışı (ton).

Ülkeler	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019
Brezilya	49.695	92.967	140.423	232.232	342.580	395.646	377.176
Rusya	25.961	25.961	30.194	37.249	44.305	51.360	77.307
Hindistan	75.000	61.257	44.958	35.342	40.094	56.720	61.702
Çin	154.561	215.216	250.607	284.885	339.782	345.983	273.376
Güney Afrika	16.582	18.025	26.857	26.857	26.857	26.857	26.857

Kaynak: OECD, 2023

Tablo 1'e göre ele alınan dönem başında BRICS ülkelerinde en fazla tarım ilacı satışı 154.561 ton ile Çin'de gerçekleştirilirken en az tarım ilacı satışı 16.582 ton ile Güney Afrika'da gerçekleşmiştir. Çin'de gerçekleşen tarım ilacı satışı miktarı bu dönemde Hindistan'da satılan miktarın iki katı, diğer ülkelerde gerçekleştirilen tarım ilaçları satışı toplamından yaklaşık %8 fazladır. Çin'de yoğun tarım ilacı kullanımının sebebi ülke nüfusunun fazla olması ve sınırlı tarımsal üretim alanına sahip olmasından kaynaklanıyor olabilir. Zamanla artan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanması ve uygulanan yoğun tarım uygulamalarının da etkisiyle, Hindistan ve Çin dışında diğer BRICS ülkelerinde tarım ilaçları satışı farklı miktarlarda artışlar göstermiştir. Çin'de 2015 yılına kadar hızlı bir artış söz konusu iken 2019 yılında yaklaşık %21 oranında düşüş yaşanmıştır. BRICS ülkelerinde 1990-2019 döneminde tarım ilacı satışı miktarı dönem başına göre; Brezilya'da %759, Rusya'da %330, Çin'de %175, Güney Afrika'da %62 oranında artarken, Hindistan'da %17,7 oranında düşüş göstermiştir. Tablo1'e göre BRICS ülkelerinde tarımsal üretimde tarım kimyasallarının yoğun olarak kullanılmaya devam ettiğini söylemek mümkündür.

Tarımsal Nitroz oksit Emisyonları

Nitroz oksit (N₂O) başlıca sera etkisi yapan gazlar arasında bulunmaktadır. Azot peroksit yada güldürücü gaz olarak da bilinmektedir. Salınımından sonra atmosferde 100 yıldan fazla kalabilen nitroz oksit, dünya azot döngüsü içerisinde atmosferde doğal olarak bulunmaktadır. Atmosferde bulunan sera gazları arasında %6'lık orana sahip olan nitroz oksit emisyonlarının %40'ı insan kaynaklıdır (EPA, 2023). Nitroz oksit emisyonlarının en önemli kaynağı tarımsal faaliyetlerdir. Tarımsal faaliyetler içerisinde ise hayvancılık en önemli nitroz oksit kaynağı durumundadır (Kara ve ark., 2019). ABD Çevre Koruma Ajansının bir raporuna göre en önemli sera gazı sorununun bitkisel üretim dikkate alındığında nitroz oksit emisyonu olduğu belirtilmektedir (Kayıkçıoğlu ve Okur, 2012). İnsan faaliyetleri ile atmosferde miktarı artan sera gazları küresel ısınma ve iklim değişikliklerine, çevre ve hava kirliliğine yol açarak insan ve diğer canlıların yaşamını doğrudan veya dolaylı olarak olumsuz etkilemektedirler. Tablo 2'de BRICS ülkelerinde tarımsal kaynaklı nitroz oksit emisyonlarının yıllar itibarıyla değişimi bulunmaktadır.

Tablo 2: BRIC ülkelerinde tarımsal nitroz oksit emisyonları (1.000 Metrik Ton CO₂ Eşdeğeri).

