JPAGS
Journal of Physics & General Science

ผลกระทบของแสงไฟข้างถนนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวนาปรังพันธุ์หอมปทุม ตำบลหนองลาน อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี

Impact of Street Lighting on the Growth and Yield of Hom Pathum Off-Season Rice in Nong Lan Subdistrict, Tha Maka District, Kanchanaburi Province

อาทิตย์ เรืองศรี[1] พัฒน์ศรัญย์ เลาหไพบูลย์[2] และอรณิชา คงวุฒิ[3*]

Artit Ruangsri[1], Phatsaran Laohhapaiboon[2] and Ornnicha Kongwut[3*]

[1]โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

[1]The Demonstration School of Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi

[2]หจก. บุญพาวาสนาส่ง กรุงเทพมหานคร

[2]Boonpawassanasong Part., Ltd., Bangkok

[3]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี

[3]Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi

*Corresponding author e-mail: ornnicha.k@kru.ac.th

(Received: October 15 , 2024, Revised: February 9, 2025, Accepted: June 19, 2025)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินผลกระทบของไฟข้างถนนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์หอมปทุมใน ตำบลหนองลาน อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงไฟและระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงที่กระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวในนาข้าวของจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยแบ่งเป็น 4 ระดับของความเข้มแสง (0, 0-50, 51-100, 101-150 lux) โดยทำซ้ำ 5 ครั้ง โดยแสงไฟข้างถนนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและฟีโนโลยีของข้าวอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบการเพิ่มขึ้นของความสูงของต้นข้าว 97.7 ซม. เมื่อเทียบกับ 85.4 ซม. ในกลุ่มควบคุม โดยพื้นที่ใบและมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น 18.5 กรัม/ต้น ในพื้นที่ที่ได้รับแสงไฟ ขณะที่การออกดอกมีความล่าช้า 93.8 วัน เมื่อเทียบกับ 85.3 วัน ในกลุ่มควบคุม ผลผลิตต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น 729.8 กก./ไร่ เมื่อเทียบกับ 650.3 กก./ไร่ ในกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีลดลง 3.8 % ผลการศึกษานี้ ชี้ให้เห็นถึงความซับซ้อนของผลกระทบจากไฟข้างถนนต่อการผลิตข้าว และเน้นย้ำความสำคัญของการพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่าง การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและการเกษตรในการวางแผนการใช้ที่ดินในพื้นที่ชนบทของประเทศไทย

คำสำคัญ: ไฟข้างถนน, ข้าวพันธุ์หอมปทุม, ผลผลิตข้าว, ความเข้มของแสง

ABSTRACT

This research aims to evaluate the impact of roadside lighting on the growth and yield of Hom Phatum rice in Nong Lan Subdistrict, Mueang District, Kanchanaburi Province, and to analyze the relationship between light intensity and distance from the light source affecting the growth and yield of rice in the paddy fields of Kanchanaburi Province. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD), divided into four levels of light intensity (0, 0–50, 51–100, 101–150 lux), with five replications. The roadside lighting significantly affected the physiological and phenological changes in rice, showing an increase in plant height to 97.7 cm compared to 85.4 cm in the control group. Leaf area and biomass increased by 18.5 g/plant in the illuminated areas, while flowering was delayed to 93.8 days compared to 85.3 days in the control group. Yield per area increased to 729.8 kg/rai compared to 650.3 kg/rai in the control group (rai is a Thai unit of area,

approximately 0.16 hectares). However, the percentage of good seeds decreased by 3.8 %. These findings highlight the complexity of the effects of roadside lighting on rice production and emphasize the importance of considering the interactions between infrastructure development and agriculture in land-use planning for rural areas of Thailand.

