


Tarım üretiminde önde gelen ülkelerde tarımsal gübre ve ilaç kullanımının tarımsal GSYİH'ye etkisi; panel veri analizi araştırması

The effect of agricultural fertilizer and pesticide use on agricultural GDP in leading countries in agricultural production; panel data analysis research

Hacı Hayrettin TIRAŞ¹ 

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye, hhayrettintiras@hotmail.com

ORCID: 0000-0001-5197-9827

Öz

Binlerce yıldır doğal koşullarda yapılan tarımsal faaliyetler tüm insanların gıda ihtiyacını karşılarken, günümüzde nüfusun hızla artması ve tarımsal alanların sınırlı olması dünyanın birçok bölgesinde yetersiz beslenme ve açlık sorunlarının baş göstereceği endişesini doğurmuştur. Sorunun çözümü için yapılan çalışmalar sonucunda birim alanda daha çok ve kaliteli ürün elde edebilmek için tarımsal gübre ve ilaçların kullanıldığı yeni tarım sistemleri geliştirilmiştir. Tarımsal üretimde kullanılan gübre ve ilaçların büyük çoğunluğu çeşitli kimyasallardan oluşmakta ve verimliliğe önemli katkılar sağlamaktadır. Buna göre tarımsal üretimde verimi ve kaliteyi artırmak için gübre ve pestisit kullanılması doğru bir yol olarak görülmektedir. Günümüzde tarımsal üretimin vazgeçilmez girdileri arasında yer alan gübre ve tarımsal ilaçların gelecekte de kullanılmaya devam edeceği anlaşılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, 2020 yılı itibarıyla küresel ölçekte en fazla tarımsal üretim gerçekleştiren ilk altı ülkenin (Çin, Hindistan, Brezilya, ABD, Endonezya ve Rusya), 1995-2019 dönemi panel verileri kullanılarak tarımsal üretimde gübre ve ilaç kullanımının tarımsal GSYİH'ye etkisinin panel ekonometrik yöntemlerle tahmin edilmesidir. Hektar başına kullanılan gübre miktarı, toplam satılan pestisit miktarı ve tarımsal GSYİH çalışmanın değişkenlerini oluşturmaktadır. Analiz sonuçları değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığına işaret ederken gübre kullanımının uzun dönem katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olduğunu, diğer taraftan pestisit kullanımının uzun dönem katsayısının istatistiksel olarak anlamsız olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Tarım, Gübre, Pestisit, Tarımsal GSYİH, Eşbütünlük

Jel Kodları: O47, O44, O13

Abstract

While agricultural activities carried out under natural conditions for thousands of years have met the food needs of all people, the rapid increase in population and limited agricultural areas have raised concerns that malnutrition and hunger problems will arise in many parts of the world. As a result of the studies carried out to solve the problem, new agricultural systems using agricultural fertilizers and pesticides have been developed to obtain more and higher quality products per unit area. Most fertilizers and pesticides used in agricultural production are chemicals that significantly contributing to productivity. Accordingly, using fertilizers and pesticides is the right way to increase yield and quality in agricultural production. It is understood that fertilizers and pesticides, among the indispensable inputs of agricultural production today, will continue to be used in the future. This study aims to estimate the effect of fertilizer and pesticide use in agricultural production on agricultural GDP by using panel data for the period 1995-2019 for the top six countries (China, India, Brazil, USA, Indonesia and Russia) with the highest agricultural production on a global scale as of 2020 using panel econometric methods. The study variables are the amount of fertilizer used per hectare, total amount of pesticides sold and agricultural GDP. The analysis results indicate a long-run relationship between the variables and reveal that the long-run coefficient of fertilizer use is statistically significant, while the long-run coefficient of pesticide use is statistically insignificant.

Keywords: Agriculture, Fertilizer, Pesticide, Agricultural GDP, Cointegration

Jel Codes: O47, O44, O13

Başvuru/Submitted: 27/01/2024

1. Revizyon/1st Revised: 27/02/2024

2. Revizyon/2nd Revised: 6/03/2024

Kabul/Accepted: 18/03/2024

Yayın/Online Published: 25/03/2024

Atıf/Citation: Tıraş, H. H., Tarım üretiminde önde gelen ülkelerde tarımsal gübre ve ilaç kullanımının tarımsal GSYİH'ye etkisi; panel veri analizi araştırması, *bmij* (2024) 12 (1): 132-147 doi: <https://doi.org/10.15295/bmij.v12i1.2352>

Extended Abstract

The effect of agricultural fertilizer and pesticide use on agricultural GDP in leading countries in agricultural production; panel data analysis research

Literature

When the literature is examined, it is seen that there are many studies investigating the use and effects of agricultural fertilizers and pesticides in the agricultural production process. Most of these studies are recent studies. Jönsson and Radman (2012) interviewed 37 farmers in Kenya in 2012 and investigated the effects of fertilizers and improved seeds on income. Accordingly, fertilizer use does not always increase income from agriculture. McArthur and McCord (2017) investigated the importance of fertilizer use in agriculture in 85 developing countries in Asia, Africa and the Americas during 1965-2001. The findings show that using fertilizers in agriculture significantly affects yields and GDP. Reddy and Dutta (2018) tried to investigate the impact of Agricultural inputs on Agricultural GDP in the Indian Economy using a Simple Regression Analysis from 1980-1981 to 2015-2016. The results show that variables such as fertilizers and net irrigated area have no significant impact on agricultural GDP, while variables such as pesticides, electricity, rainfall and seeds significantly impact agricultural GDP. Martey et al. (2019) found that using mineral fertilizers in Ghana significantly increased land productivity and agricultural income. Hedlund et al. (2019), in their study covering 106 countries, found a positive relationship between economic development and pesticide consumption from 1990-2014. Cen et al. (2020) concluded in their study in Eastern China that fertilizer use significantly increases soil fertility and economic growth. Kutluay Şahin and Şahin (2023), in their study covering 27 European countries from 2000-2020, concluded that agricultural land, fertilizers and pesticides positively affect economic growth. Zafeiriou et al. (2023), in a study conducted in 25 European Union countries, found that pesticide use generally increases agricultural income, pesticide use decreases after income increases, and the result varies across countries. Tudor et al. (2023), using data for the period 2010-2019 for 8 European countries, found that the use of pesticides and chemical fertilizers in agriculture increased yields in wheat production. Zhang et al. (2023) found that chemical fertilizer consumption in China positively affected economic growth in 1980-2020, but China's dependence on chemical fertilizers in production gradually decreased.

Research subject

The subject of this study is to investigate the effects of chemical fertilizers and pesticides used in agricultural production on agricultural GDP.

Research purpose and importance

This study aims to investigate the impact of fertilizer and pesticide use in agricultural production on economic growth in the top six countries (China, India, Brazil, USA, Indonesia and Russia) with panel econometric methods using panel data from 1995-2019. The increasing trend of the world population on a global scale has increased the demand for food and increased the pressure on agricultural production. Due to the limited agricultural areas, there is a concern that malnutrition and hunger problems will arise in many regions of the world. However, modern agricultural techniques and using agricultural fertilizers and pesticides to increase yield per unit area have prevented this problem from becoming as bad as expected. Today, fertilizers and pesticides are widely used in agricultural production. Today, fertilizers, which have a share of 15-20% in total agricultural production costs, increase the yield in plant production by 50-75%. Although the rate of damage caused by each harmful organism to plant products in agricultural production varies between 30-100%, it is accepted that the loss of yield will be between 30-40% on average if harmful organisms are not combated, and it is stated that one-third of agricultural production is obtained as a result of pesticide use. Fertilizers and pesticides used in production increase productivity and quality at the end of production. However, the use of agricultural fertilizers and pesticides also causes some harm to the environment and human health. However, using fertilizers and pesticides is necessary to increase productivity and quality in agricultural production. Therefore, fertilizers and pesticides used in agriculture positively affect economic growth by causing direct income increases. In this respect, using fertilizers and pesticides in agricultural activities is important, even though they damage the environment and human health.

Research problems

These six countries, which are the pioneers of global agricultural production, constitute approximately 48% of the world population, account for approximately 60% of global agricultural production, use the highest amount of agricultural fertilizers and pesticides, and there are no studies in the literature with this country group and the variables considered. Therefore, does using more agricultural fertilizers and pesticides to achieve more agricultural production in these countries with the largest population affect social welfare and economic growth? The question becomes important. While this study seeks to answer this question, it is believed that it will also contribute to filling the gap in the literature.

Model

In this study, the relationship between agricultural fertilizers and pesticides used in agricultural production and economic growth is analyzed with dynamic panel data methods using annual data for the period 1995-2019 for China, India, Brazil, the USA, Indonesia and Russia, which are the top 6 countries realizing approximately 60% of global agricultural production as of 2020.

Method

This study performs dynamic panel econometric estimations with a data set of 6 countries. Panel data analysis is an econometric analysis that allows for constructing a data set of t time and k variables for n horizontal cross-sections (firm, sector, country) to see group and time effects. This study uses dynamic panel data methods, and LM cointegration tests developed by Westerlund and Edgerton (2007) and AMG cointegration tests developed by Eberhardt and Bond (2009) are utilized for estimations.

Research type

The research is based on analyzing the panel data of six countries, which are the pioneers of agricultural production on a global scale, with second-generation panel econometric methods. The findings from estimations with data obtained from OECD and WB are evaluated panel-wide and country-wide.

Data collection method

Among the study variables, data on the amount of fertilizer used per unit hectare and agricultural GDP variables were obtained from the WB (World Bank) database, while data on the pesticide variable (annual sales of pesticides) were obtained from the OECD database.