Ülkeler	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019
Brezilya	97.838	108.784	111.062	139.968	155.365	158.989	169.526
Rusya	90.914	56.825	44.173	41.996	43.007	45.861	50.709
Hindistan	132.080	150.909	160.982	177.186	206.797	214.800	229.906
Çin	253.821	305.821	304.416	331.106	349.602	358.004	326.525
Güney Afrika	14.647	13.993	15.285	14.606	15.142	13.946	13.456

Kaynak: OECD, 2023

Tablo 2'de tarımsal sera gazlarının en önemlilerinden biri olan nitroz oksit emisyonlarının BRICS ülkelerinde seyri izlenmektedir. İzlenen dönemde en fazla nitroz oksit emisyonu Çin ve Hindistan'da gerçekleşirken en düşük oran Güney Afrika'da gerçekleşmiştir. Ele alınan dönemde tarımsal nitroz oksit emisyonları Brezilya ve Hindistan'da sürekli yükselirken, Rusya, Çin ve Güney Afrika'da dalgalı bir seyir izlenmektedir. Rusya'da dönem sonunda yaklaşık %44, Güney Afrika'da ise yaklaşık %8 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Çin'de ise 2015 yılına kadar sürekli artış yaşanırken 2015'den 2019'a yaklaşık %8,8 oranında düşüş yaşanmıştır. Buna göre BRICS ülkelerinde tarımsal nitroz oksit emisyonlarının tarımda kullanılan gübre ve ilaç miktarlarına göre değişiklikler gösterdiği söylenebilir.

Tarımsal Metan Emisyonları

Metan (NH₄) küresel ölçekte insan faaliyetlerinden kaynaklanan başlıca sera gazlarından birisidir. Tarımsal faaliyetler, enerji kullanımı, atık yönetimi ve biyokütle yakma gibi faaliyetler metan emisyonlarının oluşumuna katkıda bulunan faaliyetlerdir. Karbondioksit kadar atmosferde uzun süre kalmasa da küresel ısınmada 25 kat daha etkilidir. Atmosferde bulunan sera gazları arasında %16'lık orana sahip olan metan emisyonlarının %50-%65'i insan kaynaklıdır (EPA, 2023). Metan emisyonlarının çok büyük bir bölümü tarımsal üretim içerisinde yer alan hayvancılıktan kaynaklanmaktadır. Toplam tarımsal metan emisyonlarının %80'i ve toplam antropojenik metan emisyonlarının %35'i hayvancılık kaynaklıdır (Kara ve ark., 2019). Yapılan literatür incelemelerinde de insan kaynaklı metan emisyonlarının çok büyük bir bölümünün hayvancılıktan kaynaklandığı, tarımsal ilaçların ise metan emisyonlarını çok düşük oranda ve dolaylı olarak etkilediği anlaşılmaktadır. Tablo 3'te BRICS ülkelerinde tarımsal kaynaklı metan emisyonlarının yıllar itibariyle değişimi bulunmaktadır.

Tablo 3: BRIC ülkelerinde tarımsal metan emisyonları (1.000 Metrik ton CO₂ eşdeğeri).

Ülkeler	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019
Brezilya	242.118	264.081	268.594	328.429	335.813	337.887	335.499
Rusya	149.578	106.339	69.827	58.692	55.608	52.820	51.069
Hindistan	433.942	448.123	456.449	470.028	484.135	489.136	498.513
Çin	336.937	366.253	372.889	356.424	346.056	341.378	324.905
Güney Afrika	17.725	16.702	17.779	17.380	17.279	16.517	15.272

Kaynak: OECD, 2023

Tablo 3'te tarımsal sera gazları içerisinde en fazla bulunan metan emisyonlarının BRICS ülkelerinde seyri izlenmektedir. İzlenen dönemde metan emisyonları Hindistan'da sürekli artış gösterirken Rusya ve Güney Afrika'da sürekli düşüş göstermiştir. Brezilya ve Çin'de ise dalgalı bir seyir izlemiştir. 1990-2019 döneminde en fazla metan emisyonu Hindistan'da gerçekleşirken, en düşük emisyonlar Güney Afrika ve Rusya'da gerçekleşmiştir. Brezilya'da 1990-2015 döneminde sürekli artış görülürken, 2015-2019 döneminde %0,7 oranında düşüş yaşanmıştır. İzlenen dönemde metan emisyonları dönem başına göre dönem sonunda Brezilya'da %38,5, Hindistan'da %14,9, oranında artarken, Rusya'da %65,9, Çin'de %3,6, Güney Afrika'da %13,8 oranında düşüş göstermiştir. Buna göre izlenen dönemde tarımsal metan emisyonlarının BRICS ülkelerinde yetiştirilen ürün türü, kullanılan gübre ve ilaç miktarına göre değişiklikler gösterdiğini söylemek mümkündür.

