



## İklim Değişikliğinin Türkiye’de Tarımsal Üretime Etkisi

İsmail Cem ÖZKURT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kafkas Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Merkez KARS.

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-0871-9215>

✉: icozkurt@kafkas.edu.tr

### ÖZET

Tarım sektörü insanlık tarihi kadar eski bir geçmişe sahiptir. Hayatın devamı için yeme-içme faaliyetlerinin yapılması zorunluluğu bu sektöre stratejik bir önem kazandırmaktadır. İklim değişikliği ise sanayi devriminin bir sonucu olarak başta sera gazı emisyonlarının sebep olduğu olumsuzluklar olmak üzere tüm Dünya’yı etkileyen bir durumdur. Sanayi devrimi ile birlikte tarımsal üretimin ekonomi içindeki payı azalsa da yakın zamanda gerçekleşen Covid-19 pandemi dönemi tarımsal üretim ve arzının göz ardı edilemeyecek kadar önemli olduğunu bir kez daha göstermiştir. Tarımsal üretimin sahip olduğu bu önem aynı zamanda iklim değişikliklerinin tarımsal üretimi ne kadar ve nasıl etkilediği sorusunu ortaya çıkarmıştır. İklim değişikliği göstergelerinin olumsuz etkilerinin hemen ortadan kalkmayacağı gerçeği hem sorunların hem de çözüm yollarının tespitini önemli hale getirmektedir. Çalışmanın amacı, Türkiye’de tarımsal üretim miktarının iklim değişikliklerinin göstergesi olarak kabul edilen değişkenlerden nasıl ve ne yönde etkilendiğini ortaya koymaktır. Bu amaçla birim kök testlerinden sonra Varyans Ayrıştırması, Etki-Tepki Fonksiyonu ve Toda Yamamoto Nedensellik Analizi yapılmıştır. Çalışma sonuçları, Türkiye’de tarımsal üretim ile sera gazı emisyonu arasında bir nedensellik ilişkisinin yanı sıra kuraklık, ortalama sıcaklık ve yağış değişkenleri ile sera gazı emisyonu arasında da nedensellik ilişkisi olduğunu, yani sera gazı emisyonunun doğrudan ve dolaylı olarak iklim değişikliğinin nedeni olduğunu göstermektedir. Buna göre öncelikli olarak sera gazı emisyonlarını kontrol altına alacak çalışmalara ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir.

### Tarım Ekonomisi

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 22.11.2023

Kabul Tarihi : 16.04.2024

### Anahtar Kelimeler

İklim Değişikliği

Varyans Ayrıştırması

Nedensellik Analizi.

## Impact of Climate Change on Agricultural Production in Türkiye

### ABSTRACT

The agriculture sector has a history as old as human history. The necessity of eating and drinking activities for the continuation of life gives this sector strategic importance. Climate change is a situation that affects the whole world, especially the negativities caused by greenhouse gas emissions as a result of the industrial revolution. Although the share of agricultural production in the economy decreased with the industrial revolution, the recent COVID-19 pandemic period has once again shown that agricultural production and supply are too important to be ignored. This importance of agricultural production has also raised the question of how much and how climate changes affect agricultural production. The fact that the negative effects of climate change indicators will not disappear immediately makes it important to identify both problems and solutions. The aim of the study is to reveal how and in what direction the amount of Türkiye’s agricultural production is affected by the variables accepted as indicators of climate change. For this purpose, Variance Decomposition, Impulse-Response Function, and Toda-Yamamoto Causality Analysis were performed after unit root tests. According to the results obtained, there is a causality relationship between agricultural production and greenhouse gas emissions in Türkiye, while there is a causality relationship between drought, change in average temperatures, and change in precipitation variables and greenhouse gas emissions

### Agricultural Economy

### Research Article

### Article History

Received : 22.11.2023

Accepted : 16.04.2024

### Keywords

Climate Change

Variance Decomposition

Causality Analysis

variables. In light of the finding that greenhouse gas emissions are directly and indirectly the cause of climate change in Türkiye, studies to control greenhouse gas emissions should be urgently implemented.

**Atıf İçin :** Özkurt, İ. C.(2024). İklim Değişikliğinin Türkiye’de Tarımsal Üretime Etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 27*(Ek Sayı 1), 263-275. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1394627>

**To Cite:** Özkurt, İ. C. (2024). Impact of Climate Change on Agricultural Production in Türkiye. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 27*(Suppl 1), 263-275. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1394627>.

## GİRİŞ

İklim değişikliği Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nde, bir zaman periyodu içinde görülen doğal iklim değişikliklerine ilave olarak küresel atmosferik yapıyı doğrudan ya da dolaylı olarak bozan insan faktörünün iklimlerde sebep olduğu değişiklikler olarak tanımlanmıştır (Anonymous, 2014). Bir diğer tanımlamaya göre ise iklim değişikliği, iklimin ortalama durumunda ya da onun değişkenliğinde onlarca ya da daha uzun yıllar boyunca süren istatistiksel olarak anlamlı değişimlerdir (Türkeş, 2008).

İklim değişiklikleri çok değişik sebeplerden dolayı ortaya çıkmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin temel kaynakları, insan kaynaklı sera gazı salınımı, fosil yakıt kullanımı, sanayi, ulaştırma, arazi kullanımında meydana gelen değişimler, katı atık yönetimi ve tarımsal nedenlerdir (Çakmak & Gökalp, 2011). Tarımsal üretimin bizzat kendisinden kaynaklanan sebepler de iklim değişikliğine yol açmaktadır. Bu sebepler arasında, gübreleme, ilaçlama, tarımsal üretim ile arz esnasında fosil yakıt kullanımı ve yetiştirilen hayvanların ürettikleri gübreler sayılabilir (Bayraç & Doğan, 2016).

İklim değişikliklerinin etkilerini değerlendirebilmek amacıyla mahsul modelleri kullanılmaktadır. Bu modellerden birincisi sürece dayalı ürün modelidir. Bu model, belirli ürünlerin davranışlarını yakından gösterme avantajına sahiptir. Olumsuz yönü ise çok fazla veri gerektirmesi ve kalibrasyon için özel verilere ihtiyaç duyulmasıdır. Diğer iki model ise, düz istatistiksel ilişkiler ve hedonik modellerdir. İki yöntem de sürece dayalı modelleri tamamlayan güçlü yönleri sahiptirler. Daha az zorlayıcı verilere ihtiyaç duyulması bu modellerin **avantajı** olarak ifade edilebilir. Özellikle hedonik yöntem gerçek koşulların değerlendirilmesinde ön plana çıkmaktadır. Bu modeller, dar bir coğrafi alanda belirli bir ürün çerçevesinde daha kolay uygulanabilmektedir (Robertson ve ark. 2013).

İklim değişikliklerine bağlı olarak tarımsal üretiminin azalması ekonomi üzerinde çeşitli yönlerden olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Bu olumsuz etkilerin başında mevsimsel değişimler nedeniyle tarımsal üretimde dalgalanmaların artmasına bağlı olarak belirsizliğin artması gelmektedir. Üretim miktarındaki belirsizlikler ürün fiyatlarında oynaklıkların artmasına neden olabilmektedir. Nitekim Busnita ve ark. (2017), çalışmalarında

Endonezya’da pirinç fiyatlarında meydana gelen oynaklıkta iklim değişikliğinin rolünü incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, sıcaklıklarda meydana gelen değişimlerin kısa ve uzun vadede pirinç üretimini olumsuz etkilediği ancak pirinç fiyatlarındaki dalgalanmayı olumlu etkilediği tespit edilmiştir. Takle ve ark. (2013), konuya gıda arz ve talebi açısından yaklaşmışlardır. Çalışmada, iklim değişikliklerinin bu şekilde devam etmesi halinde 2050 yılından sonra küresel gıda arzının talebi karşılayamayacağını ortaya koymuşlardır. Hasegawa ve ark. (2015), çalışmalarında iklim değişikliğinin önemli bir göstergesi olan sıcaklık değişimleri üzerinde durmuşlar, değişimin 2°C’de sınırlı tutulması durumunda iklim değişikliklerinin olumsuz etkilerinin sınırlandırılabilirliğini savunmuşlardır. Ancak, azaltım maliyetlerinin yüksek olmasının düşük gelirli ülkelerde büyük olumsuzluklara neden olabileceğini ve gıda tüketimindeki değişimin daha çok gelirdeki değişime bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Nsabimana & Habimana (2017), bir diğer önemli değişken olan yağış miktarındaki değişimlerin Ruanda’da gıda ürünleri fiyatlarına etkisini incelemişlerdir. Gıda fiyatlarının, yağış miktarında meydana gelecek şoklara karşı aşırı kırılgan olduğunu ortaya koymuşlardır.