Findings as a result of the analysis

As a result of the analysis, it was found that there is a long-run relationship between the variables in the cointegration test conducted for the 1995-2019 period panel data of 6 countries leading agricultural production. When the cointegration parameters are examined, it is found that the long-run coefficient of the fertilizer use variable is statistically significant across the panel, and a 1% increase in fertilizer use in these countries increases agricultural income by approximately 0.4%. This result supports the findings of McArthur and McCord (2017), Matthey et al. (2019), Cen et al. (2020), Kutluay Şahin and Şahin (2023) and Zhang et al. (2023) that fertilizer use has a positive effect on GDP. On the other hand, the long-run coefficient of the pesticide sales variable is statistically insignificant. This result does not support the results of Reddy and Dutta (2018), Hedlund et al. (2019) and Kutluay Şahin and Şahin (2023) that pesticide use in agricultural production positively affects economic growth. However, it is in line with the result of Zafeiriou et al. (2023) that pesticide use affects agricultural income differently in each country. When the results are evaluated on a country basis, it is found that a 1% increase in fertilizer use in China, India and the USA increases agricultural income by 1.08%, 1.04% and 0.5%, respectively, while it decreases by 0.3% in Brazil. In Indonesia and Russia, the fertilizer use variable was statistically insignificant. On the other hand, it was found that a 1% increase in pesticide sales in India and Indonesia increased agricultural income by 0.2% and 1.2% in these countries, respectively, while it decreased by 0.6% in Russia. In China, Brazil and the USA, the long-run coefficient of the pesticide sales variable was statistically insignificant.

Conclusion, recommendation and limitations

According to the estimations made with the panel data of these six leading countries in agricultural production, it was found that there is a long-run relationship between the variables, the long-run coefficient of the fertilizer use variable is statistically significant, and a 1% increase in fertilizer use in these countries increases agricultural income by approximately 0.4%. On the other hand, the long-run coefficient of the pesticide sales variable was statistically insignificant. When the results are evaluated on a country basis, the estimates for both variables show differences across countries. According to these results, it can be said that using fertilizers in agricultural production positively affects yield and quality, increasing agricultural GDP. Moreover, it is understood that using fertilizers and pesticides in agricultural production continues to increase and cannot be abandoned soon. Therefore, it will be beneficial for the whole world to use fertilizers and pesticides, which cannot be given up for increasing agricultural yield and quality, under appropriate conditions, in sufficient quantities, in a controlled and conscious manner, by choosing the ones that affect human and environmental health the least.

Limitations of the article

The most important limitations of the study are the use of data from the top six countries with the highest agricultural production and the evaluation of only the effects of fertilizers and pesticides used in agriculture. Other factors affecting agricultural productivity and agricultural GDP are excluded.

Giriş

Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesi; kişi başı gelirin artmasına, tüketim alışkanlıklarının değişmesine ve tüketimin artmasına neden olmuştur. Küresel ölçekte dünya nüfusunun artış eğilimi göstermesi gıda talebini artırarak tarımsal üretim üzerinde baskı oluşturmaya başlamıştır. Binlerce yıldır doğal koşullarda yapılan tarımsal faaliyetler tüm insanların gıda ihtiyacını karşılarken, günümüzde nüfusun hızla artması ve tarımsal alanların sınırlı olmasından dolayı dünyanın birçok bölgesinde yetersiz beslenme ve açlık sorunlarının baş göstereceği endişesi doğmuştur. Ancak modern tarım teknikleri ile birim alanda verimi artıracak tarımsal gübre ve ilaçların kullanılması sayesinde bu sorun beklendiği gibi gerçekleşmemiştir.

Artan gıda talebini karşılamak için yeni kaynak araştırmaları farklı bitkiler için tarımsal gübre ve ilaçların kullanıldığı yeni tarım sistemlerinin geliştirilmesi ile sonuçlanmıştır (Söyler, 2020, s. 13). Gübre, ihtiyaç duyulan gıda ve tarım ürünlerinin karşılanması, birim alandan daha fazla ve daha kaliteli ürün elde edilmesi amacıyla kullanılan girdilerden biridir. Gübreleme sayesinde toprakta kaybolan bitki besin elementleri toprağa geri verilerek toprağın verimliliği ve sürekliliği artırılmaktadır (TAGEM, 2018, s. 17). Gübrelemenin geçmişi yüzyıllar öncesine dayansa da kimyasal gübrelerin tarımsal alanda etkinlik kazanması 1950'lerden sonradır. İlerleyen yıllarda başta gübreleme olmak üzere tarım alanında yaşanan gelişmeler sayesinde pek çok ülkede verimlilik artışları dikkat çekici boyutlara ulaşmıştır (Şahin, 2016, s. 19). Küresel ölçekte tarımsal gübre kullanımı 2000-2020 yılları arasında önemli bir artış göstererek yaklaşık 135 milyon tondan 201 milyon tona çıkmıştır. 2020 yılında kullanılan gübrenin bölgelere göre dağılımında; Asya %55, Amerika %27, Avrupa %12, Afrika %4 ve Okyanusya %2'lik paya sahiptir. Asya bölgesi hektar başına 187,4 kg ile gübre kullanımında dünya ortalamasının (129 kg/ha) üstünde seyretmektedir. Kullanılan gübrelerin içeriği bölgelere göre değişmekle birlikte %56'sı nitrojen, %24'ü fosfor ve %20'si potasyum içerikli gübrelerden oluşmaktadır (TBB, 2023, s. 42).

Günümüzde toplam tarımsal üretim maliyetleri içerisinde toplam %15-20 oranında bir paya sahip olan gübreler, tarımsal üretimde verimin artırılması için bir zorunluluk olarak görülmektedir (Konyalı, 2016). Ayrıca usulüne uygun yapılan gübreleme bitkisel üretimdeki verim artışını %50-75 oranında etkilemekte, bazı ürünlerde ise %100'e kadar çıkabilmektedir (Bilge ve Artukoğlu, 2019, s. 280). Bununla birlikte tarımsal üretimin nasıl artırılacağı ve gübre kullanımının tarımsal üretimde verimliliği artırıp artırmadığı ile ilgili yapılan pek çok çalışma tarımsal gübre kullanımının tarımsal verimi önemli oranda artırdığını ortaya koymuştur (McArthur ve McCord, 2017; Martey vd., 2019; Cen vd., 2020; Kutluay Şahin ve Şahin, 2023; Tudor vd., 2023; Zhang vd., 2023). Tarımsal üretimde verimi artırmanın tek yolu gübreleme değildir. Kullanılan tarımsal kimyasallar (pestisitler) da tarım üretiminde verimi artıran önemli girdilerden biri olarak görülmektedir.

Tarımsal verimliliği ve kaliteyi artırmak için tarımsal ürünleri; yabancı otlardan, zararlılardan ve hastalık etkenlerinden korumak amacıyla uygulanan kimyasal karışımlar pestisitler olarak adlandırılmaktadır. Kullanımının kolaylığı, kısa sürede etki göstermesi, verim artışı sağlaması, işgücü tasarrufu ve riski azaltması gibi nedenler tercih sebepleri olarak görülmektedir (Ghimire ve Woodward, 2013). Zirai mücadelede yaygın olarak kullanılan pestisitler birer sentetik organik bileşiklerdir. Tarımsal üretimde her bir zararlı organizmanın bitkisel ürünlere verdiği zararın oranı %30-100 arasında değişmektedir. Zararlı organizmalar ile mücadele edilmez ise verim kaybının ortalama %30-40 arasında olacağı kabul edilmektedir (Tezer, 2021, s. 1). Tarımsal üretimin üçte birinin pestisit kullanımı sonucu elde edildiği varsayıldığında yakın gelecekte kimyasal pestisit kullanımından vazgeçilemeyeceği ifade edilmektedir (Ayyıldız, 2022, s. 268).

Tarımsal alanda küresel pestisit kullanımı 2000-2020 döneminde gübre kullanımına göre daha yavaş bir hızda artmıştır. 2000 yılında 2 milyon ton olan pestisit tüketimi 2020 yılında 2,6 milyon tona ulaşmıştır. Dünyada tarımsal üretimde kullanılan pestisit miktarı her geçen gün artarken 2020 yılı itibarıyla ekili alan başına en fazla pestisit kullanımı 3,7 kg/ha (dünya ortalaması 1,8 kg/ha) ile Amerika bölgesinde gerçekleşmiştir. 2020 yılında kullanılan toplam pestisitlerin %51'i Amerika, %25'i Asya, %18'i Avrupa, %4'ü Afrika ve %3'ü Okyanusya bölgesinde kullanılmıştır (TBB, 2023, s. 43). Amerika bölgesinin tarım alanı Asya bölgesinin tarım alanından küçüktür. Ancak makineleşme, yoğun gübre ve pestisit kullanımından dolayı tarımsal üretimdeki verimi oldukça yüksektir. Asya bölgesi 2020 yılında küresel tarımsal üretimin %50'sini gerçekleştirirken, birim alan başına en fazla tarımsal ürün Amerika bölgesinde elde edilmiştir (TBB, 2023, s. 7-8).