AMPİRİK ANALİZ

Veri ve model

Bu çalışmada, BRICS ülkelerinin 1990-2019 dönemi verileri ile tarım ilaçları satışlarının tarımsal nitroz oksit ve tarımsal metan emisyonları arasındaki ilişki dinamik panel veri yöntemleriyle analiz edilmektedir. Çalışmada kullanılan değişkenler OECD veri tabanından elde edilmiştir. Ekonometrik tahminler yapılmadan önce değişkenlerin logaritması alınarak tam logaritmik iki model kurulmuştur. Tarımsal nitroz oksit emisyonu verisi (bin metrik ton karbondioksit eşdeğeri) *LNO*; tarımsal metan emisyonu verisi (bin metrik ton karbondioksit eşdeğeri) *LMT* ile ifade edilirken; tarım ilacı satışı verisi (ton) *LIS* olarak ifade edilmektedir. Söz konusu değişkenlerle kurulan tam logaritmik modeller Denklem (1) ve Denklem (2)'deki gibidir:

$$\text{Model 1: } LNO_{it} = \alpha_i + \beta_{1i} LIS_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$\text{Model 2: } LMT_{it} = \mu_i + \gamma_{1i} LIS_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$(i = 1, \dots, 5) \text{ ve } (t = 1990, \dots, 2019)$$

Modelde *i*; kesit boyutunu ve *t*; zaman boyutunu ifade etmektedir.

Yöntem

Bu çalışma, dinamik panel veri analizini yeni ekonometrik yöntemlerle ele almaktadır. Panel veri analizi, yatay kesit birimlerine zaman boyutu ekleyerek değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya koymaktadır. Ekonomik büyüme ile iktisadi hoşnutsuzluk endeksi arasındaki eş bütünleşme ilişkisinin incelenmesinden önce, çeşitli ön testler uygulanmaktadır. Bu testler arasında, yatay kesit bağımlılığını tespit etmeye yönelik olarak

Breusch ve Pagan (1980), Pesaran (2004), ve Pesaran ark. (2008)'nin geliştirdiği yöntemler bulunmaktadır. Bunun yanında, Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen delta testi, eğim katsayılarının homojenliğini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Homojenite testinde, "H₀: Eğim katsayıları homojendir" ve "H₁: Eğim katsayıları heterojendir" şeklindeki hipotezler test edilmektedir (Örnek ve Türkmen, 2019).

Değişkenlerin birim kök varlığını araştırmak için, ikinci nesil panel birim kök testlerinden olan ve yapısal kırılmaları göz önünde bulunduran Panel Fourier LM Birim Kök Testi (Nazlıoğlu ve Karul, 2017) kullanılmıştır. Bu testin güvenilirliği, kırılma tarihlerinin, sayılarının ve formlarının doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Fourier birim kök testleri, hem sert hem de kademeli yapısal kırılmaları dikkate alır ve testin modellemesinde kırılma formu ve tarihlerinin önceden bilinmesine gerek yoktur (Kar ve ark., 2019; Türkmen, 2022; Önder, 2022). Panel Fourier LM testi, Fourier frekansına bağlı bireysel istatistikler ve standart normal dağılıma sahip panel istatistikleri sunmaktadır. Bu testin küçük örneklem özellikleri, farklı veri üretme süreçlerine dayalı Monte Carlo simülasyonları ile incelenmiştir. Söz konusu testin boş hipotezi "birim kök vardır" varsayımı üzerine kuruludur (Nazlıoğlu ve Karul, 2017).

Sapmalı sonuçlar elde etmemek için yapısal kırılmaların eş bütünleşme testlerinde dikkate alınması önemlidir. Bu amaçla, değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için yatay kesit bağımlılığı olan ve olmayan durumlarda kullanılabilen, Westerlund (2006) tarafından geliştirilen çoklu yapısal kırılmalı panel eşbütünleşme testi uygulanmıştır. İkinci nesil eş bütünleşme testlerinden olan bu test, eşbütünleşme ilişkisini kırılmaların etkisini dikkate alarak tahmin eder ve daha güvenilir bulgular sunar. McCoskey ve Kao (1998)'nin LM testine dayanan eşbütünleşme testinin sıfır hipotezi "Eşbütünleşme ilişkisi vardır" üzerine kuruludur ve sabitte ve trendde yapısal kırılmaları tespit etmeye imkan sağlar. Bu test, açıklayıcı değişkenler arasındaki içsellik sorunları ve çoklu doğrusal bağlantı durumlarında istatistiksel olarak güçlüdür (Örnek ve Türkmen 2019).