İklim değişikliğine bağlı olarak tarımsal üretimin azalması diğer makroekonomik değişkenleri de etkilemektedir. Üretimin azalmasına ve belirsizliğin artmasına bağlı olarak fiyat artışlarının yaşanması enflasyona yol açmaktadır. Bunun yanı sıra üretim açığının ithalat yoluyla kapatılması durumunda cari açığın artması söz konusu olacaktır. Tarım sektörü büyük oranda emek gücüne bağlıdır. Bu durumda tarımsal üretimin azalmasına bağlı olarak sektörde meydana gelecek küçülme işsizliğin artmasına neden olmaktadır. İklim değişikliğinin tarımsal üretimi olumsuz etkilemesi sonucu zarar eden üreticilerin ya da aşırı hava olayları nedeniyle mahsulleri zarar gören üreticilerin bu zararları devlet tarafından karşılanmak zorunda kalınacağından bütçe dengesi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır.

Diğer yandan iklim değişikliğine neden olan faktörlerin bazı olumlu katkıları da bulunmaktadır. Karbondioksit gazının atmosfer içerisindeki payının artması bazı mahsullerin daha hızlı büyümesine yol açarken, sıcaklık artışı bitkilerin daha kısa sürede büyümelerini sağlayarak erken ekim ve hasat imkânlarını ortaya çıkarmaktadır (Bayraç & Doğan,

2016; Kara & Yereli, 2022). C<sub>3</sub> olarak ifade edilen ve içerisinde pirinç ile buğday gibi önemli tahılları barındıran bu ürün grubu yüksek karbondioksit konsantrasyonuna ihtiyaç duymaktadır. Artan karbondioksit konsantrasyonu bu ürün grubunda üretimin artmasını sağlayacaktır (Doğan & Tüzer, 2011). Aynı zamanda sıcaklık artışı ile özellikle soğuk kuzey bölgelerde hem ısının artması hem de yetiştirme döneminin uzaması sayesinde tarımsal üretimde artışlar beklenmektedir. Daha önceki yıllarda soğuk nedeniyle tarıma elverişli olmayan bölgelerin küresel sıcaklık artışına bağlı olarak tarımsal üretime açılması söz konusu olmuştur. Bu konuda Olesen & Bindi (2002)'nin, iklim değişikliğinin Avrupa'da tarımsal üretkenliğe olan etkisini inceleyen çalışması ön plana çıkmaktadır. Çalışma sonuçlarına göre, sıcaklık artışı ekim alanlarının Avrupa'nın kuzey bölgelerine doğru genişlemesine ve örneğin tahılların yetiştirme süresinin azalmasına, köklü bitkilerin ise yetiştirme sürelerinin uzamasına neden olmaktadır. Karbondioksit konsantrasyonunun artması bitki verimliliğinin artmasına neden olmaktadır. Bu olumlu etkiler tarım üzerinde olumlu sonuçlar yaratabilir. Ancak Avrupa'nın güney bölgeleri dezavantajlı konumdadır. Yağışların azalmasına bağlı olarak ortaya çıkacak su kıtlığı, daha düşük hasat verimine, verim değişkenliğinin artmasına ve geleneksel ürünlerin ekim alanlarının azalmasına neden olabilecektir.

Küresel iklim değişiklikleri tarımsal üretim teknolojilerinde de değişikliklere neden olmuştur. Tarımsal üretimin azalmasına bağlı olarak üretimde daha fazla teknoloji kullanılmaya başlanmış böylelikle tarım sektörü emek yoğun sektörden teknoloji yoğun sektöre doğru evrim geçirmiştir. Sanayi devrimi ile birlikte ekonomik faaliyetlerin artması iklim değişikliklerinin bir numaralı sebebi olarak görülse de ekonomik büyümenin sağlanması beraberinde iklim değişiklikleri ile mücadelede kullanılacak finansal kaynakların da artmasını sağlamıştır. Bu durumda ekonomik büyümenin sağlanması ile büyümenin sonucu olan sera gazlarının etkilerinin artması arasında insan hayatına olan olumsuz etkileri yönünden zıt bir ilişki ortaya çıkmaktadır. Bu zıt ilişki nedeniyle zihinlerde ekonomik faaliyetleri azaltmak suretiyle refahtan ödün verilmesi ile iklim değişikliklerin yarattığı etkileri göze alarak ekonomik faaliyetlere aynen devam edilmesi şeklinde bir ikilem oluşmaktadır (Alper & Anbar, 2008).

Literatürde yer alan Bayraç & Doğan (2016), Dumrul & Kılıçarslan (2017), Akcan ve ark. (2022) ve El-Khalifa ve ark. (2022) çalışmalarında, iklim değişikliğinin belirli bir coğrafi alan üzerindeki etkilerini gösteren mahsul verimi yerine, mahsulün getirilerini dikkate alan ve ölçüm birimi olarak da tarımsal gelirin GSYH içindeki payını kullanan Ricardocu yaklaşımı izlemişlerdir. Bu çalışmada ise

tarımsal üretim miktarı milyon ton cinsinden bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. GSYH'daki değişimlere karşın tarımsal ürün değerlerinde aynı oranda değişimler yaşanmaması durumunda tarımsal gelirin GSYH içindeki payı azalacaktır. Bu gerçekleşme iklim değişikliklerinin tarımsal ürünlerin değerinde meydana getirdiği değişimleri ölçmede hatalı sonuçlar vereceği kanaatiyle çalışmada tarımsal üretim miktarı bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Böylelikle doğrudan iklim değişikliklerinin tarımsal üretim miktarı üzerindeki etkileri seçilen bağımsız değişkenler vasıtasıyla analiz edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın literatüre katkıda bulunması beklenen ikinci güçlü yönü ise sera gazı emisyonlarının bağımsız değişken olarak analize dâhil edilmesidir. Diğer çalışmalarda çoğunlukla karbondioksit emisyonu gibi sera gazı emisyonunu oluşturan gazlardan sadece biri analize dâhil edilmiş iken bu çalışmada diğer gazları (metan, diazot monoksit, kloroflorokarbon ve ozon) da içeren sera gazı emisyonları analize dâhil edilmiştir. Sera gazları emisyonlarının iklim değişikliğinde oynadığı role literatürdeki çalışmalarda önemle yer verilmiş olmasına rağmen bu emisyonları analize dâhil eden çalışma sayısı çok azdır. Çalışmanın üçüncü güçlü yönü kuraklık ve yağış değişkenlerinin yüzdelik değişim olarak analize dâhil edilmesidir. Kuraklık değişkeninin analize dâhil edildiği çalışma sayısı çok azdır. Oysa kuraklık hem iklim değişikliğinin bir sonucu olması nedeniyle önemli bir ölçüt iken aynı zamanda tarımsal üretimi doğrudan etkilediği de bilinen bir gerçektir. Yağış değişkeni ise literatürde genellikle yıllık yağış miktarı olarak ele alınmıştır. Çalışmada ise yağış miktarlarında bir önceki yıla göre yüzdelik değişim ele alınmıştır. Bu şekildeki bir yaklaşım ile yağış değişkeninde meydana gelen değişimlerin analize daha iyi yansıtılacağı düşünülmektedir.

Bu zamana kadar yapılan çalışmalarda genellikle başta Birleşmiş Milletler olmak üzere uluslararası kuruluşlar tarafından hazırlanan iklim değişikliği raporları ve geleceğe yönelik projeksiyonlar kullanılmıştır. İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkilerini ekonometrik yöntemlerle araştırmaya çalışan çalışmalarda genellikle Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Sınır Testi (Autoregressive Distributed Lag Bound Test, ARDL) kullanılmıştır. Bu çalışmada ise konu farklı bir açıdan ele alınmış ve alternatif bir yöntem olarak Varyans Ayrıştırması kullanılmıştır. Bunun yanı sıra Etki-Tepki Fonksiyonu yapılarak tepkinin şiddeti ve yönü hakkında çıkarımlarda bulunulmuş ve Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi ile de nedensellik ilişkisi incelenmiştir. Bu yöntemleri kullanan çalışmaların bulunmaması çalışmanın önemini ve literatüre katkısını göstermektedir.

## MATERYAL ve METOD

Çalışmada kuraklık, sera gazı emisyonları, ortalama sıcaklık dağılımı ve yağış miktarındaki değişiklikler iklim değişikliğinin göstergeleri olarak dikkate alınmıştır (Olesen ve ark. 2000; Southworth ve ark. 2000; Zaied 2013; Belloumi 2014; Loum & Fogarassy 2015; Bayraç & Doğan 2016; Eruygur & Özokçu 2016; Dumrul & Kılıçarslan 2017; Akyüz 2018; Chandio ve ark. 2020; Onurlu & Ulaş 2021; Akcan ve ark. 2022; El-Khalifa ve ark. 2022; Eştürk & Mert 2022; Özgür & Demirtaş 2022; Taha ve ark. 2022; Chopra 2023).

