

## Impact Of Agricultural Economic Development on Carbon Dioxide Emissions in The ASEAN Region

Supatsorn Chomcherd, Waraporn Nunthasen, Ke Nunthasen, and Nirote Sinnarong

Faculty of Economics, Maejo University, Thailand

E-mail: MJU6612304014@mju.ac.th, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-1136-5552>

E-mail: waraporn\_n@mju.ac.th, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-1302-6211>

E-mail: ke\_n@mju.ac.th, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-0801-1201>

E-mail: nirote@mju.ac.th, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5931-2696>

Received 10/02/2025

Revised 17/02/2025

Accepted 21/03/2025

### Abstract

**Background and Aims:** Climate change, largely due to carbon dioxide emissions, poses major global challenges. The agriculture sector is a significant contributor to greenhouse gas emissions in Asia, particularly in the ASEAN region, where five countries account for most emissions. This study examines trends in agricultural economic development and their relationship to carbon dioxide emissions in the ASEAN region.

**Methodology:** This study employs panel data from 1990 to 2022, focusing on the five highest-emitting ASEAN countries: Indonesia, Malaysia, the Philippines, Thailand, and Vietnam. Data were sourced from the World Development Indicators by the World Bank. The analysis treats agricultural activities as independent variables and carbon dioxide emissions, GDP per capita, and labor force participation as dependent variables.

**Results:** Agricultural activities significantly impact carbon dioxide emissions at the 0.05 level and GDP per capita at the 0.01 level. Similarly, in the ASEAN region, agricultural economic development is linked to carbon dioxide emissions, influenced by industry prevalence, energy sources, and economic efficiency.

**Conclusion:** Agricultural practices substantially affect carbon dioxide emissions and GDP per capita in the ASEAN region, influenced by industry presence, energy types, industrial growth, and economic recovery.

**Keywords:** Economic Development; Agricultural Sector; Carbon Dioxide Emissions; ASEAN Region

## ผลกระทบของการพัฒนาเศรษฐกิจภาคการเกษตรต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภูมิภาคอาเซียน

สุภัทสร โฉมเชิด, วราภรณ์ นันทะเสน, เก นันทะเสน และนิโรจน์ สิ้นณรงค์

คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

### บทคัดย่อ

**ภูมิหลังและวัตถุประสงค์:** การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก่อให้เกิดความท้าทายระดับโลกที่สำคัญ ภาคการเกษตรมีส่วนสำคัญในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเอเชีย โดยเฉพาะในภูมิภาคอาเซียน ซึ่งมี 5 ประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด การศึกษาครั้งนี้จะตรวจสอบแนวโน้มในการพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตรและความสัมพันธ์กับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภูมิภาคอาเซียน

**ระเบียบวิธีการวิจัย:** การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลแบบพาเนลจากปี 1990-2022 โดยเน้นที่ 5 ประเทศสมาชิกอาเซียนที่มีการปล่อยก๊าซมากที่สุด ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และเวียดนาม โดยข้อมูลรวบรวมจาก World Development Indicators ที่จัดทำโดยธนาคารโลก การวิเคราะห์จะรวมถึงกิจกรรมทางการเกษตรเป็นตัวแปรอิสระ และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อจำนวนประชากร และกำลังแรงงานเป็นตัวแปรตาม

**ผลการวิจัย:** กิจกรรมทางการเกษตรส่งผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อจำนวนประชากรที่ระดับ 0.01 นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตรและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภูมิภาคอาเซียนยังเผยให้เห็นระดับนัยสำคัญที่คล้ายคลึงกันสำหรับ กิจกรรมทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อจำนวนประชากรความสัมพันธ์นี้อาจเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น อัตราการแพร่หลายของอุตสาหกรรมในภูมิภาค แหล่งพลังงานสำหรับการผลิต ระดับการพัฒนาอุตสาหกรรม และประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจโดยรวม

**สรุปผล:** แนวทางปฏิบัติทางการเกษตรมีอิทธิพลอย่างมากต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อประชากรในภูมิภาคอาเซียน ซึ่งน่าจะเกิดจากตัวแปรต่าง ๆ เช่น การมีภาคอุตสาหกรรม ประเภทของพลังงานที่ใช้ การขยายตัวของอุตสาหกรรม และการฟื้นตัวทางเศรษฐกิจโดยรวม