Günümüz tarımsal üretimde verimi ve kaliteyi artırmak amacıyla gübre ve pestisitlerin kullanılması doğru bir yol olarak görülmektedir. Ancak insanların gıda ihtiyacının karşılanmasında önemli birer faktör olan gübre ve pestisitlerin bilinçsiz, fazla ve uzun süre kullanılmaları çevre ve insan sağlığına zarar vermektedir (Tiryaki vd., 2010, s. 155; Cüre, 2022, s. 100). Gübreleme, kimyasal atıklar ve pestisit

kullanımı hava, su ve toprak kirliliğinin başlıca sebepleri olarak görülmektedir (Kashem ve Singh, 2002, s. Kâtip, 2020, s. 1272-1273; Çağlayan vd., 2023). Tarımda kullanılan gübre ve pestisitlerin yararları (verim ve kalite artışı gibi) ve zararları (insan ve çevre sağlığı gibi) olmakla birlikte tarım sektörünün ekonomik büyümeye önemli katkısı bulunmaktadır. Sektörlerin ekonomiye katkısı, yarattığı istihdam ve katma değerle ölçülmektedir. Tarım sektöründe kullanılan gübre ve pestisitlerin sağladığı verimlilik artışı da doğrudan gelir artışına sebep olarak GSYİH'yi artıracaktır. Tarım sektörünün GSYİH içerisindeki payı, ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre farklılık arz etmekte birlikte küresel bazda tarım sektörünün GSYİH içerisindeki payının 2021 yılı itibarıyla %4,3 olduğu ifade edilmektedir (TBB, 2023, s. 7). Tarımda kullanılan gübrelerin verim artışını ortalama %50-75 oranında (Bilge ve Artukoğlu, 2019, s. 280), pestisit kullanımının ise %30-40 oranında (Tezer, 2021, s. 1) artırdığı düşünüldüğünde tarımda kullanılan gübre pestisitler daha da önemli hale gelmektedir.

Bu çalışmanın amacı, 2020 yılı itibarıyla küresel ölçekte en fazla tarımsal üretim gerçekleştiren ilk altı ülkenin (Çin, Hindistan, Brezilya, ABD, Endonezya ve Rusya) (TBB, 2023, s. 47), 1995-2019 dönemi panel verileri kullanılarak tarımsal üretimde gübre ve ilaç kullanımının tarımsal GSYİH'ye etkisinin panel ekonometrik yöntemlerle araştırılmasıdır. Bu ülkelerin seçilme nedeni dünya nüfusunun yaklaşık %48'ini oluşturmaları ve küresel tarım üretiminin yaklaşık %60'ını gerçekleştiriyor olmalarıdır. Ayrıca söz konusu ülkelerin tarımsal gübre ve pestisiti en fazla kullanıyor olmaları da diğer nedenlerdir. Bu anlamda literatürde bu ülke grubu ve ele alınan iki değişkenin bir arada kullanıldığı ampirik çalışmalara da rastlanmamaktadır. Bu açıdan çalışma diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır. Dolayısıyla "En fazla nüfusa sahip olan (Çin, Hindistan, Brezilya, ABD, Endonezya ve Rusya) bu ülkelerde daha fazla tarımsal üretim gerçekleştirmek için daha fazla tarımsal gübre ve ilaç kullanılması ekonomik büyümeyi etkiliyor mu?" sorusu önemli hale gelmektedir. Bu çalışma ile bu soruya cevap aranırken, çalışmanın ampirik literatüre de katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin panel verileri OECD ve WB (World Bank) veri tabanından elde edilmiştir. Dinamik panel veri yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada tahminler için Westerlund ve Edgerton'un (2007) geliştirdiği LM ve Eberhardt ve Bond'un (2009) geliştirdiği AMG eşbütünleşme testlerinden yararlanılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, çalışmada kullanılan değişkenlerin ele alınan ülkelerdeki gelişim seyri hakkında istatistikî ve açıklayıcı bilgiler yer almaktadır. Üçüncü bölümde ilgili literatür özeti yer alırken, dördüncü bölümde ampirik analizlerde kullanılan veri, model, yöntem ve bulgulara yer verilmektedir. Çalışma sonuç bölümüyle tamamlanmaktadır.

Değişkenlere ilişkin açıklamalar

Tarımda gübre kullanımının binlerce yıldır devam ettiği bilinmektedir. Günümüzde sıklıkla kullanılan kimyasal gübrelerin yaklaşık 200 yıllık bir geçmişi varken, hayvansal gübrelerin eski çağlardan beri kullanıldığı yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır (Şahin, 2016, s. 20). Gübreler, yetiştirilen ürünlerin daha iyi beslenmesi ve daha verimli olmasını sağlamak amacıyla, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan daha verimli olmasına katkıda bulunacak, çoğunlukla nitrat, fosfat, amonyum ve potasyum tuzları içeren, katı, sıvı ve gaz formunda olan yapay veya doğal maddeler (Katip, 2020, s. 1272) olarak ifade edilmektedir. Ürün verim ve kalitesini artırmak amacıyla çeşitli besleyici maddeleri içeren organik veya inorganik maddeleri (bileşikleri) doğrudan ürüne veya toprağa verme işlemine de gübreleme denmektedir (Söyler, 2020, s. 13). Gübreleme; toprağın gücünü, verimliliğini, ürünün kalitesini ve topraktaki mikroorganizma aktivitesini artırırken, toprağın yapısını da düzenleyerek verimliliğini sürekli kılmaktadır. Dolayısıyla ağaçların ve bitkilerin ihtiyaç duyduğu takviyeler gübreleme ile yapılmaktadır (Kutluay Şahin ve Şahin, 2023, s. 99-100). Gübreleme işleminde, istenen sonucun alınabilmesi için uygun zamanda, uygun miktarda (önerilen miktarda), bilinçli ve bilgili kişiler tarafından yapılması önem arz etmektedir.

Gübre kullanımının; verim artışı sağlaması yanında toprağa, çevreye ve insan sağlığına çeşitli zararlarının olduğu da bilinmektedir. Kashem ve Singh (2002), tarım kimyasallarının aşırı kullanımının yüzeyde ve yeraltında bulunan suyun kalitesini, tarım topraklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını bozduğunu ve toprağın Ph'sini düşürerek asiditesini artırdığını ifade etmektedir. Gübrelemenin yanlış, kontrolsüz ve fazla yapılması toprakta ağır metal birikmesine, topraktaki canlıların olumsuz etkilenmesine, toprağın yapısının bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca kullanılan gübre türüne göre havaya çeşitli gazların yayılması ile hava kalitesinin bozulmasına ve sera gazlarının artışına yol açmaktadır (Cüre, 2022, s. 100). Sera gazlarının artışı ise uzun dönemde iklim değişikliğine ve çevresel bozulmalara neden olarak bitki, hayvan ve insan sağlığına zarar vermektedir. Ancak, artan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanabilmesi tarımsal üretimde birim alandan daha yüksek verim alınması zorunluluğunu beraberinde getirmektedir. Bu sınırlılıklar içerisinde ihtiyaçların karşılanması için gübre kullanımı bir zorunluluk olarak görülmekte, gelecekte de tarım sektörünün vazgeçilemez girdileri

arasında yer alacağı ifade edilmektedir (Konyalı, 2016). Tablo 1’de küresel ölçekte en fazla tarımsal üretim gerçekleştiren ilk altı ülkede hektar başına kullanılan tarımsal gübre miktarı yer almaktadır.

Tablo 1: Hektar Başına Gübre Kullanımı (Kg)

Ülkeler	1995	2000	2005	2010	2015	2019
Çin	298	287	375	425	480	400
Hindistan	86	104	128	179	171	186
Brezilya	99	145	174	203	235	290
ABD	109	109	116	125	129	129
Endonezya	146	122	142	183	256	224
Rusya	14	11	12	16	17	23

Kaynak: WB, WDI, 2024

Tablo 1’e göre 1995 yılında söz konusu ülkelerden Çin, hektar başına en fazla (298 kg) tarımsal gübre kullanan ülke konumundadır. Rusya ise hektar başına en az (14 kg) tarımsal gübre kullanan ülkedir. Rusya’nın diğer ülkelere göre tarımda hektar başına çok düşük seviyede gübre kullanıyor olması dikkat çekicidir. Dönem içerisinde gerek tarımsal gübre üretimi sektöründe ve gerekse ülkelerde uygulanan tarım tekniklerindeki gelişmelerle birlikte ülkelerde kullanılan tarımsal yöntem, gübre çeşidi ve miktarı da değişiklikler göstermiştir. Ele alınan dönemde tarımda hektar başına tarımsal gübre kullanım miktarı Brezilya’da kesintisiz bir artış göstermiştir. ABD’de artış miktarı çok düşük seviyelerde kalmıştır. Diğer ülkelerde ise dalgalı bir seyir izlemekle birlikte genellikle artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Çin ve Endonezya’da 2019 yılında 2015 yılına göre önemli miktarda düşüş yaşanmıştır. 2019 yılı itibarıyla tarımsal üretimde hektar başına en fazla (400 kg) tarımsal gübre kullanan ülkenin yine Çin olduğu görülürken, Brezilya (290 kg) ve Endonezya (224 kg) Çin’i takip etmektedir. 2019 yılında en düşük miktarda tarımsal gübre kullanan ülke ise yine Rusya’dır. Söz konusu ülkelerde 1995 yılında tarımsal verimi artırmak adına hektar başına ortalama 125 kg tarımsal gübre kullanılırken, 2019 yılında hektar başına kullanılan tarımsal gübre miktarı yaklaşık %66 oranında artarak ortalama 209 kg’a çıkmıştır. Buna göre, dünyada önde gelen tarımsal ürün üreticisi ülkelerin verimi artırmak adına kullandıkları tarımsal gübre kullanımından vazgeçemedikleri ve tarımsal üretimde gübre kullanımının artış eğiliminde olduğu söylenebilir.