Son olarak, eşbütünleşme katsayıları, kesitler arası bağımlılığı ve katsayıların heterojenliğini dikkate alarak Eberhardt ve Bond (2009) tarafından geliştirilen Augmented Mean Group Estimator (AMG) yöntemi ile tahmin edilmiştir (Ağır ve Türkmen, 2020).

Bulgular

Bu bölümde ekonometrik testlerden elde edilen bulgular yer almaktadır. Tablo 4'te eş bütünleşme analizi öncesi yapılması gereken ön test sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 4: Ön test sonuçları

<i>Değişkenlerin Yatay Kesit Bağımlılığı</i>						
	LNO		LMT		LIS	
Testler	İst. Değeri	Olasılık	İst. Değeri	Olasılık	İst. Değeri	Olasılık
CD _{lm1}	19.313**	0.036	22.923**	0.011	20.536**	0.025
CD _{lm2}	2.082**	0.019	2.890***	0.002	2.356***	0.009
CD _{lm3}	-3.553***	0.000	-3.751***	0.000	-2.751***	0.003
LM _{adj}	3.994***	0.000	2.871***	0.002	12.341***	0.000
<i>Eş Bütünleşme Denklemi Yatay Kesit Bağımlılığı</i>						
	Model 1		Model 2			
	İstatistik Değeri	Olasılık Değeri	İstatistik Değeri	Olasılık Değeri		
CD _{lm1}	24.867***	0.006	47.197***	0.000		
CD _{lm2}	3.324***	0.000	8.318***	0.000		
CD _{lm3}	-0.885	0.188	-3.614***	0.000		
LM _{adj}	44.900***	0.000	39.307***	0.000		
<i>Eğim Homojenliği</i>						
	Model 1		Model 2			
Testler	İstatistik Değeri	Olasılık Değeri	İstatistik Değeri	Olasılık Değeri		
$\tilde{\Delta}$	14.986***	0.000	12.714***	0.000		
$\tilde{\Delta}_{adj}$	15.796***	0.000	13.402***	0.000		

Not: "****" işareti %1, "***" işareti %5 seviyesinde istatistiki anlamlılığı ifade etmektedir. Sabitli model kullanılmıştır.

Tablo 4'deki bulgular, incelenen değişkenlerde ve her iki eş bütünleşme denkleminde kesitler arası bağımlılığın varlığını tespit gösterirken, öte yandan her iki modelin eğim katsayısının heterojen olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, Nazlıoğlu ve Karul (2017) tarafından geliştirilen ikinci nesil Panel Fourier LM birim kök testinin uygulanabilirliğini ortaya koymaktadır. Tablo 5 bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birim kök testi sonuçlarını içermektedir.

Tablo 5: Panel Fourier LM birim kök testi sonuçları

Ülkeler	LNO			LMT			LIS		
	Fourier tau LM ₁ k=1	Fourier tau LM ₂ k=2	Fourier tau LM ₃ k=3	Fourier tau LM ₁ k=1	Fourier tau LM ₂ k=2	Fourier tau LM ₃ k=3	Fourier tau LM ₁ k=1	Fourier tau LM ₂ k=2	Fourier tau LM ₃ k=3
Brezilya	-1.415	-1.154	-0.249	-2.778	-1.725	-0.738	-0.678	0.341	0.885
Rusya	-1.364	-2.945	-2.345	-0.682	-2.958	-3.712	0.109	-0.196	0.155
Hindistan	-1.948	-2.042	-1.505	-2.028	-2.163	-1.974	0.788	2.317	3.438
Çin	-2.604	-1.986	-2.262	-1.198	0.588	1.327	0.855	0.871	3.180
G. Afrika	-1.725	-2.553	-2.742	-0.916	-2.125	-1.837	-0.810	0.436	-0.677
Panel Sonucu									
Z _{LM} (İst. Değeri)	4.147	0.245	0.856	5.205	1.663	2.335	10.929	9.157	11.827
p- değeri	1.000	0.597	0.804	1.000	0.951	0.990	1.000	1.000	1.000

Panel Fourier LM birim kök testi sonuçları BRICS ülkeleri için bağımlı ve bağımsız değişkenlerinin seviyede birim kök içerdiğini belirlemiştir. Bu durum, eş bütünleşme testinin yapılabirliğini sağlamaktadır. Tablo 6, Westerlund (2006) çoklu yapısal kırılmalı panel eş bütünleşme test sonuçlarını ve her bir ülke için belirlenen kırılma tarihlerini sunmaktadır.