Serilerde yer alan değerler eğer düzey değerler ise yani

Çizelge 1. Analizde kullanılan değişkenler ve açıklamaları

Table 1. Variables used in the analysis and their explanations

Değişkenler <i>Variables</i>	Simgesel Gösterimi <i>Symbolic Display</i>	Açıklama <i>Description</i>
Tarımsal Üretim	lnurt	Toplam tarımsal üretim miktarı, milyon ton cinsinden
Sera	lnsera	Sera gazı emisyonları, CO <sub>2</sub> eşdeğeri, milyon ton cinsinden
Kuraklık	kurak	Yıllık kuraklık değerlerinde görülen yüzde değişim
Sıcaklık	lnsıcak	Yıllık ortalama sıcaklık değerleri, santigrat cinsinden
Yağış	yag	Metrekareye düşen yıllık yağış miktarlarında görülen yüzde değişim

Kuraklık değişkeni yıllık ölçülen kuraklık değerlerindeki yüzdelik değişimi ifade etmektedir. Bir önceki yıla göre kuraklık değişimlerinde bir azalma meydana gelmesi negatif değerler almasına neden olmaktadır. Değişken, negatif değerler ve yüzdelik değişim içerdiğinden doğal logaritması alınmamıştır. Yağış değişkeni, bir önceki yıla göre yağış miktarlarında meydana gelen yüzdelik değişimleri göstermektedir. Bir önceki yıla göre daha az yağış alınması yüzdelik olarak negatif değerlere neden olduğundan doğal logaritması alınmamıştır. Diğer değişkenler doğal logaritmaları alınarak analiz edilmişlerdir. Tarımsal üretim, sera gazı emisyonları, kuraklık ve yağış değişkeni verileri Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü istatistik veri tabanından (OECD, 2023), ortalama sıcaklık değişkeni verileri ise Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (MGM, 2023) elde edilmiştir.

Zaman serilerine dayalı ekonometrik analizlerde değişkenlerin durağanlığı önemli rol oynamaktadır. Serilerin birim kök içerip içermediğini tespit edebilmek amacıyla Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Philips-Perron (PP) Birim Kök Testleri yapılmıştır (Dickey & Fuller, 1981; Philips & Perron, 1988). Augmented Dickey-Fuller ve Philips-Perron Birim Kök Testi sonuçları bir değişkenin zaman serisinin durağan olup olmadığını değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Dickey & Fuller (1981), çalışmalarında birim kökün varlığını tespit edebilmek amacıyla rassal ve durağan olmayan bir seri ve bu serideki  $\delta$  parametre değerini tahmine yönelik bir yöntem geliştirmişlerdir. Ancak  $\delta$  parametre tahmini normal dağılmadığından t istatistikleri yerine t kritik değerlerini oluşturmuşlardır (Enders, 2009). Phillips-

yüzdelik bir değişimi ifade etmiyorlarsa doğal logaritmaları alınarak analize dâhil edilirler. Bir serinin doğal logaritmasının alınması ile verilerdeki çarpıklığın azaltılması veya ortadan kaldırılması amaçlanır. Aynı zamanda regresyon analizlerinde bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin doğrusal olması gerekliliği vardır. Logaritma alma işlemi ile üstel veriler doğrusala çevrilmiş olur.

Çizelge 1'de ekonometrik analizde kullanılan değişkenlerin neler olduğuna ve bu değişkenlerin neleri ifade ettiğine yer verilmiştir.

Perron Testi, hata terimini otokorelasyonsuz olmasına bağlı olarak ele alır. Hatalarla ilgili varsayımlardan yola çıkılarak Augmented Dickey-Fuller Testi daha kapsamlı hale getirilmiştir. Hata teriminin varyansının zamana bağlı olarak değiştiği ve varyans değerlerinde meydana gelen sürekli değişimin heteroskedasitiye işaret ettiği savunulur. Değişkenlerin analiz dönemi boyunca meydana gelen yapısal kırılmalardan etkilenmesi söz konusu olmadığından yapısal kırılmaları gösteren birim kök testlerine yer verilmemiştir.

Değişkenler arasındaki ilişkileri tespit etmeye yönelik çalışmalarda kullanılan testlerin gecikme uzunluğuna karşı duyarlı olduğu belirtilmektedir. Değişkenlerin gecikme uzunluğunu gösteren k katsayısını doğru tespit etmek modelin güvenilirliği açısından önemlidir. Uygun gecikme uzunluğunun tespit amacıyla yapılan testte Ardışık Modifiye Edilmiş LR Kriteri, Nihai Tahmin Hatası (Final Prediction Error, FPE), Akaike Bilgi Kriteri (Akaike Information Criteria, AIC), Schwarz Bilgi Kriteri (Schwarz Informatin Criteria, SC) ve Hannan-Quinn Bilgi Kriteri (Hannan-Quinn Information Criteria, HQ) yer almaktadır. Bu kriterlerden AIC, SC ve HQ kriterleri diğer bilgi kriterlerine göre daha güçlüdür. Uygun gecikme uzunluğu tespit edilirken gecikme uzunluğunun yüksek değerli olarak belirlenmesi seriler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi açıklama gücünü zayıflattığından test anında elde edilen verilerden en küçük değerler hangi bilgi kriterinden elde edilmişse bu gecikme uzunluğu uygun gecikme uzunluğu olarak kabul edilmektedir (Kaya ve ark., 2017).

Durağanlık testlerinden sonra kurulan modelin



güvenilirliğini belirlemek amacıyla bazı tanısal testler yapılmaktadır. Bu testlerden otokorelasyon LM testi modelde yer alan hataların zaman içinde ve kendi aralarında birbirine bağımlı olup olmadıklarını tespit etmek amacıyla yapılmaktadır. Eğer hatalar arasında bu şekilde bir bağımlılık yok ise buna otokorelasyon veya serisel korelasyon bulunmaması varsayımı adı verilir. Otokorelasyon sorunu, hata terimleri arasında ilişki olmadığı ( $E(u_i, u_j) = 0, i \neq j$ ) varsayımının geçerli olmamasıdır. Diğer bir deyişle hata terimleri arasında ilişki vardır.  $E(u_i, u_j) \neq 0, i \neq j$ .  $u_t$  ile  $u_{t-1}$  arasında otokorelasyon; kovaryansların veya beklenen değerlerin sıfıra eşitliği demektir. Normallik testinin amacı, bir veri dizisinin normal dağılıma uygunluğunun incelenmesidir. Jarque-Bera sınaması normal dağılımdan ayrılmayı ölçmek için kullanılan bir ölçüdür. Bu sınama çoklu doğrusal regresyon sonuçları elde edildikten sonra ele geçen hataların normal dağılım gösterip göstermediğini araştırmak için kullanılır. Değişen varyans White testi seride değişen varyans sorununun varlığını tespit etmek amacıyla kullanılan bir testtir. Bu testte, asıl denklemin hata tahmin karelerinin bağımlı, açıklayıcı değişkenlerin kendileri, kareleri ve çarpımlarının açıklayıcı değişken olduğu denklem tahmin edilir. Elde edilen test istatistiğinin olasılık değeri eğer ele alınan anlamlılık düzeylerinden (0,1, 0,05 veya 0,10) büyük ise  $H_0$  hipotezi red edilir yani değişen varyans sorunu yoktur (Gemicioğlu, 2019).

Literatürde yer alan çalışmalarda genellikle ARDL analizi kullanılmıştır. Çalışmada ise alternatif bir yöntem olarak Varyans Ayrıştırması kullanılmıştır. ARDL analizi değişkenler arasında kısa ve uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin varlığını incelemektedir. Elde edilen eşbütünleşme katsayısı bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkileme yönü ve şiddetini gösteren tek bir katsayıdır. Varyans Ayrıştırması ise bir değişkendeki değişimin yüzde kaçının kendisinden ve yüzde kaçının da diğer değişkenlerden kaynaklandığını göstermektedir. Böylelikle belirlenen dönem boyunca değişkenlerin birbirlerini ve bağımlı değişkeni açıklamada meydana gelen değişimleri görmek mümkün olmaktadır (Mert & Çağlar, 2019). Varyans Ayrıştırması analizinde değişkenlerin sıralaması önemli bir konudur. Dışsaldan içsele doğru bir sıralama yapılmaktadır (Tarı, 2006). Varyans Ayrıştırması'nda değişkenlerin etkileme derecesini ve etkilemenin sabitlendiği yani istikrara kavuştuğu dönem ya da dönemleri tespit etmek mümkündür. Bu özelliklerinden dolayı Varyans Ayrıştırması'nın ARDL analizine göre daha ayrıntılı bilgiler vereceği kanaatiyle bu yöntem kullanılmıştır.

Etki-Tepki Fonksiyonları, rassal hata terimlerinden birinde meydana gelen bir birimlik standart sapmalı şokun, içsel değişkenlerin şimdiki ve gelecekteki değerlerine olan etkisini yansıtan fonksiyonlardır. Etki-tepki fonksiyonları, çalışılan değişkenler

arasındaki dinamik etkileşimin belirlenmesinde, simetrik ilişkilerin saptanmasında ve VAR analizinde büyük rol oynamaktadır. (Sarı, 2008). Bir diğer açıdan bakıldığında Etki-Tepki Fonksiyonları, VAR modellerinde şokların ve etkilerin tepkilerini incelemek için kullanılmaktadır. Diğer tüm değişkenler ve şoklar sabit iken içsel değişkene yönelik bir birimlik şokun ve bunun VAR modelindeki tüm içsel değişkenler üzerindeki etkilerini ifade etmektedir (Anonymous, 2022). Grafiklerde yer alan düz yatay sıfır çizgisi tepkinin söndüğünü yani yok olduğunu göstermektedir. Kırmızı renkli görünen iki kesikli çizgi ise 0,95 güven aralığının alt ve üst sınırlarını göstermektedir.

Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi ise Granger Nedensellik Analizi'nden yola çıkılarak 1995 yılında literatüre kazandırılmış bir nedensellik testidir. Analiz, birim kök ve eşbütünleşme gibi analizler olmadan da yapılabilmektedir. Analizde önemli olan gecikme uzunluğunun doğru tespit edilmesi ve tüm bileşenlerin birlikte kullanılmasıdır (Toda & Yamamoto, 1995).

İklim değişikliklerinin tarımsal üretime olan etkisini analiz etmek amacıyla 1 numaralı denklem kullanılmıştır.

$lnurt_t = \beta_0 + \beta_1 lnsera_t + \beta_2 lnsıcak_t + \beta_3 kurak_t + \beta_4 yağ_t + \epsilon_t$  (1)  
Denklem 1'de yer alan  $lnurt$  logaritması alınmış tarımsal üretim miktarını gösteren bağımlı değişken,  $lnsera$  logaritması alınmış sera gazı emisyonunu,  $lnsıcak$  logaritması alınmış ortalama sıcaklık dağılımlarını,  $kurak$ , yıllık kuraklık değerlerinde görülen yüzde değişimi,  $yağ$  yıllık milimetre yağış miktarlarında meydana gelen yüzde değişimi,  $\epsilon_t$  ise hata terimi temsil etmektedir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde birim kök testleri, uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi, yapısal testler, Varyans Ayrıştırması, Toda-Yamamoto Nedensellik Testi ve Etki-Tepki Analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

Çizelge 2'de yer alan Augmented Dickey Fuller (ADF) testi sonuçları incelendiğinde sabitli ve trendli modelde  $lnurt$  değişkeni farkı alınmadan 0.05 önem düzeyinde,  $lnsera$  değişkeni birinci farkı alındığında 0.01 önem düzeyinde,  $lnsıcak$  değişkeni farkı alınmadan 0.01 önem düzeyinde,  $kurak$  değişkeni farkı alınmadan 0.05 önem düzeyinde ve  $yağ$  değişkeni farkı alınmadan 0.01 önem seviyesinde durağandır.

Yine Çizelge 2'de yer alan Philips Perron (PP) testi sonuçları incelendiğinde,  $lnurt$  değişkeni farkı alınmadan 0.01 önem düzeyinde,  $lnsera$  değişkeni birinci farkı alındığında 0.01 önem düzeyinde,  $lnsıcak$  değişkeni farkı alınmadan 0.01 önem düzeyinde,  $kurak$  değişkeni farkı alınmadan 0.05 önem düzeyinde ve  $yağ$  değişkeni de farkı alınmadan 0.01 önem düzeyinde durağandır.

Çizelge 2. Birim kök testleri

Table 2. Unit root tests

ADF Birim Kök Testi ADF Unit Root Test				
Değişkenler Variables	Düzyey Level	Olasılık Probability	Birinci Fark First Difference	Olasılık Probability
Lnurt	-4.245613** (-3.562882)	0.0110		
Lnsera	-2.863106 (-4.284580)	0.1874	-5.410610* (-4.296729)	0.0007
Lnsıcak	-5.975197* (-4.284580)	0.0001	-	
Kurak	-3.747979** (-3.562882)	0.0337		
Yag	-6.033807* (-4.284580)	0.0001		
PP Birim Kök Testi PP Unit Root Test				
Lnurt	-4.285627* (-4.284580)	0.0100		
Lnsera	-2.789145 (-4.284580)	0.2115	-7.105295* (-4.296729)	0.0000
Lnsıcak	-6.061611* (-4.284580)	0.0001		
Kurak	-3.582321** (-3.562882)	0.0480		
Yag	-6.771837* (-4.284580)	0.0000		

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 0,01, 0,05 ve 0,10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Parantez içindeki değerler kritik değerlerdir.  
\*, \*\*, and \*\*\* indicate significance levels of 0.01, 0.05 and 0.10, respectively. Values in parentheses are critical values.

Her iki durağanlık testinde de değişkenlerden sadece Lnsera değişkeni birinci farkı alındığında yani I(1)'de durağan hale gelirken diğer değişkenler farkı alınmadan yani I(0)'da durağandır. VAR analizi yapılırken öncelikle kurulan VAR modeli için uygun

gecikme uzunluğunun tespit edilmesi gereklidir.

Çizelge 3'de yer alan uygun gecikme uzunluğu testi sonuçlarına göre tüm kriterlerde uygun gecikme uzunluğu 1 olarak bulunmuştur. Analiz 1 gecikmeye göre yapılmıştır.

Çizelge 3. Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi

Table 3. Determining the appropriate lag length

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-132.2350	NA	0.006472	9.149003	9.382536	9.223712
1	-55.00505	<b>123.5680*</b>	<b>0.000204*</b>	<b>5.667003*</b>	<b>7.068201*</b>	<b>6.115258*</b>
2	-31.44469	29.84312	0.000262	5.762979	8.331841	6.584780

Ekonometrik çalışmalarda kullanılan modellerin bazı ön koşulları ya da varsayımları karşılaması gerekmektedir. Bu nedenle öncelikle modelin bu ön koşulları sağlayıp sağlamadığı, çalışmanın amacına uygun ve güçlü bir model olup olmadığı test edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Otokorelasyon LM Testi modeldeki hataların kendi aralarında birbirine bağımlı olup olmadıklarını belirlemek için kullanılır. Normallik testinde veri dizisinin normal dağılıp dağılmadığı incelenmekte bu amaçla Jarque-Bera sınaması kullanılmaktadır.

Çizelge 4. Yapısal testler

White testi seride değişen varyans sorununun tespiti amacıyla kullanılmaktadır. Testlerin olasılık değerlerinin her üç anlamlılık düzeyinden büyük olması modelde değişen varyans ve otokorelasyon sorununun olmadığını göstermektedir. Normallik Testi'nde Jarque-Bera sınamasının olasılık değerinin yine her üç anlamlılık düzeyinden büyük olması serinin normal dağıldığını göstermektedir (Teyyare, 2018).

Table 4. Structural tests

Testler	Test İstatistik Değeri	Olasılık
Otokorelasyon LM Testi	24.902	0.4812
Normallik Testi	12.71680	0.2399
White Değişen Varyans Testi	164.7697	0.1937

Varyans ayrıştırması analizi yoluyla bağımlı değişken olan lnurt değişkenine bağımsız değişkenlerin ne ölçüde etki ettiği belirlenmeye çalışılmaktadır. Çizelge 5’de yer alan Varyans ayrıştırması sonuçlarına göre, ilk dönemde (yılda) lnurt değişkeni tamamen kendisinden etkilenmektedir. İlerleyen dönemlerde bu etkinin derecesinin azaldığı görülmektedir. lnsera değişkeni, bağımlı değişkeni en çok etkileyen bağımsız değişkendir. İlk dönemde (yılda) sadece %4.4 etki oranına sahip iken ilerleyen dönemlerde etkileme derecesinin giderek arttığı ve onuncu dönemde %33.08 etki oranına ulaşıldığı görülmektedir. Bir diğer tespit ise etki oranının devamlı artması ve istikrara kavuşmamasıdır. İkinci bağımsız değişken olan lnsıcak değişkeni ikinci dönemde %2,07 etki oranına sahip iken etki oranındaki artışın sınırlı kaldığı ve onuncu dönem sonunda sadece %5’lik bir etki oranında

ulaşıldığı görülmektedir. Bu değişkenin etki oranındaki artış da devamlı bir seyir izlemekte ve istikrara kavuşmamaktadır. Üçüncü bağımsız değişken olan kurak değişkeni ikinci dönemde %2,77 etki oranına sahip iken üç ile altıncı dönemler arasında %3’lük ve yedi ile onuncu dönemler arasında ise %4’lük bir etki oranına sahiptir. Bu durum kurak değişkeninin yedinci dönem (yıl) ile birlikte istikrara kavuştuğunu göstermektedir. Son bağımsız değişken olan yağış değişkeni ise ikinci dönemde %0,23 gibi oldukça düşük bir etki oranına sahip iken üç ile beşinci dönemlerde %1’lik ve altı ile onuncu dönemler arasında ise %2’lik bir etki oranına sahip olduğu görülmektedir. Yağış değişkeni, altıncı dönem itibariyle istikrara kavuşmaktadır. Bu özelliği ile kurak ve yağış değişkenlerinin benzer yapıya sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 5. Varyans ayrıştırması