Ülkeler tarımsal ürün miktarını ve verimliliği artırmak için modern tarım teknikleri ve tarımsal gübre kullanımı yanında ürünleri zararlılardan korumak amacıyla tarımsal ilaçlar (pestisit) da kullanılmaktadırlar. Pestisitler olarak isimlendirilen bu kimyasallar, tarımsal üretimde ürünlere zarar verebilecek böcek, ot ve hastalık etkenlerine karşı ürünü korumak amacıyla kullanılan kimyasal maddeler veya mikroorganizmalardan oluşmaktadır (Çağlayan vd., 2023, s. 3). Tarımsal üretimde pestisit kullanımının emel amacı birim hektar başına mümkün olan en yüksek verimi elde etmek için ürünün yetiştirilmesi aşamasında zararlı organizmaların neden olduğu verim kaybını önlemektir. Bunun için de tüm dünyada farklı formülasyonlara sahip pek çok pestisit türü her yıl artan miktarda kullanılmaktadır (Tezer 2021, s. 2).

Pestisitler büyük oranda zehir içeren maddelerdir ve içeriğinde bir veya daha fazla yapıştırıcı, solvent ve emülgatör gibi maddeler bulunmaktadır (Çağlayan vd., 2023, s. 3). İçeriği gereği birer zehir olmalarından dolayı insan ve çevre sağlığını etkileyebilmektedirler. Bu bakımdan bitkiler üzerine doğrudan uygulanmamakta, bazı yardımcı maddelerle birlikte kullanılmaktadırlar. Pestisitler, aşırı, kontrolsüz, bilinçsiz ve denetimsiz kullanıldıklarında insan ve çevre sağlığını tehdit etmelerinden dolayı bu konuda bilgili ve bilinçli kişiler tarafından kontrollü bir şekilde, çevre ve insan sağlığına en az zararlı olanların tercih edilerek uygulanması gerekmektedir (Tezer 2021, s. 2).

Pestisitlerin birim alan başına ürün verimliliğini artırmaları yanında çevre ve insan sağlığına doğrudan ve dolaylı olarak zarar vermeleri, son yıllarda gelişmiş ülkelerde pestisit kullanımının denetim altına alınmasını ve bazı kimyasalların kullanımının yasaklanmasını veya kullanımına sınırlama getirilmesini gündeme getirmiştir. Ancak tarımsal üretimde pestisit kullanımının azaltılması konusunda henüz ilerleme sağlanamamıştır. Tablo 2’de küresel ölçekte en fazla tarımsal üretimi gerçekleştiren ilk altı ülkede satılan toplam tarımsal ilaç (pestisit) miktarları bulunmaktadır.

Tablo 2: Toplam Tarımsal İlaç Satışı (Ton)

Ülkeler	1995	2000	2005	2010	2015	2019
Çin	215.216	250.607	284.885	339.782	345.983	273.376
Hindistan	61.257	44.958	35.342	40.094	56.720	61.702
Brezilya	92.967	140.423	232.232	342.580	395.646	377.176
ABD	421.393	353.678	334.926	364.023	413.901	449.997
Endonezya*	1.597	1.597	1.597	1.597	1.597	1.597
Rusya	25.961	30.194	37.249	44.305	51.360	77.307

*OECD veri tabanında 1993 yılından itibaren tüm yıllar için aynı değer yer almaktadır.

Kaynak: OECD, 2023

Tablo 2'ye göre ele alınan dönemde söz konusu ülkelerde tarımsal üretimde kullanılan pestisit miktarı bakımından ABD ilk sırada yer almaktadır. 1995 yılında ABD'de 421.393 ton pestisit satışı gerçekleştirilirken bunu 215.216 ton ile Çin izlemiştir. Bu dönemde en düşük miktarda pestisit satışı 1.597 ton ile Endonezya'da gerçekleşmiştir. 1995 yılında ABD'de gerçekleştirilen pestisit satış miktarı söz konusu diğer beş ülkede satılan toplam pestisit satış miktarından %6 oranında daha fazladır. Dönem içerisinde tarımsal ilaç sektöründe ve ülkelerde uygulanan tarım tekniklerinde meydana gelen gelişmelerle birlikte kullanılan pestisit miktarları da değişiklikler göstermiştir. Ele alınan dönemlerde Rusya'da pestisit satışı sürekli artış göstermiş, Endonezya'da aynı kalmış, Çin ve Brezilya'da 2015 yılına kadar sürekli artarken 2015 yılından sonra düşmeye başlamıştır. Hindistan ve ABD'de ise 1995 yılından itibaren düşüş eğilimine girmiş, dönem içinde dalgalı bir seyir izleyerek tekrar yükselmeye başlamıştır. 2019 yılı itibarıyla en fazla pestisit satışı ABD'de gerçekleşirken (449.997 ton), onu Hindistan (377.176 ton) ve Çin (273.376 ton) izlemiştir. En düşük seviye ise Endonezya'ya aittir. Söz konusu ülkelerde 1995 yılında toplam 818.391 ton pestisit satışı gerçekleşirken 2019 yılında yaklaşık %52 oranında artış ile 1.240.885 ton pestisit satışı gerçekleşmiştir. Bu da önde gelen tarımsal üretim gerçekleştiren ülkelerin tarımsal verimi artırmak ve zararlılarla mücadelede etmek için pestisit kullanımından vazgeçemediklerine işaret etmektedir.

Tarımsal üretimde elde edilen verimlilik ve gelir artışı ülkelerin ekonomik büyümesine de olumlu yansımaktadır. Küresel ölçekte GSYİH'ye içerisinde yaklaşık %4,0-4,3 oranında (TBB, 2023, s. 7) bir paya sahip olan tarımsal gelir, ekonomisi tarıma dayalı ülkelerin ekonomik büyümesinde önemli yer tutmaktadır. Ekonomik büyüme genel olarak, bir ülkede belirli bir dönemde üretilen mal ve hizmet miktarlarında meydana gelen artış olarak tanımlanmaktadır. Temel hedefi toplumsal refahın ve gelişmişlik düzeyinin yükseltilmesi olan ekonomik büyüme, GSYİH değerindeki artış ile ölçülmektedir. Üretilen mal ve hizmetlerin üretildikleri yılın piyasa fiyatları üzerinden değeri nominal veya cari fiyatlarla GSYİH olarak ifade edilmektedir (Ünsal, 2013, s. 5). Toplumun yaşam standardının ve ülkelerin refah düzeylerinin en önemli belirleyicisi olan GSYİH, kendi içerisinde sektörel bazda ayrılabilir. Çok geniş bir alanı kapsayan tarımsal faaliyetler sonucu elde edilen gelir, tarımsal GSYİH'yi oluşturmada ve ekonomik büyümeye önemli katkılar sağlamaktadır. Sanayileşmiş ülkelerin geçmişi incelendiğinde sanayileşme öncesinde GSYİH bakımından tarım sektörünün ilk sırada yer aldığı, sanayileşme ile birlikte tarım sektörünün GSYİH içerisindeki payının düşmeye başladığı ve nihayetinde sanayileşmenin tamamlanması ile tarım sektörünün GSYİH içerisindeki payının hizmetler sektörü, sanayi ve imalat sektöründen sonra dördüncü sırayı aldığı görülmektedir. Tablo 3'de küresel ölçekte en fazla tarımsal üretimi gerçekleştiren ilk altı ülkenin cari ABD Doları cinsinden tarımsal GSYİH değerleri yer almaktadır.

Tablo 3: Tarımsal GSYİH (Milyar \$)

Ülkeler	1995	2000	2005	2010	2015	2019
Çin	144	178	266	568	928	1.020
Hindistan	88	101	145	285	340	475
Brezilya	39	31	42	91	78	79
ABD	115	118	150	155	188	179
Endonezya	35	26	38	105	116	142
Rusya	27	15	33	51	53	60

Kaynak: WB, WDI, 2024

Tablo 3'te yer alan ülkelerde tarımsal GSYİH bakımından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bu ülkeler dünyanın en büyük yüzölçümüne ve en fazla nüfusuna sahip ülkeleridir. Bu altı ülke küresel tarım üretiminin yaklaşık %60'ını gerçekleştirirken dünya nüfusunun da yaklaşık %48'ini barındırmaktadır (WB, WDI, 2024). Tablo 3'e göre tarımsal GSYİH bakımından 1995 yılında ilk sırada Çin (144 milyar \$),

ikinci sırada ise ABD (115 milyar \$) gelmektedir. Bu dönemde söz konusu ülkeler içerisinde tarımsal GSYİH bakımından en düşük değer ise Rusya'ya (27 milyar \$) aittir. Dönem içerisinde ülkelerin kullandığı tarım tekniklerindeki değişimler, verimi artırmak için kullandıkları farklı tarım kimyasalları ve zararlılarla mücadelede kullandıkları pestisitlerin etkisiyle her ülkede farklı oranlarda da olsa tarımsal GSYİH miktarları değişmiştir. Tarımsal GSYİH bakımından 1995'ten 2019'a (25 yılda) en büyük artış yaklaşık %608 ile Çin'de gerçekleşmiştir. Çin 2019 yılı itibarıyla diğer beş ülkenin elde ettiği tarımsal GSYİH toplamından yaklaşık %9 daha fazla miktarda (1.020 milyar \$) tarımsal GSYİH ile dünyanın en büyük tarımsal GSYİH'sine sahip ülkesi konumundadır. Söz konusu ülkeler içerisinde en düşük tarımsal GSYİH ise Rusya'ya aittir. Ele alınan dönemde genel olarak tüm ülkelerin tarımsal GSYİH miktarlarının arttığını ancak özellikle Çin, Hindistan ve Endonezya'daki artışın dikkat çekici olduğunu söylemek mümkündür.