**คำสำคัญ:** การพัฒนาเศรษฐกิจ; ภาคการเกษตร; การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์; ภูมิภาคอาเซียน

### บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะโลกร้อนกลายเป็นปัญหาสำคัญในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา โดยนักวิชาการระบุว่าอุณหภูมิโลกที่สูงขึ้นเป็นผลมาจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่กิจกรรมของมนุษย์มีส่วนทำให้เกิดการปล่อยก๊าซนี้อย่างมากในศตวรรษที่แล้ว (Alam, 2015) โดยเฉพาะจากภาคเกษตรกรรมซึ่งมีศักยภาพในการผลิตและพื้นที่เพาะปลูกจำนวนมากทั่วโลก ตามรายงานของธนาคารโลก ภาคเกษตรกรรมมีส่วนทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก 19-29 เปอร์เซ็นต์ (Lynch et al., 2021) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากแหล่งต่าง ๆ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยสังเคราะห์ การปลูกข้าว การเผาเศษซากพืช และการใช้เชื้อเพลิงในฟาร์ม นอกจากนี้ Russell (2014) ยังตั้งข้อสังเกตว่ากระบวนการทางการเกษตรเกือบทั้งหมดมีส่วนทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อีกทั้ง Saatchi et al. (2011) เน้นย้ำว่าการผลิตทางการเกษตรมีส่วนทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงผ่านการแปรรูปผลิตภัณฑ์ การผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม และการขนส่งสินค้าเกษตร เห็นได้ชัดว่ากิจกรรมทางการเกษตรหลายอย่างมีส่วนทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากทุ่งนาและพื้นที่เลี้ยงสัตว์ ในปี 2564 ปริมาณ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรทั่วโลกมีจำนวนทั้งสิ้น 7.8 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO<sub>2</sub>e) โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการเกษตรทั่วโลกเพิ่มขึ้นร้อยละ 14 เกินกว่าครึ่งหนึ่งนั้นมาจากภาคปศุสัตว์ ซึ่งคิดเป็น 2.9 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO<sub>2</sub>e) (FAO, 2023) นอกจากนี้รายงานของ Ritchie et al. (2023) ยังระบุถึงการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกตั้งแต่ปี 1990 ถึงปี 2022

เอเชียเป็นหนึ่งในทวีปที่มีส่วนแบ่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันดับต้น ๆ ของโลก โดยมีสาเหตุหลักมาจากการตัดไม้ทำลายป่าและกิจกรรมทางการเกษตร (Pradhan et al., 2019) รายงานของ Roser (2020) กล่าวว่า เอเชียเป็นผู้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใหญ่ที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 53 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก และจากรายงานสถิติการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเอเชียของ Ritchie et al. (2023) พบว่า อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วงปี ค.ศ. 1990 – 2022 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาเจาะจงถึงขอบเขตอาเซียน ซึ่งเป็นสมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้หรืออาเซียนก่อตั้งขึ้นในกรุงเทพฯ ในปีพ.ศ. 2510 อาเซียนประกอบด้วย 10 ประเทศ ได้แก่ บรูไน กัมพูชา อินโดนีเซีย ลาว มาเลเซีย เมียนมาร์ ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ ไต้หวัน และเวียดนาม (ASEAN, 2022) ได้มีพื้นที่การเกษตรและผลผลิตทางการเกษตรมากที่สุดในโลก ซึ่งทำให้เป็นพื้นที่ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก โดยร้อยละ 90 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจาก 5 ประเทศในภูมิภาคอาเซียน ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และเวียดนาม (Orecchia et al., 2016) โดยประเทศที่มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดคือ อินโดนีเซีย ส่วนประเทศที่เหลือมีสัดส่วนการปล่อยไม่แตกต่างกันมาก สำหรับเวียดนามพบว่าในช่วงเวลาไม่กี่ปีมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (World Bank, 2020) โดยกิจกรรมหลักของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนมากคือ “ภาคการเกษตร”

ดังนั้นจากอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในประเทศอาเซียน อันเป็นผลหลักมาจากการกิจกรรมการเกษตร ซึ่งสร้างผลกระทบต่อหลายภาคส่วนในสังคม ฉะนั้นจึงทำให้ผู้วิจัยมุ่งสำรวจสถานการณ์และแนวโน้มการพัฒนาเศรษฐกิจภาคการเกษตรต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมทั้งทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจภาคการเกษตรของกลุ่มประเทศอาเซียน 5 ประเทศ ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และเวียดนาม ในช่วงปีค.ศ. 1990 – 2022 กับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้งานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์เชิงนโยบายเกี่ยวกับการพัฒนาการบริหารจัดการการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มภูมิภาคอาเซียน 5 ประเทศ ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และเวียดนาม

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสถานการณ์และแนวโน้มการพัฒนาเศรษฐกิจภาคการเกษตร และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภูมิภาคอาเซียน
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจภาคการเกษตรต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภูมิภาคอาเซียน

## การทบทวนวรรณกรรม

### 1. สถานการณ์และแนวโน้มการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคการเกษตร

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถือเป็นปัจจัยหลักต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ฉะนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบเชิงลบต่อสภาพภูมิอากาศ ทั่วโลกจำเป็นต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเร่งด่วน (Ritchie et al., 2023) โดยกิจกรรมที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ ภาคการเกษตร ในปี ค.ศ. 2018 การเกษตรทั้งหมดของโลกเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 9.3 พันล้านตัน จำแนกเป็นการเพาะปลูกและปศุสัตว์ภายในฟาร์มผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าครึ่งหนึ่ง 5.3 พันล้านตัน ส่วนกิจกรรมการใช้ที่ดินเป็นกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 4 พันล้านตัน ทว่าในปีค.ศ. 2000 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเกษตรและการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตลอดช่วงปีค.ศ. 2000 - 2018 และเพิ่มขึ้นกว่า 14 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามในปีหลังจาก 2018 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเกษตรและการใช้ที่ดินมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับการลดการตัดไม้ทำลายป่าที่สังเกตเห็นได้ชัดเจน ดังนั้นในปีค.ศ. 2018 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเกษตร ลดลงประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับปีค.ศ. 2000 และการใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้องคิดเป็น 17 เปอร์เซ็นต์ของการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ทั่วโลกจากทุกภาคส่วน (Tubiello and Conchedda, 2021)