Table 5. Variance decomposition

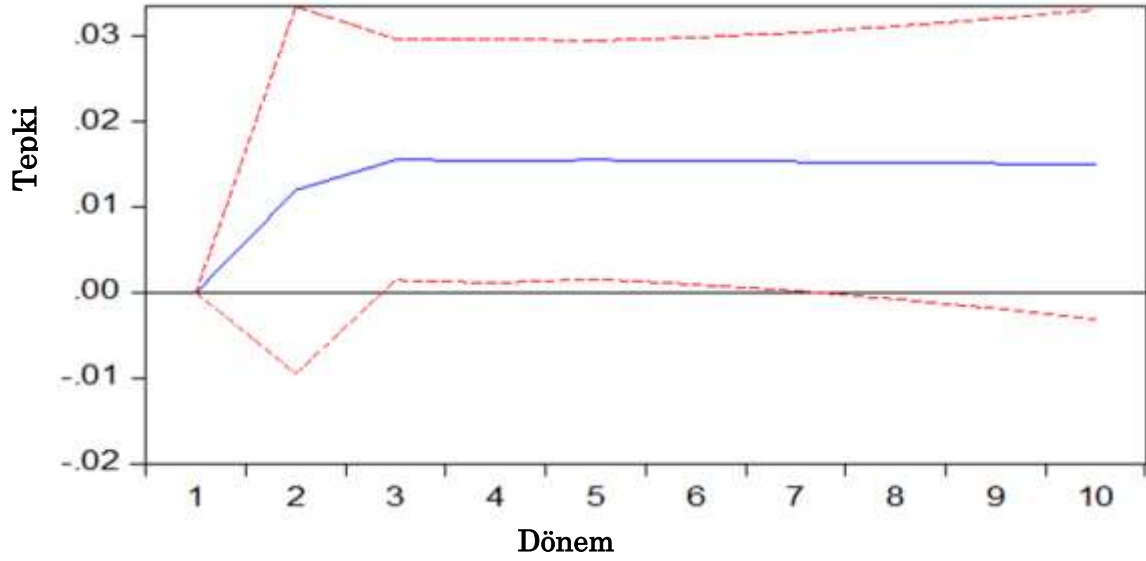
Periyot Period	S.E. S.E.	lnurt Lnurt	lnsera lnsera	lnsıcak lnsıcak	Kurak Drought	Yag Yag
1	0.052918	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.056935	90.49201	4.429949	2.070854	2.773176	0.234010
3	0.060335	82.91112	10.57135	2.426729	3.016033	1.074765
4	0.063268	76.46752	15.50584	3.134741	3.487319	1.404581
5	0.066058	71.18229	19.72833	3.563828	3.714959	1.810587
6	0.068671	66.75329	23.25362	3.958858	3.926506	2.107728
7	0.071158	62.99607	26.26391	4.278359	4.089890	2.371766
8	0.073525	59.76269	28.85427	4.556535	4.232093	2.594417
9	0.075789	56.95139	31.10879	4.796738	4.353966	2.789118
10	0.077958	54.48388	33.08770	5.007860	4.461036	2.959521

Etki-Tepki fonksiyonları, bağımsız değişkene verilen bir birimlik şokun bağımlı değişkene olan etkisini göstermektedir. Şekillerde yatay eksen dönemleri dikey eksen ise bağımsız değişkene verilen bir birimlik şoka bağımlı değişkenin tepkisini göstermektedir. Çalışma yıllık verilere dayandığından dönem ifadesini yıl olarak ele almak mümkündür. Bu durumda grafikte on yıllık bir periyot görülmektedir. Bunun yanı sıra, şekillerde yer alan düz yatay sıfır çizgisi tepkinin sönümlendiğini yani yok olduğunu göstermektedir. Kırmızı renkli görünen iki kesikli çizgi ise 0,95 güven aralığının alt ve üst sınırlarını göstermektedir.

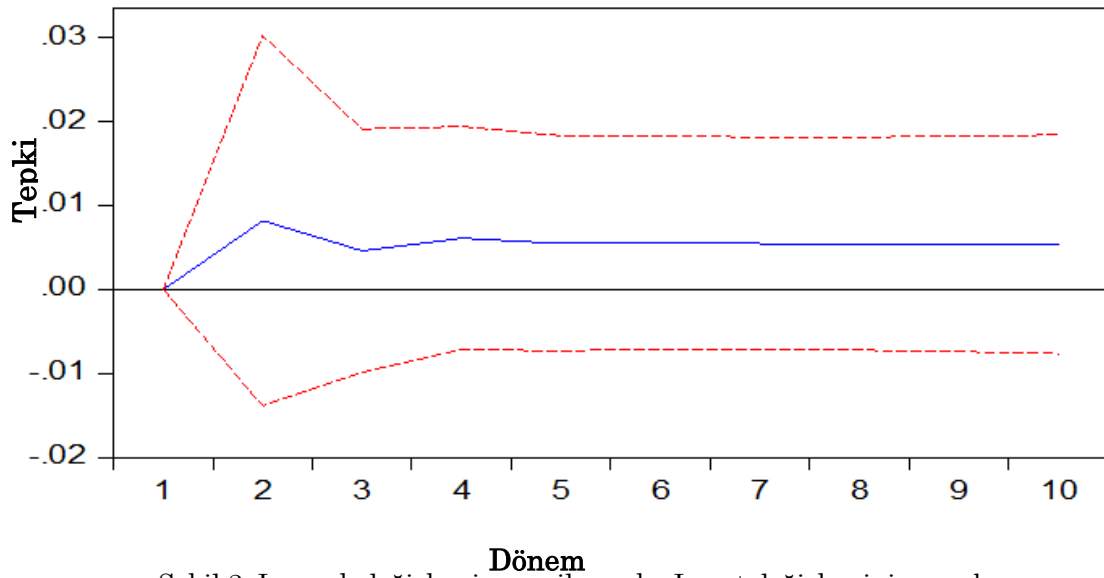
lnsera değişkenine verilen bir birimlik şoka lnurt değişkeninin tepkisi Şekil 1’de görülmektedir. Buna göre, lnsera değişkenine verilen şoka lnurt değişkeninin cevabı pozitif yönde olmakta birinci dönemden üçüncü döneme kadar artış göstermektedir. Tepkinin şiddetinin üçüncü dönem itibariyle istikrar

kazandığı ve dönem sonuna kadar aynı düzeyde kaldığı görülmektedir. Ancak tepkinin şiddeti sıfır eksenine yaklaşmamaktadır. Bu durum tepkinin sönümlenmediğini (ortadan kalkmadığını) göstermektedir. Bu gerçekleşme tepkinin uzun dönemler boyunca devam ettiğini göstermektedir.

Şekil 2’de görüldüğü üzere lnsıcak değişkenine verilen bir birimlik şoka lnurt değişkeninin cevabı dönem (yıllar) boyunca pozitif yönde olmaktadır. İkinci döneme kadar artış trendi izleyen tepkinin yönü üçüncü döneme doğru azalış sergilemektedir. Üçüncü dönemden dördüncü döneme doğru hafif bir yükseliş trendi izledikten sonra tepkinin şiddetinin dördüncü dönem ile birlikte istikrar kazandığı görülmektedir. lnsıcak değişkenine lnurt değişkeninin tepkisi tıpkı lnsera değişkenine verdiği tepki gibi sönümlenmemekte dönem boyunca pozitif ve istikrarlı bir seyir izlemektedir.



Şekil 1. Lnsera değişkenine verilen şoka Lnurt değişkeninin cevabı  
Figure 1. Response of the Lnurt variable to the shock given to the Lnsera variable



Şekil 2. Lnsıcak değişkenine verilen şoka Lnurt değişkeninin cevabı  
Figure 2. The response of the variable Lnurt to the shock given to the variable Lnsıcak

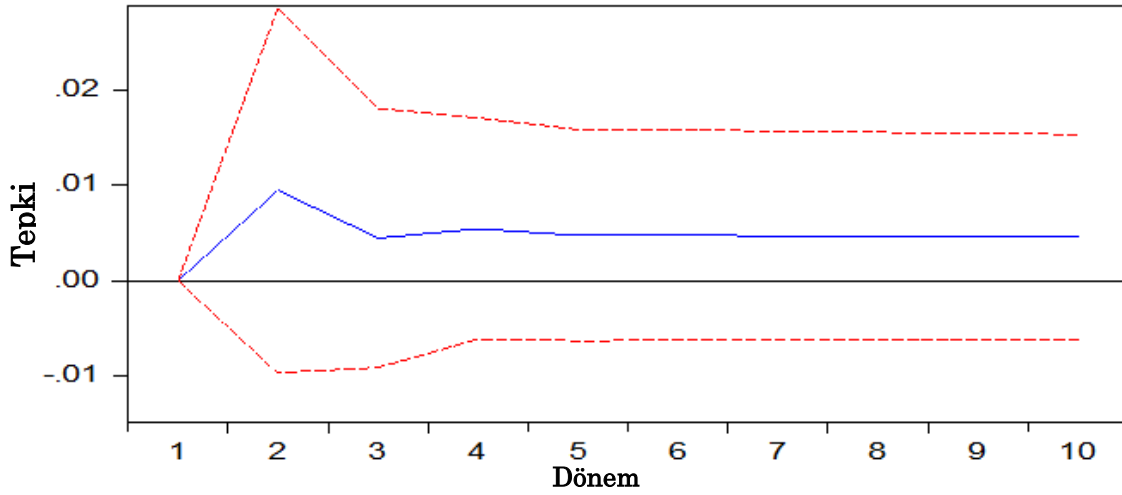
Kurak değişkenine verilen bir birimlik şoka lnurt değişkeninin cevabını gösteren Şekil 3'e göre, birinci dönemden ikinci döneme doğru tepkinin pozitif olduğu ve şiddetinin arttığı görülmektedir. Tepkinin şiddeti ikinci dönemden üçüncü dönem doğru azalış trendi izlerken tepkinin şiddetinin dördüncü dönem itibariyle istikrar kazandığı ancak dönem sonuna kadar hep pozitif kaldığı ve sönümlenmediği görülmektedir.