Literatür incelemesi

Literatür incelendiğinde tarımsal üretim sürecinde tarımsal gübrelerin ve tarım ilaçlarının (pestisitlerin) kullanımı ve etkilerini araştıran pek çok çalışmanın olduğu görülmektedir. Bu çalışmaların büyük bölümü ise son dönemlerde yapılan çalışmalardan oluşmaktadır. Bu çalışmalar tarımsal verimi artırmak ve tarımsal ürünleri zararlılardan korumak amacıyla kullanılan gübre ve pestisitlerin aşırı ve bilinçsiz kullanımı sonucunda çevre ve insan sağlığına verdiği zararları araştırmak, bu girdilerin kullanılmasının gerekli olup olmadığını ortaya koymak amacıyla yapılan çalışmalardır. Günümüzde tarımsal üretim sürecinin vazgeçilmezleri arasında yer alan tarımsal gübrelerin ve pestisitlerin kullanımının ürün verimliliği ve tarımsal GSYİH'ye (ya da GSYİH)'ye olan etkilerinin araştırıldığı çalışmaların sayısı oldukça azdır. Çünkü tarımsal üretimde gübre kullanımı ve pestisitlerin verimi ve dolayısıyla geliri artıracığı inancı tamamen yerleşmiş ve çoğu zaman araştırılmaya gerek duyulmamıştır. Bu bölümde özellikle tarımsal üretimde verimliliği artırmak ve zararlılarla mücadele etmek amacıyla kullanılan gübre ve pestisitlerin verim artışına ve ekonomik büyümeye olan etkilerini araştıran ampirik çalışmalardan özetler sunulmaktadır.

Bayramoğlu (2010), Türkiye'de tarımsal verimliliği etkileyen faktörlerin analizini yapmıştır. Çalışma 1981-2008 dönemini kapsarken, çalışmada reel GSYİH, traktör sayısı, sağılan hayvan başına süt verimi ve kimyasal gübre kullanımı verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre ele alınan her üç değişken de verimlilik artışında etkilidir. Ancak gübre kullanımı diğer değişkenlere göre daha az etkilidir. Elde edilen sonuca göre Türkiye'de verimlilik artışında gübre kullanımı miktarı yetersiz bulunmaktadır.

Jönsson ve Radman (2012), gübre ve geliştirilmiş tohumların gelir üzerindeki etkilerini araştırmak için 2012 yılında Kenya'nın Kibugu ve Bondo bölgesinde toplam 37 çiftçi ile görüşerek iki aşamalı bir çalışma yapmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre, geliştirilmiş tohum kullanımı sonucu elde edilen verim, geliştirilmemiş tohum kullanımı sonucunda elde edilen verimi her zaman aşmamaktadır. Yine gübre kullanımı sonucunda elde edilen verimin, gübre kullanılmadan elde edilen verimi her zaman aşmadığı ve dolayısıyla gübre kullanmanın her zaman bir avantaj sağlamadığını göstermiştir. Yani gübre kullanımı her zaman tarımdan elde edilen geliri artırmamaktadır.

McArthur ve McCord (2017), 1965-2001 döneminde Asya, Afrika ve Amerika kıtasında gelişmekte olan 85 ülkede tarımda gübre kullanımının önemini panel veri yöntemini kullanarak incelemeye çalışmıştır. Gübre kullanımının yanında pek çok değişkenin yer aldığı çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Değişkenlere ilişkin veriler World Bank veri tabanından alınmış ve beşer yıllık ortalamalar halinde analize dahil edilmiştir. Analizlerden elde edilen bulgulara göre genel olarak tarımda gübre kullanımı verimi ve GSYİH'yi önemli oranda etkilemektedir. Bir ülkede tarımda kullanılan gübre tüketiminin artmasıyla meydana gelen tarımsal verimdeki yarım tonluk artış beş yıl sonra kişi başına GSYİH'yi %14-19 oranında artıracaktır.

Reddy ve Dutta (2018), yaptıkları çalışma ile 1980-1981'den 2015-2016'ya kadar olan dönem için Basit Bir Regresyon Analizi kullanarak Hindistan Ekonomisinde Tarımsal girdilerin Tarımsal GSYİH üzerindeki etkisini araştırmaya çalışmışlardır. Çalışmanın değişkenleri; tarımsal GSYİH, gübre kullanımı, net sulanan alan, tarım ilaçları, elektrik, yağış ve geliştirilmiş tohumların kullanımı olarak belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular, gübreler ve net sulanan alan gibi değişkenlerin (istatistiksel olarak anlamlı olmadığı) 1980-1981'den 2015-2016'ya kadar olan dönemde tarımsal GSYİH üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadıklarını ortaya koymaktadır. Ayrıca pestisit, elektrik, yağış ve tohum gibi değişkenlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve söz konusu veri döneminde bu değişkenlerin tarımsal GSYİH üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Martey vd. (2019), Gana'daki pirinç çiftçileri arasında mineral gübre kullanımının arazi verimliliği ve tarımsal gelir üzerindeki etkisini araştırmak için ampirik bir çalışma yapmışlardır. İçsel geçiş

regresyonu ve eğilim puanı eşleştirme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada, Kuzey Gana'daki çiftlik hane halklarına uygulanan anket verileri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular mineral gübre kullanımının arazi verimliliğini ve tarımsal geliri sırasıyla %55 ve %30 gibi önemli oranda artırdığını göstermiştir. Sonuçlar gübre kullanımının olumlu refah etkilerine işaret etmekle birlikte gübrelemenin zamanında yapılması gerektiğine vurgu yapmaktadır.

Hedlund vd. (2019), 106 ülkeyi kapsayan çalışmalarında 1990-2014 dönemi yıllık verilerini kullanarak pestisit kullanımı ve ekonomik kalkınma arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Analizler için sabit etkiler panel regresyon modellerinin kullanıldığı çalışmanın değişkenleri ise insektisit, herbisit, fungusit ve toplam pestisit kullanımı, tarımsal gelirin GSYİH içindeki oranı, tarımsal istihdam, ekilebilir arazi, gıda ihracatı, kişi başı GSYİH, toplam nüfus ve kentsel nüfus olarak belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular, ekonomik kalkınma ile pestisit tüketimi arasında yıllar itibarıyla pozitif bir ilişkinin olduğunu ve daha yüksek ekonomik kalkınma seviyelerinde pestisit kullanımında bir azalma olmadığını göstermektedir.

Cen vd. (2020), Ekim 2017'den-Ekim 2019'a kadar iki yıl boyunca Doğu Çin'in Shandong Eyaleti, Pingyi İlçesi, Jiang Jiazhuang Köyü'nde "gübre kullanımının verim ve ekonomik büyümeye etkisinin belirlenmesi" amacıyla bir saha çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, gübre kullanımı toprağın verimini ve ekonomik büyümeyi önemli ölçüde artırmaktadır. Yazarlar ayrıca, soya küspesi ve sığır gübresinin diğer gübrelere göre toprak veriminin artırılmasında ve ekonomik büyümede daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Ali vd. (2022), Sudan'da tarımsal verimlilik ve fakirlik arasındaki ilişkiyi 2009 Ulusal Temel Hanehalkı Araştırması ve 2014/15 Ulusal Hanehalkı Bütçe ve Yoksulluk Araştırması verilerini kullanarak araştırmışlardır. Sudan'da en çok yetiştirilen tarım ürünlerinden sorgum, darı, yerfıstığı ve nohut veriminin artırılmasında etkili olabilecek gübre ve pestisitler de dahil birçok faktör değişken olarak kullanılmıştır. Yapılan regresyon analizleri bazı ürünlerin verimlerinin gübre ve pestisit kullanımı ve sulama kullanımı ile pozitif ilişkili olduğunu göstermiştir. Söz konusu dört ürün için de gübre ve pestisit kullanımının verim (gelir) üzerinde evrensel bir etkisi görülmesi de sorgum ve darı için pozitif etkilerin olduğu gözlemlenmiştir.

Kutluay Şahin ve Şahin (2023), yaptıkları çalışma ile pestisitler, kimyasal gübreler ve tarım arazilerinin tarımsal GSYİH'ye etkisini araştırmışlardır. 2000-2020 dönemini ve 27 Avrupa ülkesini kapsayan çalışmada kullanılan değişkenlere ait yıllık istatistik veriler World Bank veri tabanından elde edilmiştir. Yapılan panel veri analizleri sonucunda; tarımsal arazi, gübre ve pestisitler ile ekonomik büyüme arasında istatistiksel bakımdan anlamlı bir ilişkinin olduğu, tarımsal arazi, kimyasal gübre ve pestisitlerin ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği, ancak tarımsal arazinin diğer değişkenlere göre ekonomik büyümeyi daha fazla etkilediği sonucu elde edilmiştir. Başka bir ifade ile tarım arazilerinin bir birim artması tarımsal GSYİH'yi 12 birim; gübre kullanımındaki bir birimlik artış tarımsal GSYİH'yi 3 birim; pestisit kullanımındaki bir birimlik artış tarımsal GSYİH'yi 0,26 birim artırmaktadır.

Zafeiriou vd. (2023), yaptıkları çalışmada 25 Avrupa Birliği ülkesinde (Belçika ve Lüksemburg hariç) pestisitlerin ekim alanı başına tarımsal kullanımı ile kırsal nüfusun kişi başına düşen GSYİH'si arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Panel ARDL ve panel NARDL testlerinin kullanıldığı çalışma 1990-2018 (eski demir perde ülkeleri için 1992-2018) dönemini kapsamaktadır. Çalışmadan elde edilen genel sonuç pestisit kullanımının (çevresel bozulmanın) tarımsal geliri artırdığı, gelir artışı sonrasında pestisit kullanımının azaldığı, ayrıca bu sonucun ülkelere göre farklılıklar gösterdiği yönündedir.