สำหรับทวีปที่พบการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุดคือ เอเชียซึ่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกษตรมากที่สุดทั่วโลก ในปีค.ศ. 2020 มีการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ (Gt CO<sub>2</sub>e) เทียบเท่ากับ 3.7 พันล้านเมตริกตันในพื้นที่เกษตรกรรมในเอเชีย ซึ่งคิดเป็นประมาณร้อยละ 35 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก ส่วนแอฟริกาและละตินอเมริกาเป็นผู้ปล่อยก๊าซรายใหญ่เป็นอันดับรองลงมา โดยพื้นที่เกษตรกรรมในทั้งสองภูมิภาคผลิตได้ประมาณ 2.4 GtCO<sub>2</sub>e (Statista, 2023) เนื่องจากเอเชียเป็นภูมิภาคที่มีพื้นที่การเกษตรจำนวนมาก โดยเฉพาะเกษตรกรรมข้าวที่มีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไนตรัสออกไซด์และมีเทนเป็นหลัก ทั้งนี้ก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อนส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (AIT Public Affairs, 2023)

### 2. ทฤษฎี Environmental Kuznets Curve (EKC)

งานวิจัยนี้ผลกระทบของการพัฒนาเศรษฐกิจภาคการเกษตรต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางเศรษฐกิจมีแบบจำลองที่ใช้ศึกษามากมาย หนึ่งในนั้นคือ ทฤษฎีเติบโตแบบนีโอคลาสสิก ซึ่งมี Solow (1988) เป็นคนแรกที่แนะนำทฤษฎีการเติบโตแบบนีโอคลาสสิกในปีค.ศ. 1956 กล่าวว่าการเติบโตเป็นปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนเกินกว่าที่จะสรุปเป็นความสัมพันธ์แบบไม่มีสาเหตุ ส่วนใหญ่ตัวขับเคลื่อนการเติบโตหรือพัฒนาทางเศรษฐกิจตามมุมมองของ Solow คือ เทคโนโลยี ตามด้วยทุนและแรงงาน ดังนั้น นักเศรษฐศาสตร์แบบนีโอคลาสสิกจึงเป็นคนแรกที่รับรู้และวิเคราะห์ประเภทของการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในฐานะตัวขับเคลื่อนการพัฒนาทางเศรษฐกิจ และหลังจากการศึกษาเชิงประจักษ์หลายครั้ง ก็สรุปได้ว่าปัจจัยนี้เป็นตัวขับเคลื่อนสำคัญที่สุดของพลวัตทางเศรษฐกิจ (Sredojević et al., 2016) โดยสมการการเติบโตแบบนีโอคลาสสิกแสดงให้เห็นว่าหากไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี ในสถานะสมดุลที่มั่นคงในระยะยาว จะไม่มีการเติบโตของการผลิตต่อหัวในระยะยาว (Sredojević et al., 2016) เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงงานและเทคโนโลยี ฟังก์ชันการผลิตของระบบเศรษฐกิจจึงมักถูกเขียนใหม่เป็น  $Y = F(K, L, A)$

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มุ่งความสนใจไปที่การพัฒนาทางเศรษฐกิจที่เชื่อมโยงกับภาคสิ่งแวดล้อมจึงเลือกใช้ทฤษฎี Environmental Kuznets Curve (EKC) ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีที่แพร่หลายที่สุดในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อม เกิดขึ้นในช่วงต้นทศวรรษ 1990 โดย Grossman (1991) แนวคิดนี้จะ

การศึกษาความสัมพันธ์ที่ตั้งสมมติฐานระหว่างตัวชี้วัดเกี่ยวกับความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมและรายได้ต่อประชากร โดยการพัฒนาทางเศรษฐกิจจะสัมพันธ์กับความเสื่อมโทรมและมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มขึ้น ฉะนั้นการพัฒนาทางเศรษฐกิจในระดับสูงจะนำไปสู่การปรับปรุงสิ่งแวดล้อม เนื่องจากได้สร้างผลกระทบเชิงลบหรือความเสื่อมโทรมต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ความเสื่อมโทรมทางสิ่งแวดล้อมจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระดับรายได้ที่สูงขึ้น ในขณะที่การพัฒนาทางเศรษฐกิจอยู่ในอัตราต่ำ ระดับความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมจะอยู่ในระดับต่ำ (Stern, 2004) กล่าวคือ สมมติฐาน EKC ในยุคแรกเริ่มได้อธิบายในแง่ของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตหรือกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มขึ้นในระดับรายได้ที่สูงขึ้น และมีลักษณะความสัมพันธ์เป็นรูปตัวอุกลับหัวหรือระฆังคว่ำ แต่ต่อมา Stern (2004) ได้เสนอว่า เมื่อความสัมพันธ์ข้างต้นดำเนินขึ้นระยะเวลาหนึ่ง จะมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องเพิ่มเติม ได้แก่ 1) ขนาดของการผลิต 2) ประเภทของอุตสาหกรรม 3) การปรับปรุงสถานะของเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทั้งสองกรณี ได้แก่กรณีประสิทธิภาพการผลิตถูกใช้น้อยลง ปัจจัยอื่นก็จะคงที่ และกรณีการเปลี่ยนแปลงอย่างเฉพาะของการปล่อยก๊าซในกระบวนการทำงานจะส่งผลให้มีมลพิษน้อยลง ผลการวิจัยพบว่า สมมติฐาน EKC ไม่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมพร้อมทั้ง Daly (1987) ได้กล่าวว่าแม้ประชากรจะมีรายได้เพิ่มขึ้น แต่ระดับความเข้มข้นของมลพิษ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ และการสะสมของเสียอันจะส่งผลให้เกิดความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมจะลดลง

### 3. วรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ภัทรา เฟงธรรมกิติ และคณะ (2554) พบว่านาอินทรีย์มีการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่านาเคมี เนื่องจากมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณมาก การลดปริมาณปุ๋ยและการไกล่ปยุในนาแบบ GAP ช่วยลดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ได้ นอกจากนี้ การระบายน้ำกลางฤดูปลูกมีส่วนช่วยลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวได้

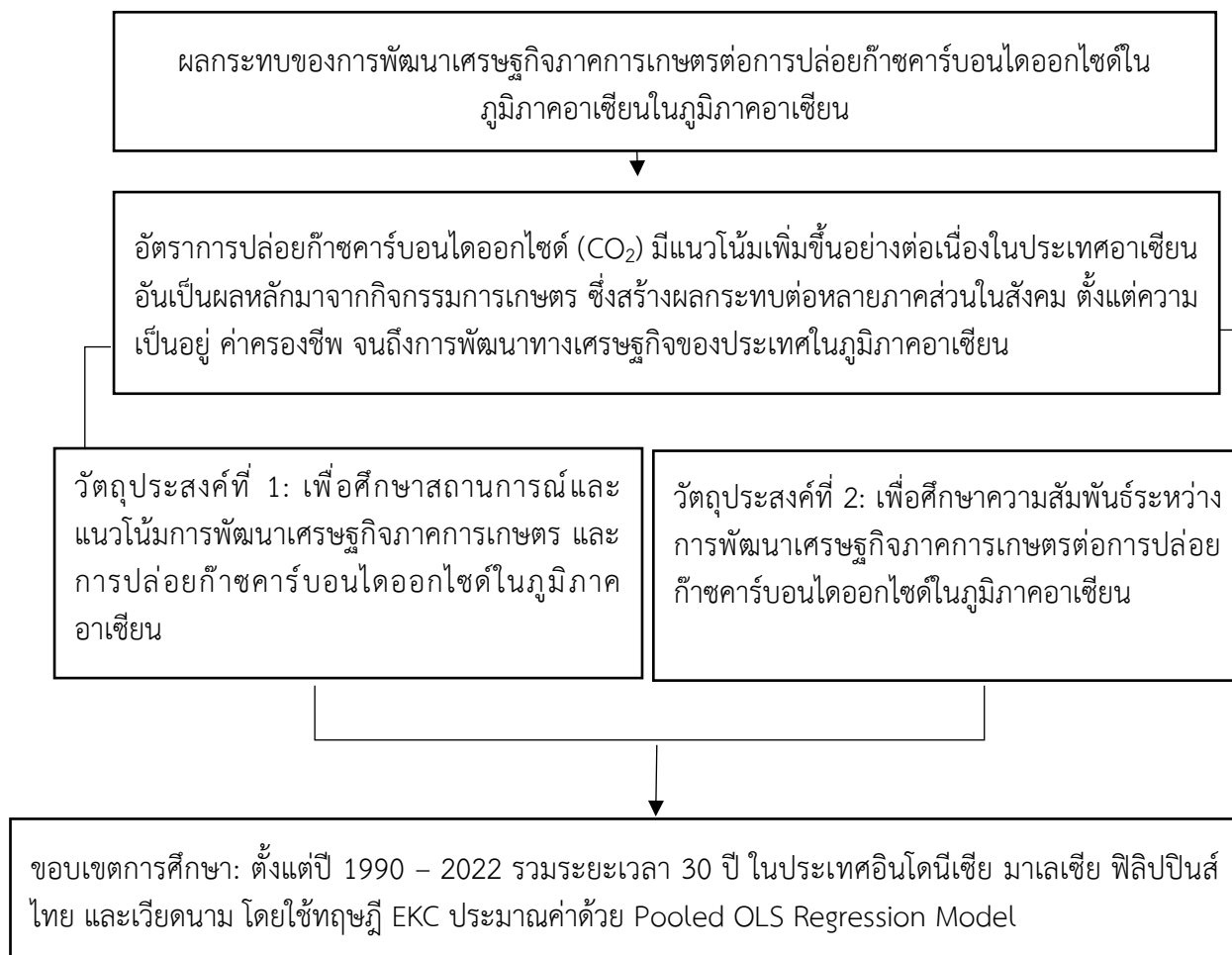
ธีรารัตน์ จีระมะกร (2563) พบว่าอ้อยตอมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด รองลงมาคืออ้อยปลูกใหม่ (แบบต่างๆ) และอ้อยตอ (ตัดสดไม่เผาใบ) มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด การปลูกอ้อยใหม่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าอ้อยตอ ดังนั้น การปลูกอ้อยตอและเก็บเกี่ยวแบบตัดสดไม่เผาใบ จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