Şekil 4, yağış değişkenine verilen bir birimlik şoka tarımsal üretimin tepkisini göstermektedir. Yağış değişkenine verilen bir birimlik şoka tarımsal üretim miktarı ikinci döneme kadar pozitif ancak az şiddette cevap vermektedir. Tepkinin yönü üçüncü dönemde negatife dönmektedir. Tepkinin seyri dördüncü dönemden itibaren istikrar kazanmakla birlikte

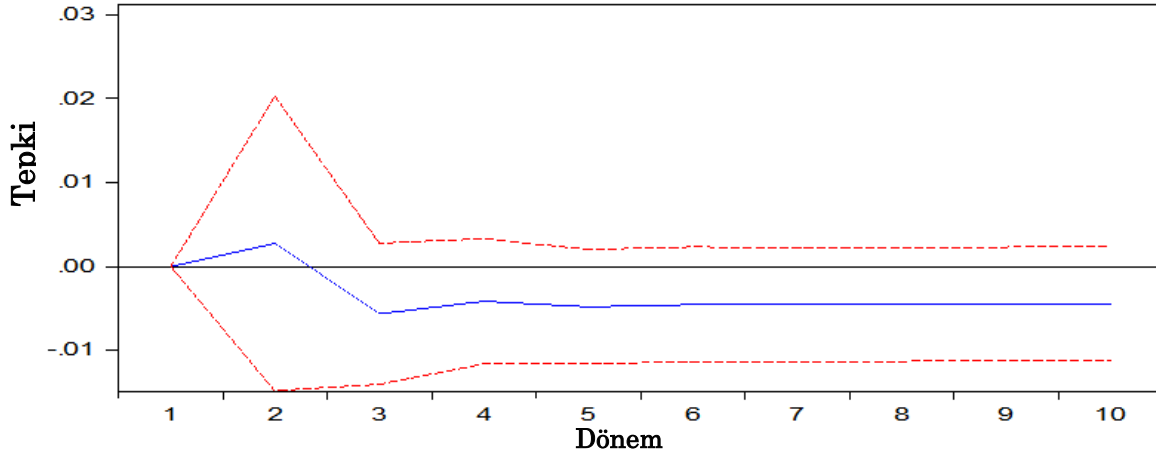
onuncu dönemin sonunda daha negatif olmakta ve ortadan kalkmamaktadır.

Etki-Tepki Fonksiyonu ile tepkinin şiddeti ve yönü hakkında fikir sahibi olunmaktadır. Buna göre yapılan analizden elde edilen en önemli sonuç tepkinin onuncu dönem sonunda dahi ortadan kalkmamasıdır. Bu durum, iklim değişikliğini temsil eden bağımsız değişkenlerin tarımsal üretim miktarını temsil eden bağımlı değişken üzerindeki etkilerinin kalıcı olduğunu göstermektedir. Buna dayanarak iklim değişikliklerinin etkilerinin kolay kolay ortadan kalkmayacağını bugünden alınacak tedbirlerin sonuçlarının hemen görülmesinin imkânsız olduğu belirtilebilir.





Şekil 3. Kurak değişkenine verilen şoka Lnurt değişkeninin cevabı  
Figure 3. Response of the Lnurt variable to the shock given to the Drought variable



Şekil 4. Yag değişkenine verilen şoka Lnurt değişkeninin cevabı  
Figure 4. The response of the Lnurt variable to the shock to the Yag variable

Toda-Yamamoto Nedensellik Testi değişkenler arasındaki karmaşık nedensellik ilişkilerini anlamak amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemeye dayanan analiz Toda-Yamamoto Nedensellik Testi sonuçlarına dayanmaktadır. Çizelge 6'da yer alan sonuçlar incelendiğinde, Türkiye'de analiz dönemi içerisinde tarımsal üretim miktarındaki değişimlerin tek nedeninin sera gazı emisyonları olduğu görülmektedir. Nedensellik ilişkisinin 0.01 anlamlılık düzeyinde gerçekleşmesi bu ilişkinin istatistiksel anlamda güçlü olduğunu göstermektedir. Diğer üç değişken olan kuraklık, ortalama sıcaklıklarda yaşanan değişim ve yağış değişimi sera gazı emisyonlarındaki değişimin nedeni olmaktadır. Bu ilişkiler 0.10 anlamlılık düzeyinde gerçekleşmektedir. Bu durumda değişkenlerde meydana gelecek değişimler sera gazı emisyonlarını, sera gazı emisyonlarındaki değişimler de tarımsal üretim miktarını etkilemektedir. Dolayısıyla bu üç değişkenin

tarımsal üretim miktarı üzerinde dolaylı etkilerde bulunduğu söylenebilir.

Literatürde yer alan çalışmalarda konuya değişik açılardan yaklaşmıştır. Bunlardan birincisi iklim değişikliğinin tarımsal GSYH'ye etkisini araştıran çalışmalardır. Kumar & Parikh (2001), Dumrul & Kılıçarslan (2017), El-Khalifa ve ark. (2022), çalışmalarında iklim değişikliği göstergelerinin tarımsal GSYH'nın azalmasına neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bir diğer yaklaşım ürün verimliliği üzerinedir. Genellikle tahıl üretim miktarı ve verimliliğini ele alan; Olesen ve ark. (2000), Southworth ve ark. (2000), Olesen & Bindi (2002), Guiteras (2009), Zaied (2013), Hasegawa ve ark. (2015), Loum & Fogarassy (2015), Eruygur & Özokçu (2016), Chandio ve ark. (2020), Eştürk & Mert (2022), Taha ve ark. (2022) çalışmalarında iklim değişikliği göstergelerinden sıcaklık ve kuraklık değişkenlerinin

Çizelge 6. Toda-Yamamoto nedensellik testi

Table 6. Toda-Yamamoto causality test

Nedenselliğin yönü <i>Direction of causation</i>	Olasılık <i>Probability</i>
Insera → Inurt	0.0004*
Insıcak → Inurt	0,4488
kurak → Inurt	0,6630
yag → Inurt	0.7265
Inurt → Insera	0,3153
Insıcak → Insera	0.0587***
kurak → Insera	0.0707***
yag → Insera	0.0869***
Inurt → Insıcak	0.7423
Insera → Insıcak	0.1910
kurak → Insıcak	0.5715
yag → Insıcak	0.9910
Inurt → kurak	0,6971
Insera → kurak	0,3236
Insıcak → kurak	0,1712
yag → kurak	0,1799
Inurt → yag	0.2866
Insera → yag	0.3472
Insıcak → yag	0.8011
kurak → yag	0,1935

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 0,01, 0,05 ve 0,10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

\*, \*\* and \*\*\* indicate significance levels of 0.01, 0.05 and 0.10, respectively.

tahıl ya da mahsul verimliliği üzerinde farklı etkilerde bulunduğu bazı çalışmalarda verimi arttırdığı (Olesen & Bindi, 2002; Zaied, 2013; Chandio ve ark. 2020) bazı çalışmalarda ise (Olesen ve ark. 2000; Southworth ve ark. 2000; Guiteras, 2009; Eruygur & Özokçu, 2016; Taha ve ark. 2022) azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada yer alan Etki-Tepki fonksiyonunda yağış değişkenine verilen bir birimlik şoka tarımsal üretimin üçüncü dönemden itibaren negatif tepki verdiği tespit edilmiştir. Bu sonuç, daha önce yürütülen benzer çalışmalar ile uyumluluk göstermektedir. Çalışmada sera gazı emisyonları açısından elde edilen sonuçlar ile benzerlik gösteren çalışmalardan El-Khalifa ve ark. (2022)'ye göre karbondioksit emisyonlarında meydana gelen artış iklim değişikliğinin bir numaralı nedeni iken mevcut çalışmada sera gazı emisyonundaki artış hem tarımsal üretimdeki hem de iklimdeki değişikliğin nedeni olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, yağış ve karbondioksit konsantrasyonlarındaki artışın tarım sektörünü etkileyeceğini bildiren Mendelsohn & Williams (2004) ile de benzerlik göstermektedir. Diğer yandan, Onurlu & Ulaş (2021), Avrupa Birliği ülkelerinde sera gazı emisyonları ile ekili tarım arazileri arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu belirtmesine rağmen mevcut çalışma sonuçları sera gazlarından tarımsal üretime doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir.