Tudor vd. (2023), 2010-2019 dönemi verilerini kullanarak 8 Avrupa ülkesi (Romanya, Almanya, İspanya, Fransa, İtalya, Macaristan, Polonya ve Birleşik Krallık) için tarımda pestisit ve kimyasal gübre kullanımının buğday verimine etkisini araştırmışlardır. Çoklu regresyon modelinin kullanıldığı çalışmada, yapılan analizler buğday üretiminin, kullanılan gübre ve koruma ürünlerinin (pestisitler) miktarından ve kullanılan teknolojiden etkilendiğini işaret etmektedir. Ele alınan ülkelerde genel olarak kimyasal gübre ve pestisit kullanımı buğday üretiminde verimi artırırken ülkeden ülkeye farklılıklarda bulunmaktadır.

Zhang vd. (2023), yaptıkları çalışma ile 1980-2020 dönemi verilerini kullanarak Çin'de 31 ilde gübre tüketimi, ekonomik büyüme ve ürün verimi artışı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, 1980'den bu yana, Çin'in tarım üretimi ve ekonomik gelişimi koordineli bir büyüme kaydetmiştir. Kimyasal gübre tüketimi ekonomik büyümeyi pozitif etkilerken zamanla gübre tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ayrıştırıcı ilişki zayıftan güçlüye doğru değişmiştir. Çin'in mahsul üretiminin kimyasal gübrelere olan bağımlılığı giderek azalmıştır. Genel olarak bakıldığında, 1980 ile 2020 yılları arasında Çin'in gübre tüketiminin GSYH ve mahsul veriminden ayrıştırılma durumu "bir istikrar, bir değişim ve üç dalgalanma" olarak özetlenebilmektedir.

Ampirik analiz

Veri seti ve model

Bu çalışmada, 2020 yılı itibarıyla küresel tarım üretiminin yaklaşık %60'ını gerçekleştiren ilk 6 ülke olan Çin, Hindistan, Brezilya, ABD, Endonezya ve Rusya'nın 1995-2019 dönemi yıllık verileri kullanılarak, tarım üretimde kullanılan tarımsal gübre ve ilaçlar (pestisit) ile tarımsal GSYİH arasındaki ilişki dinamik panel veri yöntemleriyle analiz edilmektedir. Tarımsal GSYİH ve verimliliği etkileyen pek çok etken (toprağın yapısı, sulama imkanları, tohum kalitesi, kullanılan tarım teknikleri, kullanılan teknoloji, gübreleme, ilaçlama, vb gibi) bulunmakla birlikte bu çalışmada sadece tarımda kullanılan ilaçların ve gübrenin etkileri incelenmeye çalışılmıştır. Diğer faktörlerin etkileri veri kabul edilmiştir. Çalışmada kullanılan verilere ait bilgiler Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4: Değişkenlere Ait Bilgiler

Değişken	Değişken Açıklaması	Dönemi	Kaynağı
Tarımsal GSYİH (LTY)	Toplam Tarımsal GSYİH (Yıllık- Milyar Cari ABD \$)	1995-2019	WB, WDI, 2024
Tarımsal Gübre Kullanımı (LGK)	Hektar Başına Gübre Kullanımı(Kg)	1995-2019	WB, WDI, 2024
Tarımsal İlaç (Pestisit) Satışı (LIS)	Toplam Tarımsal İlaç Satışı (Yıllık-Ton)	1995-2019	OECD, 2023

Çalışmanın değişkenlerine ilişkin veriler OECD ve WB istatistik veri tabanından elde edilmiştir. Çalışmanın tam logaritmik denklemlerinin kurulabilmesi için ekonometrik tahminler yapılmadan önce tüm değişkenlerin logaritması alınmıştır. Denklemden bağımlı değişken olarak yer alan tarımsal GSYİH (cari ABD \$) verisi LTY ile ifade edilirken; tarımsal gübre kullanımı (kg) LGK; tarımsal ilaç satışı (ton) LIS olarak ifade edilmektedir. Söz konusu değişkenlerle çalışmaya ilişkin kurulan tam logaritmik model Denklem (1)'de gösterilmektedir:

$$LTY_{it} = \alpha_i + \beta_{1i} LGK_{it} + \beta_{2i} LIS_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

($i = 1, \dots, 6$) ve ($t = 1995, \dots, 2019$)

Modellerde i ; kesit boyutunu ve t ; zaman boyutunu göstermektedir.

Yöntem

Bu çalışmada, 6 ülkeye ait veri setiyle dinamik panel ekonometrik tahminler yapılmaktadır. Panel veri analizi, t zamanlı ve k değişkenden oluşan bir veri setini, n tane yatay kesit (firma, sektör, ülke) için oluşturmaya, böylece grup ve zaman etkilerini görebilmeye imkan sağlayan bir ekonometrik analizdir.

Tarımsal gübre kullanımı ve tarımsal ilaç (pestisit) satışının tarımsal gelir üzerinde oluşturduğu etkiyi analiz edebilmek için bu çalışmada ikinci nesil eşbütünleşme testlerinden olan ve Westerlund & Edgerton (2007) tarafından ileri sürülen LM eşbütünleşme testinden yararlanılmaktadır. Ancak eşbütünleşme ilişkisini incelemeye önce bazı ön testlerin uygulanması gerekmektedir. Bu ön testlerden biri, yatay kesit bağımlılığının varlığının araştırılmasıdır. Değişkenlerde ve modelde kesitler arası bağımlılığın tespiti için Breusch ve Pagan (1980) LM (Lagrange Multiplier) testi, CD (Cross Section Dependency) testi ve CD_{LM} testi (Pesaran (2004)) ile Pesaran vd. (2008) tarafından geliştirilen LM_{adj} (Bias-Adjusted Cross Sectionally Dependence Lagrange Multiplier) testleri kullanılmaktadır. Ampirik bulgulara göre, ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının olmadığı tespit edilmesi, paneli oluşturan ülkelerden birinde meydana gelen makroekonomik bir şokun panelin diğer üyelerini etkilemediğini göstermektedir. Bu durumda modele birinci nesil panel birim kök testlerinin uygulanması gerekmektedir. Ancak, kesitler arası bağımlılığının olduğu tespit edilirse bu durumda da modele ikinci nesil panel birim kök testlerinin uygulanması gerekmektedir (Baltağı, 2008, s. 284; Nazlıoğlu, 2010, s. 142). Analizlerde yatay kesit bağımlılığının tespit edilmesi durumunda, bu sonucun göz önünde bulundurulması elde edilen analiz sonuçlarını önemli ölçüde etkilemektedir (Breusch ve Pagan, 1980; Örnek ve Türkmen, 2019, s. 120).

Yapılan analizlerden elde edilen bulgular, güncel ikinci nesil panel birim kök testlerinden biri olan Reese & Westerlund (2016) tarafından ileri sürülen PANICCA testinin uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Kesitler arası bağımlılığın tespiti durumunda kullanılabilen ve ortak faktör modellemesine dayanan PANICCA testi, değişkenlerin seviye değerlerinde birim kök sürece sahip olup olmadıklarını tahmin etmekte, farklarında durağan olup olmadıklarına yönelik bir bilgiye yer vermemektedir.

Yapılması gereken diğer bir ön test ise eğim katsayılarının homojenliğinin araştırılmasına yöneliktir. Eğim katsayılarının homojen veya heterojen olması uygulanacak eşbütünleşme testi için yol gösterici olacaktır. Yapılan test sonucunda, eğim katsayılarının heterojen olduğu tespit edilirse, heterojeniteyi dikkate alan eş bütünleşme analizlerinin yapılması gerekmektedir. Modelde eşbütünleşme

denkleminin eğim katsayılarının homojen olup olmadığı; Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Eğim Homojenliği Testi (Slope Homogeneity Test - Δ testi) ile araştırılmaktadır. Büyük örneklem için yapılan analizlerde "Delta testi" dikkate alınırken, küçük örneklem için yapılan analizlerde "Delta_{adj} testi" dikkate alınmaktadır. Homojenite testi ile ülkelerin birinde meydana gelen değişimin diğer ülkeleri aynı düzeyde etkileyip etkilemediği araştırılmaktadır.

Değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisinin olup olmadığı ise yatay kesit bağımlılığının olduğu ve olmadığı durumlarda kullanılabilen Westerlund & Edgerton (2007)'in geliştirdiği LM eş bütünleşme testi ile analiz edilmektedir. LM eş bütünleşme testinin sıfır hipotezi "Eş bütünleşme ilişkisi vardır" varsayımına dayalı olup; test McCoskey ve Kao (1998)'nin Lagrange çarpanı (Lagrange Multiplier) testini temel almaktadır. Söz konusu test kesitler arasında korelasyona izin vermek için bootstrap özelliğini kullanmaktadır (Özcan ve Arı, 2014, s. 47). Eşbütünleşme katsayıları, kesitler arası bağımlılığı dikkate alan, katsayılar da heterojenite tespit edildiği durumlarda da kullanılabilen Eberhardt ve Bond (2009) tarafından geliştirilen Augmented Mean Group Estimator (AMG- Arttırılmış Ortalama Grup Tahmincisi) yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir (Ağır ve Türkmen, 2020, s. 846).