Tablo 6: Çoklu yapısal kırılmalı eş bütünleşme test sonuçları

Model 1			
	LM Test İst.	Asimptotik Olasılık Değeri	Bootstrap Olasılık Değeri
Yapısal Kırılmasız Model			
<i>Sabitli</i>	3.489	0.000	0.110
<i>Sabit ve Trendli</i>	0.115	0.454	0.620
Yapısal Kırılmalı Model			
<i>Sabitli</i>	-4.267	0.047	0.360
<i>Sabit ve Trendli</i>	24.126	0.007	0.470
Kırılma Tarihleri			
	<i>Sabitli Model</i>	<i>Sabit ve Trendli Model</i>	
Brezilya	1995	1995-2001-2009	
Rusya	1997-2003	1997-2003	
Hindistan	1995-2011	1995-2001-2011	
Çin	1997-2009	1997-2009	
G. Afrika	2007	2007	
Model 2			
	LM Test İst.	Asimptotik Olasılık Değeri	Bootstrap Olasılık Değeri
Yapısal Kırılmasız Model			
<i>Sabitli</i>	3.923	0.000	0.080
<i>Sabit ve Trendli</i>	1.120	0.131	0.120
Yapısal Kırılmalı Model			
<i>Sabitli</i>	-3.156	0.863	0.950
<i>Sabit ve Trendli</i>	21.567	0.009	0.480
Kırılma Tarihleri			
	<i>Sabitli Model</i>	<i>Sabit ve Trendli Model</i>	
Brezilya	1995-2003-2009	1995-2003-2009	
Rusya	1998-2004	1998-2004	
Hindistan	2001	2001-2008	
Çin	2000	2000	
G. Afrika	2004-2011	2004-2011	

BRICS ülkelerine ait değişkenlerde yatay kesit bağımlılığı tespit edildiğinden, eş bütünleşme test sonuçlarında bootstrap olasılık değerleri dikkate alınmaktadır. Söz konusu ülke grubu için elde edilen istatistik sonuçlarına göre kurulan her iki model için eş bütünleşme ilişkisinin varlığı üzerine kurulu sıfır hipotezi hem yapısal kırılmalı hem de yapısal kırılmasız modelde reddedilememektedir. Sonuç olarak, tarım ilacı satışı ile nitroz oksit ve metan emisyonları arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Panel genelinde ve ülke düzeyinde uzun dönem eş bütünleşme parametreleri, Eberhardt ve Bond (2009)'un geliştirdiği AMG yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Uzun dönem katsayılarına ilişkin tahminler Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7: Panel eş bütünleşme katsayı tahmin sonuçları

	LNO=f(LIS)			LMT=f(LIS)		
	Katsayı	Std. Hata	p-değeri	Katsayı	Std. Hata	p-değeri
AMG	-0.007***	0.171	0.965	0.152**	0.067	0.025
Ülke Sonuçları						
Brezilya	0.212***	0.017	0.000	0.221***	0.026	0.000
Rusya	-0.614***	0.195	0.002	0.090	0.063	0.150
Hindistan	-0.094**	0.046	0.040	0.001	0.011	0.921
Çin	0.393***	0.026	0.000	0.066	0.068	0.332
G. Afrika	0.065	0.041	0.117	0.383***	0.052	0.000

Not: “***” işareti %1, “**” işareti %5 seviyesinde istatistiki anlamlılığı ifade etmektedir.