Yine konu ile ilgili olarak yürütülen Özgür & Demirtaş (2022) çalışmasının sonucu olan, iklim değişikliğinden şeker pancarı üretimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi ile sıcaklık ve yağışın şeker pancarı üretimi üzerindeki nedensellik ilişkisi çalışmada sıcaklık ve yağış tarımsal üretimin dolaylı nedenidir şeklinde elde edilmiş bu yönüyle elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

İnsanlık tarihi kadar uzun bir geçmişe sahip olan tarım sektörü, sanayi devrimi ile birlikte ülkelerin ekonomik büyümelerindeki önemini kaybetse de geçen yıllarda yaşanan Covid-19 dönemi tarımsal üretim ve arzının önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Sanayileşme ile birlikte çok sayıda ülke ekonomik açıdan gelişmiş ülkeler seviyesine yükselmiş olsa da bu gelişmenin maliyeti iklim değişikliği olmuştur. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyümelerini sağlayabilmek için doğal kaynakları geleceklerini hiç düşünmeden fütursuzca harcamaları ve kurdukları sanayi tesislerinde çevreye verilen zararların minimize edilmesine yönelik gerekli tedbirleri almamaları bu grupta yer alan ülkelerde çevre sorunlarının daha büyük boyutlara ulaşmasına neden olmaktadır.

İklim değişikliği sadece doğa olaylarının oluş sıklığı ve oluş şeklinde bir değişiklik olarak ifade edilemez. İklim değişikliği çok sayıda makroekonomik sorunun temelini teşkil etmektedir. İklim değişikliklerine bağlı olarak ortaya çıkacak olan tarımsal üretimdeki azalmalar ve buna bağlı olarak artan fiyatlar yoksul kesimin gıdaya ulaşabilmesini zorlaştıracaktır. Bu durum küresel gıda güvenliğinin tehlike altına girmesine neden olacaktır. Tarımsal ürünler aynı zamanda gıda sektöründe üretim yapan firmaların da girdisini oluşturmaktadır. Tarımsal üretimde meydana gelen azalmalar bu sektörde yer alan firmaların hammadde bulmakta zorlanmasına, üretimin azalmasına ve buna bağlı olarak da fiyatların yükselmesine neden olacaktır. Dünya nüfusunun giderek artması tarımsal ürünlere olan talebi de arttırmaktadır. Bu durum tarımda yüksek verimli modern yöntemlerin daha fazla kullanılmasının yanı sıra bu zamana kadar kullanılmayan başta orman arazileri olmak üzere tarımsal olmayan arazilerin tarıma açılması arazi kullanımında değişikliklere neden olacaktır. Bu unsur gelecekte iklim değişikliği ile beraber en büyük tehlikelerden birisidir. İklim değişikliklerinin gelecek nesillerin yaşam standartlarını olumsuz etkileyerek sürdürülebilir kalkınmanın devamlılığını tehlikeye atması beklenmektedir.

Tarım sektörü istihdam piyasasında önemli bir role sahiptir. Özellikle az gelişmiş ülkelerde tarımsal üretimin daha çok emek yoğun teknolojiye dayanması, üretimde meydana gelecek azalmaların bu gruptaki

ülkelerde var olan işsizlik sorununun daha da derinleşmesine neden olacaktır. Tarım sektörünün önemli rol oynadığı bir diğer makroekonomik değişken ekonomik büyümedir. Sektördeki büyümenin yoksul ülkelerde büyüme oranlarını diğer sektörlere göre iki ila dört kat daha fazla etkilediği akademik çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bu durumda tarım sektörünün küçülmesi özellikle yoksul ülkelerin ekonomik büyümelerini oldukça olumsuz etkileyecektir.

İklim değişikliğinin etkilerine sadece ülke bazlı yaklaşmak yetersiz bir yaklaşım olacaktır. İklim değişikliği ve yarattığı olumsuz etkileri küresel bazda ele almak gereklidir. Bir ülkenin sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik aldığı tedbirlerden komşu ülkelerin benzer yönde çabalar sarf etmemeleri halinde beklenen olumlu sonuçlar alınamayacaktır. Bu nedenle sorunun kaynağına inilerek en önce başta sera gazı emisyonları olmak üzere iklim değişikliğine en fazla neden olan ülkelerde emisyon azaltıcı tedbirlere başvurularak bunun küresel yansımaları takip edilmelidir.

Sera gazlarının atmosferde kalma süreleri çok uzundur. Dolayısıyla bugün sera gazı salınımı tamamen durdurulsa dahi atmosferde uzun yıllar kalmaya devam edeceğinden olumsuz etkilerinden hemen kurtulmak mümkün olmayacaktır. İklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkan yeni durum tarımsal üretim yöntemlerinde değişikliğe gidilmesine neden olmaktadır. Yağış miktarlarında meydana gelen azalmalara karşın önlem olarak sulama sistemlerinde değişikliğe gitmek gereklidir. Damlama sulama tekniği bu durumda başvurulabilecek bir önlemdir. Aynı zamanda ülkede yetiştirilen tarım ürünlerinin kompozisyonunda da değişikliğe gidilerek daha az su isteyen ürünlere yönelmek bir diğer önlem olacaktır. İklim değişikliklerine bağlı olarak Türkiye’de kurak ve yarı kurak alanlara yenilerinin eklenmesi beklenmektedir. Kuraklığın artması beraberinde üretilen tarımsal ürünlerin de değişmesine neden olarak sıcak, kurak ve mevsimsel özelliklere uygun ürünlere yönelmek zorunda kalınacaktır. Bu nedenle sorunların giderilmesine yönelik olarak Ar-Ge faaliyetlerine başta kamu olmak üzere tüm paydaşların daha fazla kaynak aktarmaları gerekmektedir.

Ekonometrik analizden elde edilen sonuçlara göre Türkiye’de tarımsal üretimi en çok etkileyen etmen sera gazı emisyonlarıdır. Hem Varyans Ayırıştırması’nda hem de Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi’nde bu sonuca ulaşılmıştır. Sera gazı emisyonlarında meydana gelecek artışlar başta tahıl olmak üzere bazı tarımsal üretim miktarlarının artmasını sağlasa da sıcaklık artışına bağlı olarak bu ürünlerin protein ve besin içeriği açısından verimsiz olmasına neden olmaktadır. Temel olarak sera gazı emisyonlarında meydana gelen artışlar iklim

değişikliğinin diğer göstergelerini de doğrudan etkilemektedir. Sera gazı emisyonları küresel ısınmayı arttırarak sıcaklık değerlerinin artmasına, buna bağlı olarak da tarımsal üretimde önemli yer tutan yağış miktarının azalmasına neden olmaktadır.

Etki-tepki fonksiyonundan iki önemli sonuç çıkarmak mümkündür. Bunlardan birincisi, yağış değişkenine verilen bir birimlik şoka tarımsal üretimin üçüncü dönemden itibaren negatif tepki vermesidir. Bu sonuca göre, yağış miktarlarında meydana gelecek değişiklikler tarımsal üretimin azalmasına neden olacaktır. Yağışların azalmasına paralel olarak kuraklık sorununun daha da derinleşmesi beklenbilir. İkinci önemli sonuç ise, etkilere verilen tepkinin incelenen dönemler boyunca sönümlenmediği yani ortadan kalkmadığı sonucudur. Bu sonuç bize iklim değişikliğine neden olan etkilerin uzun dönemler boyunca devam edeceğini bugün önleyici tedbirler alınsa dahi bu tedbirlerin sonuçlarının uzun vadede ortaya çıkacağını göstermektedir.

Çalışmanın temel amacı; Türkiye’de iklim değişikliğinin tarımsal üretime olan etkisini tespit etmektir. Çalışma bağımlı değişken olarak tarımsal üretim miktarını ele almasıyla literatürde yer alan diğer çalışmalardan ayrılmakta ve bu yönüyle literatüre katkıda bulunmaktadır. Bu yaklaşım farklılığının ileride yapılacak çalışmalara da ilham vermesi beklenmektedir. Elde edilen sonuçlar çalışmanın amacını açıklar ve doğrular niteliktedir. Özellikle kuraklık, yağış ve sıcaklık değişkenlerinin sera gazı emisyonlarındaki değişimlerin nedeni olduğu sonucu sera gazı emisyonlarının iklim değişikliğinde ne kadar önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Sera gazının bu önemi ilgili tüm taraflarca öncelikle ele alınması gereken bir sorun olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda iklim değişikliğinin temel sebebi olarak da kabul edilebilecek olan sera gazı emisyonlarını kontrol altına almaya yönelik olarak bu gazları atmosfere en fazla bırakan ülkelere başlamak üzere emisyonları azaltmaya yönelik çabalar iklim değişikliğine yönelik kısa vadede etkilerinin azaltılmasına uzun vadede ise tamamen ortadan kaldırılmasına katkıda bulunacaktır.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar makalenin tamamına katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makalede herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### KAYNAKLAR

Akcan, A. T., Kurt, Ü. & Kılıç, C. (2022). Effects of climate change on agricultural sector in Turkey: ARDL bounds test approach. *Trends in Business and Economics*, 36(1), 125-132.