Keywords: roadside lighting, Hom Phatum rice, rice yield, light intensity

บทนำ

การพัฒนาอย่างรวดเร็วของโครงสร้างพื้นฐานในภูมิภาคเอเชียตะวันออกในช่วงสามทศวรรษที่ผ่านมาได้นำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญต่อภูมิทัศน์และระบบนิเวศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขยายตัวของเครือข่ายถนนและระบบไฟส่องสว่าง ซึ่งแม้จะเป็นสัญลักษณ์ของความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและการพัฒนาคุณภาพชีวิตแต่ก็อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและการเกษตรโดยรอบ ในประเทศจีนตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือการเพิ่มขึ้นของความยาวถนนทางหลวงจาก 1.6 ล้านกิโลเมตรในปี 2000 และเพิ่มขึ้นมากกว่า 5 ล้านกิโลเมตรในปี 2020 ซึ่งมาพร้อมกับการติดตั้งไฟส่องสว่างตลอดเส้นทาง ขณะที่ประเทศอื่น ๆ ในภูมิภาค เช่น ประเทศไทยก็มีการขยายเครือข่ายถนนในชนบทเพิ่มขึ้นกว่า 30 % ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ส่งผลให้พื้นที่เกษตรกรรมจำนวนมากอยู่ในรัศมีที่ได้รับผลกระทบจากแสงไฟจากถนน [1]

ในบริบทของการเปลี่ยนแปลงนี้การปลูกข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักและแหล่งอาหารสำคัญของภูมิภาคอาจได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ข้อมูลจากองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ระบุว่าในปี 2020 ประเทศในทวีปเอเชียผลิตข้าวได้มากถึง 90 % ของผลผลิตข้าวทั่วโลก [2] โดยมีประเทศจีนและอินเดียเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุด ตามมาด้วยประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อย่างประเทศ อินโดนีเซีย เวียดนาม และไทย นอกจากความสำคัญทางเศรษฐกิจแล้วการปลูกข้าวยังมีความสำคัญทางวัฒนธรรมและสังคม โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบทของหลายประเทศในภูมิภาคเช่น ในประเทศญี่ปุ่น และไทย ซึ่งวิถีชีวิตของชาวนามีความเชื่อมโยงกับประเพณีและพิธีกรรมต่าง ๆ ตลอดทั้งปี

การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้แสดงให้เห็นว่าแสงไฟในเวลากลางคืนสามารถส่งผลกระทบต่อพืชได้หลายประการ โดยเฉพาะการรบกวนวงจรวันและคืน (circadian rhythm) ซึ่งควบคุมโดยโปรตีนที่ไวต่อแสงเช่น Phytochrome และ Cryptochrome นอกจากนี้ยังอาจส่งผลต่อการสังเคราะห์แสง การออกดอก และการติดผล รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของแมลงผสมเกสรและศัตรูพืช ในกรณีของข้าวซึ่งเป็นพืชที่มีความไวต่อช่วงแสง (photoperiod-sensitive) ผลกระทบเหล่านี้อาจมีความสำคัญเป็นพิเศษ [3] การศึกษาในประเทศญี่ปุ่นโดย Markou et al. [4] พบว่าการได้รับแสงไฟ LED ในเวลากลางคืนส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากขึ้นแต่การออกรวงจะล่าช้ากว่าปกติ ในขณะที่งานวิจัยในประเทศจีนโดย He and Monaco [5] พบว่า แสงไฟในเวลากลางคืนส่งผลต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าว ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิต

ความท้าทายในการสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและการอนุรักษ์ระบบนิเวศเกษตรเป็นประเด็นสำคัญที่สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติโดยเฉพาะเป้าหมายที่ 2 (ขจัดความหิวโหย) และเป้าหมายที่ 11 (เมืองและชุมชนที่ยั่งยืน) [6] การขยายตัวของเมืองและโครงสร้างพื้นฐานในภูมิภาคเอเชียตะวันออกสร้างความท้าทายในการรักษาสมดุลนี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่มีพื้นที่จำกัดเช่น ประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ซึ่งต้องเผชิญกับการสูญเสียพื้นที่เกษตรกรรมอย่างต่อเนื่อง [7]

ด้วยเหตุนี้การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของไฟข้างถนนต่อการเจริญเติบโตของข้าวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้เข้าใจถึงขอบเขตและลักษณะของผลกระทบตลอดจนนำไปสู่การพัฒนาแนวทางในการลดผลกระทบเชิงลบและส่งเสริมการอยู่ร่วมกันระหว่างการพัฒนาเมืองและการเกษตรอย่างยั่งยืนในภูมิภาคเอเชียตะวันออก การวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาผลกระทบของไฟข้างถนนต่อการเจริญเติบโตของข้าวในพื้นที่เกษตรกรรมของภูมิภาคเอเชียตะวันออก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของแสงไฟจากถนนต่อการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา การออกดอก และผลผลิตของข้าวนาปรังในพื้นที่เกษตรกรรมของ ตำบลหนองลาน อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี

2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงไฟและระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงกับระดับของผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวในนาข้าวของตำบลดังกล่าว

การดำเนินงานวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรต้น: ไฟข้างถนน: แบ่งเป็น ความเข้มของแสง และระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสง

ตัวแปรตาม: การเจริญเติบโตของข้าว: แบ่งเป็น 3 ด้านหลัก

1) การเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา: วัดจากความสูงของต้นข้าว จำนวนใบ และมวลชีวภาพ

2) การออกดอก: พิจารณาจากระยะเวลาการออกดอก และจำนวนรวงต่อกอ

3) ผลผลิตข้าว: วัดจากน้ำหนักเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อรวง และคุณภาพเมล็ด

ตัวแปรควบคุม: ปัจจัยที่ต้องควบคุมให้เท่ากันในทุกกลุ่มทดลองได้แก่ ข้าวสายพันธุ์หอมปทุม ช่วงระยะการเจริญเติบโต 3-4 เดือน รูปแบบการทำนาปรัง ปริมาณน้ำ ปริมาณปุ๋ย อุณหภูมิ และความชื้นในดิน

ผลกระทบทางอ้อม: พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของแมลงในนาข้าวและวัชพืชซึ่งอาจได้รับผลกระทบจากไฟข้างถนนและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว

สมมติฐานการวิจัย

1. ไฟข้างถนนส่งผลกระทบเชิงลบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวในจังหวัดกาญจนบุรี โดยทำให้การเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาช้าลง การออกดอกล่าช้า และผลผลิตลดลง

2. ความรุนแรงของผลกระทบจากไฟข้างถนนต่อข้าวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มของแสงไฟ และระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสง

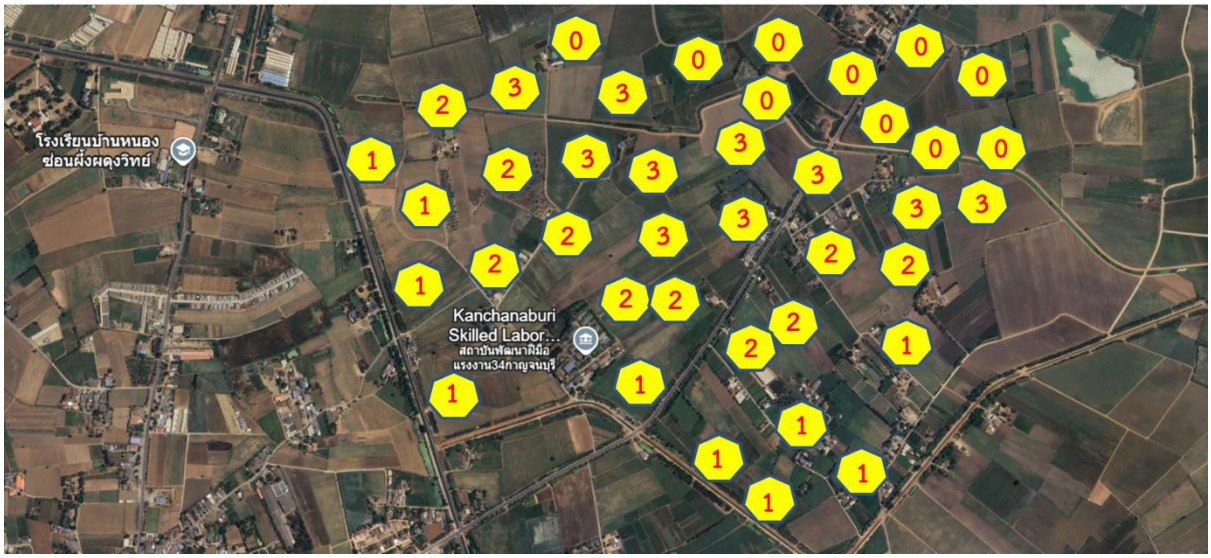
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองภาคสนาม ดำเนินการในพื้นที่นาข้าวตำบลหนองลาน อำเภอท่ามะกาจังหวัดกาญจนบุรี ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงตุลาคม พ.ศ. 2566