BRICS ülkelerine ait 1990-2019 dönemi için uygulanan eş bütünleşme parametreleri incelendiğinde, Model 1’de panel genelinde tarım ilacı satışının uzun dönem katsayısının istatistiksel bakımdan anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Sonuçlar ülke bazında incelendiğinde, Brezilya ve Çin’de tarım ilacı satışında %1’lik artışın nitroz oksit emisyonlarını sırasıyla %0.2 ve %0.3 oranında artırdığı; Rusya ve Hindistan’da ise tarım ilacı satışında %1’lik artışın nitroz oksit emisyonlarını sırasıyla %0.6 ve %0.09 oranında azalttığı bulgusu elde edilmiştir. Diğer taraftan, Model 2 için elde edilen sonuçlara göre BRICS ülkelerinde tarım ilacı satışının uzun dönem katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve bu ülke grubunda tarım ilacı satışında %1’lik artışın metan emisyonlarını %0.15 arttırdığı bulgusu elde edilmiştir. Ülke bazında ise, Rusya, Hindistan ve Çin’de uzun dönem katsayıları istatistiksel olarak anlamsız bulunurken; Brezilya ve Güney Afrika’da tarım ilacı satışında %1’lik artışın metan gazı emisyonlarını sırasıyla %0.22 ve %0.38 arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Hızlı nüfus artışı ve artan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanması yirminci yüzyılın başından itibaren tüm dünya ülkelerinin en önemli problemlerinden biri olmuştur. Nüfusun hızlı artışına rağmen tarım alanlarının aynı kalması, üretimi artırmak için yeni yöntem ve girdilerin tarımsal üretimde kullanılmasını gerekli kılmıştır. Tarım üretiminde kalite ve miktarın artırılması amacıyla kullanılan yeni girdilerden biride tarım ilaçları (Pestisitler) olarak adlandırılan ve özünde zehir içeren, tarımsal ürünlerin; zararlılardan, yabancı otların etkisinden ve hastalık etmenlerinden korunması amacıyla kullanılan sentetik organik bileşiklerdir. Tarım ilaçları, tehlikeli, zararlı ve toksik maddelerdir. Uzun süre, çok miktarda, sık sık ve bilinçsiz kullanılmaları çevre ve insan sağlığına zarar vermekte sera gazı emisyonlarını etkilemektedir. Bu çalışmada, tarım ilaçlarının çevreye olan etkileri tarımsal nitroz oksit emisyonları ve metan emisyonları bağlamında BRICS ülkeleri için dinamik panel veri yöntemleri ile araştırılmıştır. Yapılan tahminlerden elde edilen bulgulara göre panel genelinde;

- Tarım ilacı satışı ile nitroz oksit emisyonları ve metan emisyonları arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu,
- Nitroz oksit emisyonları için tarım ilacı satışının uzun dönem katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı,
- Metan emisyonları için tarım ilacı satışının uzun dönem katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve panel genelinde tarım ilacı satışında %1’lik artışın metan emisyonlarını %0.15 arttırdığı bulgusu elde edilmiştir.

Sonuçlar ülke bazlı değerlendirildiğinde;

- Tarım ilacı satışında %1’lik artışın nitroz oksit emisyonlarını; Brezilya’da %0.2 ve Çin’de %0.3 arttırdığı, Rusya’da %0.6 ve Hindistan’da %0.09 azalttığı bulgusu elde edilmiştir.

- Metan emisyonları için tarım ilacı satışının uzun dönem katsayılarının Rusya, Hindistan ve Çin'de istatistiksel bakımdan anlamsız olduğu bulgusu elde edilmiştir.
- Tarım ilacı satışında %1'lik artışın metan emisyonlarını Brezilya'da %0.22 ve Güney Afrika'da %0.38 arttırdığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Bu sonuçlara göre, tarımsal üretimde kalite ve üretim miktarını artırmak amacıyla kullanılan tarım ilaçlarının uzun dönemde belirli ölçülerde sera gazı emisyonlarını artırdığı, çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilediği söylenebilir. Dolayısıyla günümüz tarımsal üretiminin vazgeçilmezlerinden olan tarım kimyasallarının aşırı, kontrolsüz, bilinçsiz ve denetimsiz kullanılmaması, insan ve çevre sağlığını en az etkileyenlerin tercih edilerek, bu konuda bilgili ve bilinçli kişiler tarafından kontrollü bir şekilde uygulanması, kullanılan tarım ilaçlarının insan sağlığı ve çevreye verdiği zararı en aza indirebilir.