Ampirik bulgular

Bu bölümde uygulanan ekonometrik testlerin sonuçları yer almaktadır. Eşbütünleşme analizlerinden önce yapılması gereken ön testlerden biri yatay kesit bağımlılığını belirleyen testlerdir. Bu test, serilerin birim kök içerip içermediğine, sınamanın birinci nesil mi yoksa ikinci nesil testlerle mi doğru olacağına karar vermeye ve eşbütünleşme testinde sınamanın yine birinci nesil mi yoksa ikinci nesil testlerle mi doğru olacağına karar vermede yardımcı olmaktadır. Tablo 5'te yatay kesit bağımlılığı ile ilgili test sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 5: Yatay Kesit Bağımlılığı İle İlgili Test Sonuçları

Değişkenler	LTY		LGK		LIS	
	İst. Değeri	Olasılık Değeri	İst. Değeri	Olasılık Değeri	İst. Değeri	Olasılık Değeri
CD _{lm1} (BP,1980)	26,393**	0,034	33,449***	0,004	46,741***	0,000
CD _{lm2} (Pesaran, 2004)	2,080**	0,019	3,368***	0,000	3,245***	0,000
CD _{lm3} (Pesaran, 2004)	-3,138**	0,001	-2,656***	0,004	2,744**	0,019
LM _{adj} (PUY, 2008)	6,362***	0,000	3,388***	0,000	5,457***	0,000
Eşbütünleşme Denklemi						
	İstatistik Değeri			Olasılık Değeri		
CD _{lm1} (BP, 1980)	19,708			0,183		
CD _{lm2} (Pesaran, 2004)	0,860			0,195		
CD _{lm3} (Pesaran, 2004)	6,251***			0,000		
LM _{adj} (PUY, 2008)	36,354***			0,000		

Not: "****" işareti %1 ve "***" işareti %5 ve "**" işareti %10 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 5'de yer alan bulgular değişkenlerde ve eşbütünleşme denkleminde kesitlerarası bağımlılığın olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, Reese & Westerlund (2016) tarafından geliştirilen ikinci nesil panel birim kök testlerinden PANICCA panel birim kök testinin uygulanabileceğini göstermektedir. Tablo 6'da bağımlı ve bağımsız değişkenlerin PANICCA birim kök testi sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 6: PANICCA Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Birim Kök Testi	LTY			LGK		LIS	
	<i>Seviye</i>						
		Sabitli	Sabit ve Trendli	Sabitli	Sabit ve Trendli	Sabitli	Sabit ve Trendli
PANICCA	Pa	1,266 (0,897)	2,524 (0,999)	-1,512 (0,065)	0,209 (0,247)	2,458 (0,744)	1,663 (0,736)
	Pb	1,825 (0,966)	4,145 (1,000)	1,448 (0,174)	0,352 (0,487)	2,778 (1,000)	1,332 (0,747)
	PMSB	2,757 (0,997)	7,145 (1,000)	-0,135 (0,446)	0,692 (0,669)	4,968 (1,000)	2,265 (1,000)

Tablo 6'da yer alan PANICCA panel birim kök testi sonuçlarında değişkenlerin birim kök sürecine sahip olduğu varsayımı üzerine kurulu sıfır hipotezi reddedilememiş; hem bağımlı hem de bağımsız

değişkenlerin seviyede birim kök içerdiği bulgusu tespit edilmiştir. Bu durum, eşbütünleşme testinin yapılmasına imkân sağlarken, öncelikle kurulan modelin eşbütünleşme katsayılarının homojenliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu da Eğitim Homojenliği Testi (Delta- Δ testi) (Pesaran ve Yamagata, 2008) ile araştırılmaktadır. Tablo 7’de eğitim homojenliği testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 7: Eğitim Homojenliği Testi Sonuçları

Testler	Test İst.	Olasılık Değeri
Delta Tilde	11,245 *	0,000
Delta Tilde _{adj}	11,988 *	0,000

Not: “*” %1 anlamlılık seviyesini ifade etmektedir.

Tablo 7’deki bulgulara göre, Delta testlerinde modelin homojen olduğu üzerine kurulu H_0 hipotezi %1 anlamlılık düzeyinde reddedilerek tarım üretiminde öncü 6 ülke için kurulan modelin eşbütünleşme katsayılarının heterojen olduğuna karar verilmiştir. Bu durum, gübre kullanımı ve tarımsal ilaç satışının tarımsal gelir üzerinde oluşturduğu etkinin ülkelere göre farklılaştığını göstermektedir.

Modele dahil edilen tüm değişkenlerin seviyede birim kök içermesi, yatay kesit bağımlılığını ve heterojeniteyi dikkate alan Westerlund & Edgerton (2007) panel eşbütünleşme testinin uygulanabileceğini göstermektedir (Türkmen vd. 2019, s. 97). Tablo 8’de uygulanan eşbütünleşme testi sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 8: Eşbütünleşme Testi Sonuçları

	LM İst.	Asimtotik p-değeri	Bootstrap p-değeri
LM _N ⁺	6,750	0,000	0,744

Not: Bootstrap olasılık değerleri 1000 tekrarlı dağılımdan elde edilmiştir. Gecikme ve öncül 1 olarak alınmıştır. Sabitli model kullanılmıştır.

Değişkenlerde yatay kesit bağımlılığı tespit edildiğinden bootstrap kritik değerleri dikkate alınmakta ve eşbütünleşme ilişkisinin varlığı üzerine kurulu H_0 hipotezi %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde reddedilememektedir. Dolayısıyla, tarımsal üretimin öncüsü 6 ülke için yapılan eşbütünleşme testinde değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Eşbütünleşme ilişkisinin var olması, eşbütünleşme katsayılarının tespitine imkân tanımaktadır (Tıraş ve Özbek, 2021, s. 425). Bunun için panel geneli ve ülke bazında, uzun dönem eşbütünleşme parametreleri, Eberhardt ve Bond (2009) tarafından önerilen, yatay kesit bağımlılığı ve heterojenliği dikkate alan AMG yöntemi kullanılarak tahminler yapılmıştır. Tablo 9’da uzun dönem katsayılar için yapılan tahmin sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 9: Eşbütünleşme Katsayıları Tahmini (AMG)

	β_1			β_2		
	Katsayı	Std. Hata	p-değeri	Katsayı	Std. Hata	p-değeri
AMG	0,401*	0,238	0,093	-0,158	0,117	0,178
Ülke Sonuçları						
Çin	1,088*	0,607	0,073	-0,308	0,423	0,466
Hindistan	1,040***	0,208	0,000	0,249***	0,057	0,000
Brezilya	-0,303*	0,174	0,082	-0,151	0,160	0,345
ABD	0,509*	0,290	0,080	-0,134	0,159	0,399
Endonezya	-0,130	0,250	0,602	1,265***	0,729	0,000
Rusya	0,203	0,346	0,557	-0,603***	0,221	0,006

Not: “***” işareti %1, “**” işareti %5 ve “*” işareti %10 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Küresel tarım üretiminde önde gelen 6 ülkeye ait 1995-2019 dönemi verileri için uygulanan eşbütünleşme parametreleri incelendiğinde, panel genelinde gübre kullanımı değişkeninin uzun dönem katsayısının istatistiki bakımdan anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, bu ülkelerde gübre kullanımında %1’lik bir artışın tarımsal geliri yaklaşık %0,4 arttırdığı bulgusu elde edilmiştir. Bu sonuç, gübre kullanımının GSYİH üzerine etkisini araştıran Bayramoğlu (2010), McArthur ve McCord (2017), Matthey vd. (2019), Cen vd. (2020), Kutluay Şahin ve Şahin (2023) ve Zhang vd. (2023)’in çalışmalarından elde ettikleri tarımsal üretimde gübre kullanımının GSYİH’yi pozitif etkilediği sonucunu desteklemektedir.

Diğer taraftan, tarımsal ilaç satışı değişkeninin uzun dönem katsayısının ise istatistiki bakımdan anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç ise Reddy ve Dutta (2018), Hedlund vd. (2019) ve Kutluay Şahin ve Şahin (2023)'in çalışmalarından elde ettikleri tarımsal üretimde pestisit kullanımının ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği sonucunu desteklememektedir. Ancak, Zafeiriou vd. (2023)'nin çalışmalarında elde ettikleri pestisit kullanımının tarımsal geliri her ülkede farklı etkilediği sonucu ile paralellik arz etmektedir.

Sonuçlar ülke bazında değerlendirildiğinde, Çin, Hindistan ve ABD'de gübre kullanımında %1'lik bir artışın tarımsal geliri bu ülkelerde sırasıyla %1,08; %1,04 ve %0,5 arttırdığı; Brezilya'da ise %0,3 azalttığı bulgusu elde edilmiştir. Endonezya ve Rusya'da ise gübre kullanımı değişkeninin istatistiksel olarak anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, Hindistan ve Endonezya'da tarımsal ilaç satışında meydana gelen %1'lik bir artışın tarımsal geliri bu ülkelerde sırasıyla %0,2 ve %1,2 arttırdığı; Rusya'da ise %0,6 azalttığı bulgusu elde edilmiştir. Çin, Brezilya ve ABD'de ise tarımsal ilaç satışı değişkeninin uzun dönem katsayısının istatistiksel olarak anlamsız olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç ve öneriler