Ahmed Ali et al. (2020) พบว่าการก่อสร้างอาคารมีบทบาทสำคัญในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปัญหาและความท้าทายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคอาคาร ได้แก่ การใช้พลังงานที่ไม่หมุนเวียน การออกแบบอาคารที่ไม่ดี และการขาดการพิจารณาความยั่งยืน ดังนั้น แผนการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงมีความจำเป็น ควบคู่ไปกับกรอบและแนวปฏิบัติที่เป็นมาตรฐาน

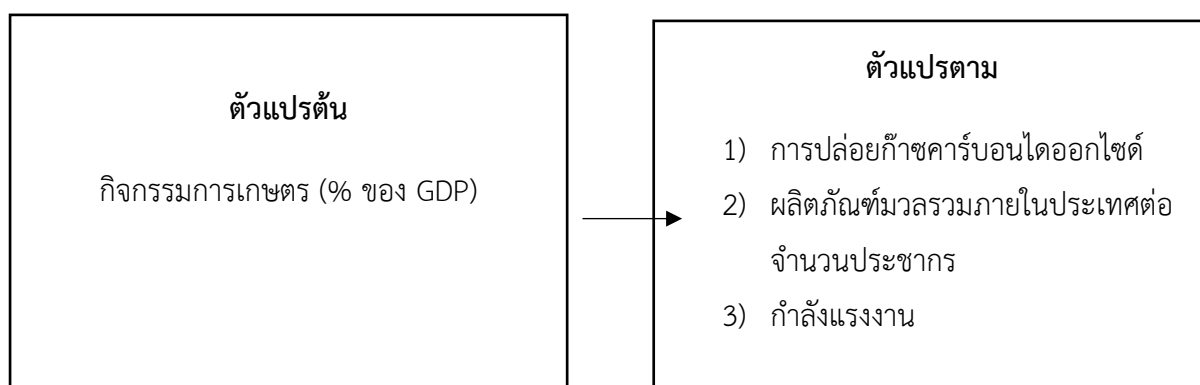
กล่าวโดยสรุปจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากภาคเกษตรกรรมและด้านอื่น ๆ นั้นเป็นความพยายามที่หลากหลาย โดยจำเป็นต้องพิจารณาอย่างครอบคลุม ตั้งแต่การจัดการดินและการใช้ปุ๋ยในการเพาะปลูกข้าว ไปจนถึงการเลือกวิธีปฏิบัติทางการเกษตรและเทคนิคการเก็บเกี่ยว ตลอดจนการออกแบบสถาปัตยกรรมและวิธีการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้าง ดังนั้น การดำเนินการตามแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมในแต่ละภาคส่วนจึงมีความจำเป็นต่อการบรรลุวัตถุประสงค์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อีกทั้งการวรรณกรรมและแนวคิดที่เกี่ยวข้องนี้จะถูกนำมาใช้อภิปรายผลการวิจัยที่ค้นพบต่อไป

## กรอบแนวคิดการวิจัย

### กรอบแนวคิดกระบวนการวิจัย



### กรอบแนวคิดความสัมพันธ์ตัวแปร



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

## 1. พื้นที่เป้าหมาย

การศึกษามุ่งศึกษา 5 ประเทศสมาชิกอาเซียน ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และเวียดนาม ซึ่งเป็น 5 ประเทศที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดในภูมิภาคอาเซียน (Orecchia et al., 2016)

## 2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิในลักษณะข้อมูลแบบพานเนล (Panel Data) ในช่วงปี ค.ศ. 1990 – 2022 รวมระยะเวลา 30 ปี โดยข้อมูลจะถูกเก็บรวบรวมจาก World Development Indicators (WDI) ที่จัดทำโดยธนาคารโลก (World Bank) ประกอบด้วยข้อมูลสถิติเกี่ยวกับกิจกรรมทางการเกษตร (% ของ GDP) ของ 5 ประเทศอาเซียน ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และเวียดนาม ในช่วงปี ค.ศ. 1990-2022 ซึ่งเป็นตัวแปรต้นของการศึกษานี้ รวมถึงข้อมูลสถิติเกี่ยวกับ CO<sub>2</sub> emissions (kt), Gross Domestic Product (GDP), Labour force (LAB) ของ 5 ประเทศอาเซียนตัวอย่างในช่วงปี ค.ศ. 1990 – 2022 ซึ่งเป็นตัวแปรตาม

## 3. สมมติฐาน

การศึกษานี้ใช้สมมติฐาน Environmental Kuznets Curve (EKC) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งเป็นสมมติฐานที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาทางเศรษฐกิจและความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม โดยเสนอว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวมีลักษณะเป็นรูปทรงระฆังคว่ำ (Grossman and Krueger, 1995)

## 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการถดถอยแบบพานเนล (Panel Data Regression) ในรูปแบบ Pooled OLS Regression Model มาเป็นสถิติวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัว โดยผู้วิจัยได้กำหนดให้ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