YAZAR ORCID NUMARALARI



ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5197-9827>

KAYNAKLAR

- Ağır, H. ve Türkmen, S. 2020. Ekonomik büyümeye etkisi bakımından doğal kaynaklar: dinamik panel veri analizi. *Gaziantep university journal of social sciences*, 19(3): 840-852.
- Altıkat, A., Turan, T., Ekmekyapar Torun, F. ve Bingül, Z. 2009. Türkiye'de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2): 87-92.
- Ayyıldız, M. 2022. Türkiye'de kimyasal pestisit kullanımının ekonomi ve çevre yönüyle değerlendirmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 10(2): 267-274.
- Breusch, T. S. ve Pagan, A. R. 1980. The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The review of economic studies*, 47(1): 239-253.
- Çağlayan, Ç., Yavuz, M. ve Şehiroğlu, B. 2023. Pestisitler ve sağlığa etkileri. Bilgi notu. Çevre, iklim ve sağlık için işbirliği. https://www.env-health.org/wp-content/uploads/2023/01/Pesticides_Brief_Final.pdf Erişim Tarihi: 15.10.2023.
- Eberhardt, M. ve Bond, S. 2009. Cross-section dependence in nonstationary panel models: a novel estimator. EPA (United States Environmental Protection Agency). 2023. Greenhouse gas emissions. <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data> Erişim Tarihi: 12.12.2023.
- Ghimire, N. ve Woodward, R.T. 2013. Under-and over-use of pesticides: An international analysis. *Ecological Economics*. 89: 73-81.
- Kar, M., Ağır, H. ve Türkmen, S. 2019. Seçilmiş gelişmekte olan ülkelerde elektrik tüketiminin ekonomik büyümeye etkisinin panel ekonometrik analizi. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 5(3): 37-48.
- Kara, G., Yalınz, İ. ve Sayar, M. 2019. Konya ili hayvansal gübre kaynaklı sera gazı emisyonları durumu. *Ulusal çevre bilimleri araştırma dergisi*, 2(2): 57-60.
- Kayıkçıoğlu, H. H. ve Okur, N. 2012. Sera gazı salınımlarında tarımın rolü. *Adnan Menderes üniversitesi ziraat fakültesi dergisi*, 9(2): 25-38.
- Koç, A. ve Tanrıvermiş, H. 2001. Türkiye tarımında kimyasal ilaç kullanımı: etkisizlik, sorunlar ve alternatif düzenlemelerin etkileri. (Editörler: Nermin Akyıl ve Tijen Özüdoğru) *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü*, Yayın No: 63, 1-4.
- McCoskey, S. ve Kao, C. 1998. A residual-based test of the null of cointegration in panel data. *Econometric Reviews*, 17(1): 57-84.
- Nazlıoğlu, S. ve Karul, C. 2017. Panel LM unit root test with gradual structural shifts. In *40th International Panel Data Conference* (pp. 7-8).
- OECD. 2023. Environmental performance of agriculture - indicators. https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=AEI_OTHER&lang=en Erişim Tarihi: 13.10.2023.
- Önder, F. 2022. Finansal gelişme ile ekonomik büyüme ilişkisi: kırılımlı beşli ülkeleri üzerine ampirik bir analiz. *Journal Of Economics And Research*, 3(2): 36-48.
- Önder, F. 2023. Türkiye'de tarımsal kredilerin büyümeye etkisi: bir panel veri tahmini. *Türk tarım ve doğa bilimleri dergisi*. 10(4): 1039-1050.
- Örnek, İ. ve Türkmen, S. 2019. Gelişmiş ve yükselen piyasa ekonomilerinde çevresel kuznets eğrisi hipotezi'nin analizi. *Journal Of The Cukurova University Institute of Social Sciences*, 28.
- Pesaran, M. H. 2004. General diagnostic tests for cross section dependence in panels. IZA Discussion Paper, 1240 (1): 1-39

- Pesaran, M. H. ve Yamagata, T. 2008. Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of econometrics*, 142(1): 50-93.
- Pesaran, M. H., Ullah, A. ve Yamagata, T. 2008. A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The Econometrics Journal*, 11(1): 105-127.
- TBB (Türkiye Bankalar Birliği). 2023. Tarım sektörü raporu. TSKB danışmanlık hizmetleri, Haziran, İstanbul.
- Tezer, N. 2021. Zirai mücadele ilaçlarının insan ve çevre sağlığına etkileri. Türkiye Ziraat Odaları Birliği, Ankara.
- Türkmen, S. 2022. Finansallaşma ve enerji tüketimi ilişkisinin analizi: Türk devletleri teşkilatı'ndan ampirik kanıtlar, *Journal of economics and research*, 3(1): 109-122.
- Westerlund, J. 2006. Testing for panel cointegration with multiple structural breaks. *Oxford bulletin of economics and statistics*, 68(1): 101-132.