Bu çalışma ile 2020 yılı itibarıyla küresel ölçekte en fazla tarımsal üretimi gerçekleştiren ilk altı ülkenin 1995-2019 dönemi verileri kullanılarak tarımsal üretimde gübre ve ilaç kullanımının tarımsal GSYİH'ye etkisi panel ekonometrik yöntemlerle araştırılmıştır. Bu altı ülke dünya nüfusunun yaklaşık %48'ini barındırmakta, küresel tarım üretiminin yaklaşık %60'ını gerçekleştirmekte, tarımda en fazla gübre ve pestisiti bu ülkeler kullanmaktadırlar. Söz konusu altı ülkeye ait panel verileri ile yapılan tahminlere göre panel genelinde; değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu, gübre kullanımı değişkeninin uzun dönem katsayısının istatistiki bakımdan anlamlı olduğu, söz konusu ülkelerde gübre kullanımında %1'lik bir artışın tarımsal GSYİH'yi yaklaşık %0,4 arttırdığı bulgusu elde edilmiştir. Diğer taraftan, tarımsal ilaç satışı değişkeninin uzun dönem katsayısının istatistiki bakımdan anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar ülke bazlı değerlendirildiğinde her iki değişken için yapılan tahminler ülkelere göre farklılıklar göstermektedir. Bu sonuçlara göre, tarımsal üretimde özellikle gübre kullanımının verim ve kaliteyi pozitif etkilediği, bunun da tarımsal GSYİH'yi artırdığı söylenebilir. Ayrıca, tarımsal üretimde gübre ve pestisit kullanımının artarak devam ettiği ve yakın gelecekte de vazgeçilemeyeceği anlaşılmaktadır. Bu bakımdan elde edilen sonuçlara göre tarımsal verim ve kalite artışı için vazgeçilemeyen gübre ve pestisitler kullanılırken; uygun şartlarda, yeterli miktarda, kontrollü ve bilinçli bir şekilde, insan ve çevre sağlığını en az etkileyenlerin tercih edilerek kullanılması daha faydalı olabilir. Tarımsal açıdan ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğin önemine binaen doğru tarım uygulamalarının etkinliğinin artırılması için yapısal düzenlemelerin yapılması ve eğitimlerin verilmesi, zararlılarla mücadelede teşvik ve sübvansiyonların iyileştirilerek desteklenmesi, gübre ve pestisit kullanımında en az zararlı olanların teşvik edilmesi, gübre ve pestisit kullanımının belli sınırlar içinde olması ve bunun kontrolünün sağlanması için yasal mevzuatın oluşturulması hem insan ve çevre sağlığı hem de ekonomik sürdürülebilirlik açısından faydalı olacaktır. Bu çalışma ile günümüzde tarımsal üretimi en fazla etkilediği düşünülen iki değişkenin etkileri araştırılmaya çalışılmıştır. Bu alanda çalışma yapmak isteyen araştırmacıların kullanılan değişkenleri artırarak (tarımda kullanılan yeni teknolojiler, geliştirilen yeni yöntemler, kullanılan tohumlar gibi) ve farklı yöntemler kullanarak analiz etmeleri farklı ve daha faydalı sonuçlar elde edebilmelerine imkân sağlayabilir.

Hakem Değerlendirmesi / Peer-review:

Dış bağımsız

Externally peer-reviewed

Çıkar Çatışması / Conflict of interests:

Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

The author has no conflict of interest to declare.

Finansal Destek / Grant Support:

Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

The author declared that this study has received no financial support.

Etik Kurul Onayı / Ethics Committee Approval: Çalışmanın verileri açık eşime sahip OECD ve WB veri tabanından elde edildiğinden etik kurul onayına gerek yoktur.

Kaynakça /References

- Ağır, H. & Türkmen, S. (2020). Ekonomik büyümeye etkisi bakımından doğal kaynaklar: dinamik panel veri analizi. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 19(3), 840-852.
- Ali, H., Etang, A., Fuje, H. & Touray, S. (2022). Agricultural productivity and poverty in Rural Sudan. Policy research working paper, 10247, World Bank Group.
- Ayyıldız, M. (2022). Türkiye’de kimyasal pestisit kullanımının ekonomi ve çevre yönüyle değerlendirilmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2), 267-274.
- Baltagi, B. H. (2008). *Econometric analysis of panel data*. John Wiley&Sons.
- Bayramoğlu, Z. (2010). Tarımsal verimlilik ve önemi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24 (3), 52-61.
- Bilge, B. & Artukoğlu, M. M. (2019). Türkiye'de son yıllarda gübrede uygulanan politikalara genel bir bakış. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 25(2), 275-281.
- Breusch, T. S. & 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.
- Cen, Y., Guo, L., Liu, M., Gu, X., Li, C. & Jiang, G. (2020). Using organic fertilizers to increase crop yield, economic growth, and soil quality in temperate farmland. *Peer Journal* 8: e9668 <https://doi.org/10.7717/peerj.9668>
- Cüre, B. (2022). Kimyasal ve organik gübrelerin çevre üzerine etkisi. *Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 3(2), 98-107.
- Çağlayan, Ç., Yavuz, M. & 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. & Bond, S. (2009). Cross-section dependence in nonstationary panel models: a novel estimator.
- Ghimire, N. & Woodward, R.T. (2013). Under-and over-use of pesticides: an international analysis. *Ecological Economics*, 89, 73-81.
- Hedlund, J., Longo, S. B. & York, R. (2019). Agriculture, pesticide use and economic development: a global examination (1990-2014). *Rural Sociology*, 85 (2), 519-544. <https://doi.org/10.1111/ruso.12303>
- Jönsson, T. & Radman, M. (2012). Economic impact of fertilizers and improved seeds among smallholder farming systems in Central and Western Kenya. Degree Project/SLU, Department of Economics, No: 752. https://stud.epsilon.slu.se/4941/7/jonsson_et_al_121009.pdf
- Kashem, M. A. & Singh, B. R. (2002). The effect of fertilizer additions on the solubility and plant-availability of Cd, Ni and Zn in soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 62, 287-296.
- Katip, A. (2020). Kimyasal gübre tüketiminin değerlendirilmesi: Bursa ili örneği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(3), 1271-1286.
- Kutluay Şahin, D. & Şahin, L. (2023). Economic value of using chemicals in agriculture: the case of European countries. *Hacettepe University Journal of Economics and Administrative Sciences*, 41 (Agriculture Special Issue), 98-110.
- Konyalı, S. (2016). Türkiye'de gübre üretimi ve uygulanan politikalar. 12. Tarım Ekonomisi Kongresi, Cilt: 3, 2041-2048.
- Martey, E., Kuwornu, J. K. M. & Adjebeng-Danquah, J. (2019). Estimating the effect of mineral fertilizer use on land productivity and income: evidence from Ghana. *Land Use Policy*, 85, 463-475. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.04.027>
- McArthur, J. W. & McCord, G. C. (2017). Fertilizing growth: agricultural inputs and their effects in economic development. *Journal of Development Economics*, 127, 133-152. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2017.02.007>
- McCoskey, S. & Kao, C. (1998). A residual-based test of the null of cointegration in panel data. *Econometric Reviews*, 17(1), 57-84.

- 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.
- OECD. 2023. Environmental performance of agriculture - indicators. https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=AEI_OTHER&lang=en Erişim Tarihi: 13.12.2023.
- Örnek, İ. & Türkmen, S. (2019). Gelişmiş ve yükselen piyasa ekonomilerinde çevresel kuznets eğrisi hipotezi'nin analizi. *Journal Of The Cukurova University Institute of Social Sciences*, 28(3), 109-129.
- Özcan, B. & Arı, A. (2014). Araştırma-geliştirme harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: panel veri analizi. *Maliye Dergisi*, 166, 39-55.
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross-section dependence in panels. Cambridge: University of Cambridge Working Paper. Discussion Paper no: 1240.
- Pesaran, M. H. & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142, 50-93.
- Pesaran, M. H., Ullah, A. & Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *Econometrics Journal*, 11, 105-127.
- Reddy, T. & Dutta, M. (2018). Impact of agricultural inputs on agricultural GDP in the Indian economy. *Theoretical Economics Letters*, 8(10), 1840-1853. doi: 10.4236/tel.2018.810121.
- Reese, S. & Westerlund, J. (2016). Panicca: panic on cross-section averages. *Journal of Applied Econometrics*, 31(6), 961-981.
- Söyler, O. (2020). Türkiye'de tarımsal üretimde kimyasal gübre kullanımı ile ilgili problemler ve çözüm yolları üzerine bir araştırma. 5. Uluslararası uygulamalı bilimler kongresi tam metin kitabı, Sayfa: 12-23, Anadolu Kongreleri, 26-27 Aralık 2020, Diyarbakır.
- Şahin, G. (2016). Türkiye'de gübre kullanım durumu ve gübreleme konusunda yaşanan problemler. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 22(1), 19-32.
- TAGEM. (2018). Gübre sektör politika belgesi 2018-2022. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- 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.
- Tıraş, H. H. & Özbek, S. (2021). E-7 Ülkelerinde sosyo-demografik faktörlerin sağlık harcamalarına etkisinin ekonometrik analizi. *Erciyes Akademi*, 35(2), 410-431.
- Tiryaki, O., Canhilal, R. ve Horuz, S. (2010). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 154-169.
- Tudor, V. C., Stoicea, P., Chiurciu, I-A., Soare, E., Iorga, A. M., Dinu, T. A., David, L., Micu, M. M., Smedescu, D. I. & Dumitru, E. A. (2023). The use of fertilizers and pesticides in wheat production in the main European countries. *Sustainability*, 15(4), 3038. <https://doi.org/10.3390/su15043038>
- Türkmen, S., Ağır, H. & Günay E. (2019). Seçilmiş OECD ülkelerinde ar-ge ve ekonomik büyüme: panel eşbütünleşme yaklaşımından yeni kanıtlar. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 14(2), 89-101.
- Ünsal, E. M. (2013). Makro İktisat, Genişletilmiş onuncu baskı, İmaj Yayıncılık, Ankara.
- WB (World Bank), (2024). World Development Indicators (WDI). DataBank, <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, Erişim Tarihi: 05.01.2024.
- Westerlund, J. ve Edgerton, D. L. (2007). A panel bootstrap cointegration test. *Economics Letters*, 97, 185-190.
- Zafeiriou, E., Karelakis, H., Martínez-Zarzoso, I., Galanopoulos, K. & Gkika, D. (2023). Economic development and pesticide use in EU agriculture: a nonlinear panel data autoregressive distributed lag approach. *Agriculture*, 13(9), 1693. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091693>

Zhang, Y., Fan, X., Mao, Y., Wei, Y., Xu, J. & Wu, L. (2023). The coupling relationship and driving factors of fertilizer consumption, economic development and crop yield in China. *Sustainability*, 15(10), 7851, <https://doi.org/10.3390/su15107851>