พื้นที่ศึกษาและการสุ่มตัวอย่าง: คัดเลือกพื้นที่นาข้าวใกล้ถนนที่มีไฟส่องสว่าง ดังภาพที่ 1 โดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) แบ่งพื้นที่เป็น 3 ระดับตามระยะห่างจากไฟข้างถนน: 0-50 ม., 51-100 ม., และ 101-150 ม. สุ่มเลือกแปลงนาในแต่ละระดับจำนวน 10 แปลงต่อระดับรวม 30 แปลง และกำหนดพื้นที่ควบคุมที่ไม่ได้รับผลกระทบจากไฟข้างถนนอีก 10 แปลง ดังภาพที่ 2

การออกแบบการทดลอง: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยกำหนดทรีทเมนต์ตามระดับความเข้มของแสงไฟ 4 ระดับ: ไม่มีแสงไฟ (ควบคุม), แสงไฟระดับต่ำ (0-50 lux), ปานกลาง (51-100 lux), และสูง (101-150 lux) ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งต่อทรีทเมนต์

ภาพที่ 1 พื้นที่นาข้าวในตำบลหนองลาน ซึ่งอยู่ใกล้ถนนและมีไฟส่องสว่าง



ภาพที่ 2 แผนที่พิกัดพื้นที่นาข้าวตำบลหนองลาน อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี (1 คือ ระยะห่างจากไฟข้างถนน 0-50 ม. 2 คือ ระยะห่างจากไฟข้างถนน 51-100 ม. 3 คือ ระยะห่างจากไฟข้างถนน 101-150 ม. และ 0 คือ แปลงควบคุม) [8]

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลแสงไฟ: วัดความเข้มของแสงด้วย lux meter (EVERFINE รุ่น SPIC-300, ความแม่นยำ ±2 %) ทุก 2 ชั่วโมงระหว่าง 18:00-06:00 น. เป็นเวลา 7 วันต่อเนื่อง คำนวณค่าเฉลี่ยความเข้มแสงสำหรับแต่ละแปลง

2. การเจริญเติบโตของข้าว:

- วัดความสูงต้นข้าวด้วยไม้วัดดิจิทัล (ความละเอียด 0.1 ซม.) ทุก 2 สัปดาห์
- นับจำนวนใบโดยใช้ Leaf Collar Method ทุก 2 สัปดาห์
- วัดพื้นที่ใบด้วย Leaf Area Meter (LI-3100C) ทุก 1 เดือน

- วัดมวลชีวภาพโดยสุ่มเก็บต้นข้าว 5 ต้นต่อแปลง อบแห้งที่ 70 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักแห้งทุก 1 เดือน

3. การออกดอกและผลผลิต:

- บันทึกวันออกดอก 50 %
- นับจำนวนรวงต่อกอจาก 10 กอต่อแปลง
- วัดความยาวรวงและนับจำนวนเมล็ดต่อรวงจาก 20 รวงต่อแปลง
- ชั่งน้ำหนัก 1,000 เมล็ด
- วัดผลผลิตต่อแปลงโดยเก็บเกี่ยวทั้งแปลง

4. คุณภาพเมล็ด:

- วัดความชื้นของเมล็ดด้วยเครื่อง Near-Infrared (NIR)
- วัดเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดโดยสุ่มตัวอย่าง 100 กรัม ผ่านเครื่องสีข้าวทดลอง

5. ข้อมูลสภาพแวดล้อม: ติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพอากาศอัตโนมัติในพื้นที่ศึกษา บันทึกข้อมูลทุก 15 นาที ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน ความเร็วลม และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ วัดอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 5 และ 10 ซม. ด้วย Soil Temperature Probe และวัดความชื้นในดินด้วย Time Domain Reflectometry (TDR) Probe