## ผลการวิจัย

1. สถานการณ์และแนวโน้มการพัฒนาเศรษฐกิจภาคการเกษตรและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภูมิภาคอาเซียน

ก่อนทำการวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้ทดสอบความเหมาะสมของข้อมูล โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร (Multicollinearity) การวิเคราะห์คลาดเคลื่อนมีสหสัมพันธ์กัน (Autocorrelation) การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Heteroskedasticity) พบว่า การวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว และกำลังแรงงานในประเทศอาเซียนมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ โดยค่า VIF ต่ำกว่า 10 หมายความว่าไม่มีปัญหาการสัมพันธ์กันแบบพหุตัวแปร ส่วนค่าสถิติ Durbin-Watson ที่ 1.5389 แสดงให้เห็นว่าไม่มีข้อผิดพลาดหรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ซึ่งบ่งชี้ว่าไม่มีปัญหาการสหสัมพันธ์อัตโนมัติ รวมถึงค่าสถิติ F สูงกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าไม่มีความเป็นเบี่ยงเบนของความแปรปรวนระหว่างตัวแปร ซึ่งหมายถึงไม่พบปัญหาความแปรปรวนไม่คงที่ นำไปสู่การวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยใช้ Pooled OLS Regression Model

ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเกษตร การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ และกำลังแรงงานของ 5 ประเทศในกลุ่มอาเซียนตัวอย่าง ในช่วงเวลาตั้งแต่ ค.ศ. 1990 – 2022 โดยรวมแล้วพบว่าค่า R-squared อยู่ที่ 0.7808 ซึ่งบ่งชี้ว่าตัวแปรที่พิจารณาสามารถระบุการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน 5 ประเทศในกลุ่มอาเซียนตัวอย่างได้ร้อยละ 78.08 ทั้งนี้พบว่าตัวแปรกิจกรรมการเกษตรส่งผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และกิจกรรม

การเกษตรส่งผลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อจำนวนประชากรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01

2. ความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจภาคการเกษตรต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภูมิภาคอาเซียน

ผลการวิจัย พบว่า กิจกรรมการเกษตร (AGR) มีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ค่าสัมประสิทธิ์ = -0.0970, p-value = 0.03) ซึ่งหมายความว่า เมื่อกิจกรรมการเกษตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลง 0.0970 หน่วย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อจำนวนประชากร (GDP) ยังมีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 กับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ค่าสัมประสิทธิ์ = -0.2527, p-value = 0.0000) ซึ่งหมายความว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลง 0.2527 หน่วย

**ตารางที่ 1** ผลการประมาณค่าสถานการณ์และแนวโน้มการพัฒนาเศรษฐกิจภาคการเกษตรและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภูมิภาคอาเซียน

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LN_CO <sub>2</sub>	-0.0970	0.0457	-2.1225	0.0354**
LN_GDP	-0.2527	0.0326	-7.7625	0.0000***
LN_LAB	0.0744	0.0377	1.9761	0.0500
C	4.3752	0.4524	9.6704	0.0000***
R-square	0.7808			
Adjusted R <sup>2</sup>	0.7765			
Durbin-Watson	1.5389			

หมายเหตุ: \*\*มีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 5, \*\*\*มีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 1

## อภิปรายผล

จากผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมการเกษตรกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ การทำกิจกรรมการเกษตรมากขึ้น อาจนำไปสู่การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Tubiello and Conchedda (2021) ที่พบว่า การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเกษตรลดลงร้อยละ 4 ในปี 2018 เมื่อเทียบกับปี 2000 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะประเทศในอาเซียนมีแนวโน้มทำการเกษตรแบบยั่งยืน เช่น การใช้กรรมวิธีที่กักเก็บคาร์บอนในดิน ซึ่งช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สอดคล้องกับงานวิจัยของภัทรา เฟงธรรมศิริ และคณะ (2554) ที่พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการทำเกษตรแบบช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างไรก็ตามแม้การเกษตรแบบยั่งยืนจะมีส่วนช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ภูมิภาคเอเชียซึ่งมีพื้นที่การเกษตรมาก ก็มีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกเช่นกัน (AIT Public Affairs, 2023) ดังนั้น การส่งเสริมการทำเกษตรอย่างยั่งยืนในระยะยาวจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมีประสิทธิภาพ (Statista, 2023)

นอกจากนี้กิจกรรมทางการเกษตรมีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อจำนวนประชากรที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งบ่งชี้ว่ามีโอกาสเพียงร้อยละ 1 เท่านั้นที่ผลลัพธ์จะเกิดขึ้นโดยบังเอิญ

กล่าวคือ เมื่อกิจกรรมทางการเกษตรเพิ่มขึ้น ผลผลิตทางเศรษฐกิจอาจลดลง ซึ่งอาจมีสาเหตุจากปัญหาเชิงโครงสร้างทางเศรษฐกิจ หรือการใช้เทคโนโลยีที่ไม่ทันสมัย (Sredojević et al., 2016)