- Akyüz, H. E. (2018). Vektör otoregresyon (VAR) modeli ile iklimsel değişkenlerin istatistiksel analizi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 10(2), 183-192. <https://doi.org/10.29137/umagd.402272>.
- Alper, D. & Anbar, A. (2008). İklim değişikliğinin finansal hizmet sektörüne etkileri. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(23), 223-253.
- Anonymous, (2014). Climate Change 2014 Synthesis Report. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf). (Alınma Tarihi: 04.11.2023).
- Anonymous, (2022). Impulse response functions after VAR and VECM. <https://spureconomics.com/impulse-response-functions-after-var-and-vecm/> (Alınma Tarihi: 28.02.2024).
- Bayraç, H. N. & Doğan, E. (2016). Türkiye’de iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerine etkileri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11(1), 23-48.
- Belloumi, M. (2014). Investigating the Impact of Climate Change on Agricultural Production in Eastern and Southern African Countries, *AGRODEP Working Paper 0003*, 1-26.
- Busnita, S.S, Oktaviavi, R. & Novianti, T. (2017). How far climate change affects the Indonesian paddy production and rice price volatility? *International Journal of Agricultural Sciences*. 1(1), 1-11.
- Çakmak, B. & Gökalp, Z. (2011). İklim değişikliği ve etkin su kullanımı. *TABAD Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1), 87-95.
- Chandio, A. A, Öztürk, I, Akram, W, AHMAD, F & Mirani, A.A (2020). Empirical analysis of climate change factors affecting cereal yield: evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 11944–11957. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07739-y>.
- Chopra, R. R. (2023). Sustainability assessment of crops production in India: empirical evidence from ARDL-ECM approach. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 13(3), 468-489. <https://doi.org/10.1108/JADEE-06-2021-0153>.
- Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (2023). Analizler. <https://www.mgm.gov.tr/veri-degerlendirme/> (Alınma Tarihi: 17.10.2023).
- Dickey, D. A. & Fuller W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root, *Econometrica*, 49(4), 1057-1072.
- Doğan, S. & Tüzer, M. (2011), Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. *Cumhuriyet Üniversitesi. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 12(1), 21-34.
- Dumrul, Y. & Kılıçarslan, Z. (2017). Economic impacts of climate change on agriculture: empirical evidence from ARDL approach for Turkey. *Journal of Business, Economics and Finance*, 6(4), 336-347. <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2017.766>.
- El-Khalifa, Z.S., Zahran, H. F. & Ayoub, A. (2022). Climate change factors impact on the Egyptian agricultural sector. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 12(3), 192-200. <https://doi.org/10.55493/5005.v12i3.4600>.
- Enders W. (2009). *Applied econometric time series*. Wiley & Sons, New York, 213 sy.
- Eruygur, H. O. & Özokçu, S. (2016). Türkiye’de iklim değişikliğinin buğday verimi üzerine etkileri: bir heterojen panel çalışması. *Ekonomik Yaklaşım*, 27(101), 2019-255. <https://doi.org/10.5455/ey.35944>.
- Eştürk, Ö. & Mert, N. (2022). Küresel iklim değişikliğinin Ardahan ilinde tahıl ve yem bitkileri verimliliği üzerine etkilerinin ARDL modeli ile analizi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 25(Ek Sayı 2): 506-514. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.1011936>.
- Gemicioglu, S. (2019). Tahmin sonrası testler. <https://sgemicioglu.netlify.app/pdf/Postestimation.pdf> (Alınma Tarihi: 29.02.2024).
- Guiteras, R. (2009). The impact of climate change on Indian agriculture. Manuscript, University of Maryland, Department of Economics.
- Hasegawa, T., Fujimori, S., Shin, Y., Tanaka, A., Takahashi, K. & Masui, T. (2015). *Environmental Science & Technology*, 49, 7245-7253. <https://doi.org/10.1021/es5051748>.
- Kara, K. Ö. & Yereli, A. B. (2022). İklim değişikliğinin yönetimi ve tarım sektörü. *Afet ve Risk Dergisi*, 5(1), 361-379.
- Kaya, H., Kete, H. & Aydın, M.S (2017). Türkiye’de yaşam beklentisi tasarruf ilişkisi: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Akademik Bakış Dergisi*, 62, 368-380.
- Kumar, K.S.K. & Parikh, J. (2001). Indian agriculture and climate sensitivity. *Global Environmental Change*, 11(2), 147-154. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00004-8](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00004-8).
- Loum, A. & Fogarassy C (2015). The effects of climate change on cereals yield of production and food security in Gambia. *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 9(4), 83-92. <https://doi.org/10.19041/APSTRACT/2015/4/11>.
- Mendelsohn, R. & Williams, L. (2004). Comparing forecasts of the global impacts of climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 9, 315-333.
- Mert, M. & Çağlar, A.E. (2019). *Eviews ve Gauss uygulamalı zaman serileri analizi*. Detay Yayıncılık, Ankara, 482 sy.
- Nsabimana, A. & Habimana, O. (2017). Asymmetric effects of rainfall on food crop prices: evidence from Rwanda. *Environmental Economics*, 8(3), 137-149. [https://doi.org/10.21511/ee.08\(3-1\).2017.06](https://doi.org/10.21511/ee.08(3-1).2017.06).
- OECD (2023). Çevre istatistikleri. [https://data-explorer.oecd.org/?fs\[0\]=Topic%2C0%7CEnvironment%23ENV%23&pg=0&fc=Topic&bp=true&snb=44](https://data-explorer.oecd.org/?fs[0]=Topic%2C0%7CEnvironment%23ENV%23&pg=0&fc=Topic&bp=true&snb=44). (Alınma Tarihi: 15.10.2023).
- Olesen, J., Jensen, T. & Petersen, J. (2000). Sensitivity



- of field-scale winter wheat production in Denmark to climate variability and climate change. *Climate Research*, 15, 221-238.
- Olesen, J.E & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16(4), 239-262. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00004-7).
- Onurlu, M. E. & Ulaş, M. (2021). AB ülkeleri için tarımsal üretim ve hava kirliliği arasındaki ilişkinin heterojen panel nedensellik analizi (Sözlü bildiri). ICOAEF VIII International Conference on Applied Economics and Finance & Extended With Social Sciences, Online, Türkiye, 4-5 Aralık 2021, ss. 12.
- Özgür, M. I. & Demirtaş, C. (2022). Türkiye’de iklim değişikliği ile şeker pancarı üretimi arasındaki ilişkinin incelenmesi: zamanla değişen simetrik ve asimetrik nedensellik analizi. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 21(2), 611-628.
- Philips, P.C. & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Robertson, R., Nelson, G., Thomas, T. & Rosegrant, M. (2013). Incorporating process-based crop simulation models into global economic analyses. *American Journal of Agricultural Economics*, 95(2), 228-235.
- Sarı, A. (2008). Parasalcı görüşe göre Türkiye’de ödemeler bilançosu dengesinin sağlanmasında otomatik denkleme mekanizmalarının etkinliği. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), 1-12.
- Southworth, J., Randolph, J.C., Habeck, M., Doering, O. C., Pfeifer, R.A., Rao, D.G. & Johnston, J.J. (2000). Consequences of future climate change and changing climate variability on maize yields in the midwestern United States. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82,139-158.
- Taha, M. E., Eliw, M., Elesawi, A.E., Shehata, H.M.A, Ewis, D.M. & Goma, A.T (2022). An economic repercussion to the impact of climate change on the most important Egyptian food security crops. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13(3), 1879-1893. <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S03.284>.
- Takle, E.S., Gustafson, D., Beachy, R., Nelson, G.C., Maon-D’Croz, D. & Palazzo, A. (2013). US food security and climate change: agricultural futures. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 7(34), 1-41. <http://doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2013-34>.
- Tarı, R. (2006). *Ekonometri. Avcı Ofset*, İstanbul, 534 sy.
- Teyyare, E. (2018). Tasarruf-yatırım-kurumsal kalite ilişkisine yönelik bir analiz: Türkiye örneği. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(1), 119-139.
- Toda H.Y. & Yamamoto T. (1995) Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated Processes. *Journal of Econometrics*, 66, 225-250.
- Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler, *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1, 26-37.
- Zaied, Y.B (2013). Long run versus short run analysis of climate change impacts on agriculture. *Economic Research Forum, Working Paper Series*, 808, 1-14.