อย่างไรก็ดีความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจภาคการเกษตรต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภูมิภาคอาเซียน พบว่า กิจกรรมการเกษตรส่งผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ระดับ 0.05) และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อจำนวนประชากรที่นัยสำคัญทางสถิติ (ระดับ 0.01) ความสัมพันธ์ที่สำคัญนี้อาจเป็นผลมาจากปัจจัยต่าง ๆ รวมถึงอุตสาหกรรมที่แพร่หลายในภูมิภาค แหล่งที่มาของพลังงานที่ใช้สำหรับการผลิต ระดับของการพัฒนาอุตสาหกรรม และการดำเนินการทางเศรษฐกิจโดยรวมที่เป็นตัวกำหนดการปล่อยก๊าซคาร์บอน ทั้งนี้การที่ Daly (1987) กล่าวว่าแม้ประชากรจะมีรายได้เพิ่มขึ้น แต่ระดับความเข้มข้นของมลพิษ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ และการสะสมของเสียอันจะส่งผลให้เกิดความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมจะลดลง กล่าวคือ เมื่อผู้คนมีรายได้มากขึ้น พวกเขาสามารถปรับปรุงชีวิตและกิจกรรมต่าง ๆ ที่ตนเองกระทำได้โดยไม่ต้องสร้างความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมมากนัก ซึ่งหมายความว่า การเติบโตทางเศรษฐกิจสามารถเกิดขึ้นควบคู่ไปกับสถานการณ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดีขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยข้างต้น ซึ่งสามารถอนุมานได้ว่า เมื่อเกษตรในกลุ่มภูมิภาคอาเซียน 5 ประเทศ ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และเวียดนาม มีรายได้มากขึ้น กิจกรรมการเกษตรที่สามารถทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมจะลดลง เช่น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

เพื่อให้การบริหารจัดการการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพัฒนาผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อจำนวนประชากรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ กลุ่มภูมิภาคอาเซียน 5 ประเทศ ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และเวียดนามควรให้ความสนใจต่อกิจกรรมการเกษตรภายในประเทศมากขึ้น เนื่องจากปัจจัยนี้จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อจำนวนประชากรได้ กล่าวคือ เมื่อกิจกรรมการเกษตรเพิ่มขึ้น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อจำนวนประชากรจะลดลง โดยผู้ศึกษาได้นำเสนอแนวทางเชิงนโยบายไว้ดังนี้

#### 1) นโยบายส่งเสริมการเกษตรที่ยั่งยืน

ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรสนับสนุนและส่งเสริมการทำเกษตรอินทรีย์ และการใช้พลังงานหมุนเวียนในภาคการเกษตรอย่างจริงจัง เช่น การให้เงินอุดหนุน การลดหย่อนภาษี หรือการสนับสนุนด้านเทคโนโลยี เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ในขณะเดียวกันภาครัฐควรจัดโครงการรณรงค์และให้ความรู้แก่เกษตรกรอย่างต่อเนื่อง เกี่ยวกับผลกระทบของการทำเกษตรที่ไม่ยั่งยืนต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การเผาป่า การใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงในปริมาณมากเกินไปจนทำให้ดินเสื่อม รวมถึงส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับการทำเกษตรที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงภาครัฐควรสนับสนุนการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้ในภาคการเกษตรอย่างเป็นระบบ เช่น ระบบชลประทานที่ประหยัดน้ำ การใช้ปุ๋ยชีวภาพ การทำเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) และเทคโนโลยีการเกษตรอื่นๆ ที่ช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยร่วมมือกับภาคเอกชนในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสม

## 2) นโยบายสนับสนุนเกษตรกร

ภาครัฐควรจัดตั้งกองทุนหรือโครงการสินเชื่อดอกเบี้ยต่ำ เพื่อให้เกษตรกรเข้าถึงแหล่งเงินทุนได้ง่ายขึ้น สำหรับการลงทุนในเทคโนโลยีการเกษตรที่ยั่งยืน การปรับปรุงระบบการผลิต และการพัฒนาศักยภาพของตนเอง พร้อมทั้งภาครัฐควรจัดตั้งศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีและข้อมูลข่าวสารทางการเกษตร เพื่อให้เกษตรกรเข้าถึงเทคโนโลยีที่ทันสมัยและข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจและวางแผนการผลิต นอกจากนี้ภาครัฐควรส่งเสริมความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน ภาคประชาสังคม และเกษตรกร เพื่อพัฒนานโยบายที่ส่งเสริมการเกษตรที่ยั่งยืนอย่างเป็นรูปธรรม เช่น การจัดตั้งกลุ่มเกษตรกร การสนับสนุนการตลาดสินค้า

## 3) นโยบายที่สอดคล้องกัน

ภาครัฐควรบูรณาการนโยบายด้านการเกษตร สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ ให้เป็นไปในทิศทางที่สอดคล้องกันและสนับสนุนซึ่งกันและกัน เพื่อให้การพัฒนาภาคการเกษตรเป็นไปอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ภาครัฐควรติดตามและประเมินผลนโยบายและมาตรการที่เกี่ยวข้องอย่างสม่ำเสมอ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงและพัฒนานโยบายให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยเปิดเผยข้อมูลการประเมินผลให้สาธารณชนได้รับทราบ เพื่อความโปร่งใสและ accountability

## 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต

งานวิจัยครั้งนี้นำความสนใจไปที่ประเทศอินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และเวียดนาม ด้วยการเจาะจงปีค.ศ. 1990 – 2022 และกำหนดตัวแปรคือ กิจกรรมการเกษตร การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและกำลังแรงงาน เพื่อศึกษาสถานการณ์แนวโน้มการพัฒนาเศรษฐกิจภาคการเกษตรต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจภาคการเกษตรต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกลุ่มภูมิภาคอาเซียน 5 ประเทศ ดังนั้นงานศึกษาในอนาคตควรศึกษามุ่งความสนใจไปที่ประเทศอื่น ๆ ในภูมิภาคอาเซียน พร้อมทั้งควรเจาะจงปีการศึกษาและตัวแปรที่หลากหลายขึ้นจะสามารถทำให้ได้ผลการศึกษาที่แตกต่างและหลากหลายขึ้นได้

## เอกสารอ้างอิง

- ธีรรัตน์ จีระมะกร, ณัฐภูมิ ขาวสะอาด และประพิฑารีย์ ธนารักษ์. (2563). การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการปลูกอ้อยในจังหวัดบุรีรัมย์. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 25(1), 256-269.
- ภัทรา เฟงธรรมกิติ, ชยาพร วัฒนศิริ, เครือมาศ สมัครการ, ตุลวิทย์ สถาปนจารุ, ประไพพิศ ชัยรัตนมโนกร. (2554). *ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินตามหลักของการผลิตทางเกษตรที่เหมาะสม การผลิตเกษตรอินทรีย์ และการจัดการน้ำในพื้นที่ปลูกข้าว*. รายงานวิจัย: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.
- Ahmed Ali, K., Ahmad, M. I., & Yusup, Y. (2020). Issues, impacts, and mitigations of carbon dioxide emissions in the building sector. *Sustainability*, 12(18), 1 - 11.
- AIT Public Affairs. (2023). *Mitigating Greenhouse Gas Emissions in Rice Agriculture*. Retrieved from: <https://ait.ac.th/2023/06/mitigating-greenhouse-gas-emissions-in-rice-agriculture/>
- Alam, J. (2015). Impact of agriculture, industry, and service sector's value added in the GDP on CO2 emissions of selected South Asian countries. *World Rev Bus Res*, 5(2), 39-59.

- ASEAN. (2022). *ASEAN Annual Report 2021 - 2022*. Retrieved from: [https://asean.org/wp-content/uploads/2022/08/LAYOUT-ANNUAL-REPORT-2021-2022-11-28-spread\\_compressed.pdf](https://asean.org/wp-content/uploads/2022/08/LAYOUT-ANNUAL-REPORT-2021-2022-11-28-spread_compressed.pdf).
- Daly, H. E. (1987). The economic growth debate: what some economists have learned but many have not. *Journal of Environmental Economics and Management*, 14(4), 323-336.
- FAO. (2023). *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2023*. Retrieved from: <https://openknowledge.fao.org/items/5c272dc7-e1b8-486a-b323-6babb174eee0>
- Grossman, G. M. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. United States: National Bureau of Economic Research Inc.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.
- Lynch, J., Cain, M., Frame, D., & Pierrehumbert, R. (2021). Agriculture's contribution to climate change and role in mitigation is distinct from predominantly fossil CO<sub>2</sub>-emitting sectors. *Frontiers in sustainable food systems*, 4, 1 - 9.
- Orecchia, C., Raitzer, D., Bosello, F., Tavoni, M., Marangoni, G. & Samson, J. (2016). *Southeast Asia and the Economics of Global Climate Stabilization*. Retrieved from: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/178615/sea-economics-global-climate-stabilization.pdf>
- Pradhan, B. B., Chaichaloempreecha, A., & Limmeechokchai, B. (2019). GHG mitigation in agriculture, forestry and other land use (AFOLU) sector in Thailand. *Carbon balance and management*, 14, 1-17.
- Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2023). *CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions*. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/coronavirus/country/somalia?country=~SOM>.
- Roser, H. R. a. M. (2020). *CO<sub>2</sub> emissions*. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/co2-emissions>.
- Russell, S. (2014). *Everything You Need to Know About Agricultural Emissions*. Retrieved from: <https://www.wri.org/insights/everything-you-need-know-about-agricultural-emissions>.
- Saatchi, S. S., Harris, N. L., Brown, S., Lefsky, M., Mitchard, E. T., Salas, W., ... & Morel, A. (2011). Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the national academy of sciences*, 108(24), 9899-9904.
- Solow, R. M. (1988). Growth theory and after. *The American Economic Review*, 78(3), 307-317.
- Sredojević, D., Cvetanović, S., & Bošković, G. (2016). Technological changes in economic growth theory: neoclassical, endogenous, and evolutionary-institutional approach. *Economic Themes*, 54(2), 177-194.



Statista. (2023). Annual carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions worldwide from 1940 to 2023.

Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/276629/global-co2-emissions/#:~:text=Annual%20global%20emissions%20of%20carbon%20dioxide%201940%2D2023&text=Emissions%20are%20projected%20to%20have,by%20more%20than%2060%20percent.>

Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32(8), 1419-1439.

Tubiello, F., & Conchedda, G. (2021). Emissions due to agriculture Global, regional and country trends. *FAO food and nutrition paper*, 1(18), 1 - 15.

World Bank. (2020). *CO<sub>2</sub> emissions (metric tons per capita)*. Retrieved from: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC>.