ผลการวิจัย

1. ผลกระทบของไฟข้างถนนต่อการเจริญเติบโตของข้าวหอมปทุมแบบนาปรังในตำบลหนองลาน อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย ได้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาผลกระทบของไฟข้างถนนต่อการเจริญเติบโตของข้าว

ตัวแปรที่ศึกษา	ควบคุม (0 ลักซ์)	แสงต่ำ (0-50 ลักซ์)	แสงกลาง (51-100 ลักซ์)	แสงสูง (101-150 ลักซ์)
ลักษณะการเจริญเติบโต				
ความสูงต้น (ซม.)	85.4 ± 3.2	89.7 ± 3.5	94.3 ± 3.8	97.7 ± 4.1
จำนวนใบ (ใบ/ต้น)	12.5 ± 0.8	13.2 ± 0.9	14.1 ± 0.7	15.3 ± 0.8
พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	450 ± 25	485 ± 28	520 ± 30	565 ± 32
มวลชีวภาพ (ก./ต้น)	150 ± 8.5	170 ± 9.2	190 ± 10.5	210 ± 11.8
การออกดอกและองค์ประกอบผลผลิต				
วันออกดอก 50 %	85.3 ± 2.1	87.6 ± 2.3	90.2 ± 2.5	93.8 ± 2.8
จำนวนรวง (รวง/ต้น)	12.5 ± 1.2	12.8 ± 1.3	13.1 ± 1.4	13.4 ± 1.5
ความยาวรวง (ซม.)	22.3 ± 1.1	23.1 ± 1.2	23.8 ± 1.3	24.6 ± 1.4
คุณภาพเมล็ดและผลผลิต				
ผลผลิต (กก./ไร่)	650.3 ± 35.2	678.5 ± 38.7	712.6 ± 42.3	729.8 ± 45.6
น้ำหนัก 1000 เมล็ด (ก.)	27.5 ± 0.8	27.2 ± 0.9	26.8 ± 1.0	26.5 ± 1.1
เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม (%)	95.2 ± 1.8	93.8 ± 2.0	92.1 ± 2.2	91.4 ± 2.4

หมายเหตุ: ค่าแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; ทุกการเปรียบเทียบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$

วิธีและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

1. วิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ ตามด้วย Tukey's HSD test สำหรับการเปรียบเทียบรายคู่เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

2. วิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple linear regression) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง ระยะห่าง และตัวแปรการเจริญเติบโตของข้าว

3. ใช้ repeated measures ANOVA วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามเวลา

4. ใช้ Principal Component Analysis (PCA) เพื่อลดมิติของข้อมูลและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

5. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วย ArcGIS ใช้ Spatial Autocorrelation (Moran's I) วิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของผลกระทบ

6. ใช้ Machine Learning Algorithm (random forest) เพื่อทำนายผลผลิตข้าวจากข้อมูลที่เก็บรวบรวม การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและการวิเคราะห์ทางสถิติดำเนินการโดยใช้โปรแกรม R (version 4.1.0) และ SPSS (version 27)

ผลการวิจัย

1. การตอบสนองด้านการเจริญเติบโต
   - ความสูงต้นข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามความเข้มแสง ($R^2 = 0.78$, $p < 0.001$)
   - ความเข้มแสงมีความสัมพันธ์เชิงบวก ($\beta = 0.62$)
   - ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงมีความสัมพันธ์เชิงลบ ($\beta = -0.41$)
2. การวิเคราะห์เชิงพื้นที่
   - พบรูปแบบการกระจายตัวแบบกลุ่มของผลกระทบ (Moran's I = 0.35)
   - มีสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ (z-score = 3.72, $p < 0.001$)
3. การสร้างแบบจำลองทำนาย
   - แบบจำลอง random forest มีความแม่นยำ 85 %
   - ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายผลผลิต (RMSE): 28.6 กก./ไร่
   - ตัวแปรสำคัญในการทำนาย: ความเข้มแสง ระยะห่างจากแหล่งกำเนิด และระยะเวลาออกดอก

ตารางที่ 2 ข้อมูลสภาพแวดล้อมระหว่างการทดลอง

ปัจจัยสภาพแวดล้อม	ควบคุม (0 ลักซ์)	แสงต่ำ (0-50 ลักซ์)	แสงกลาง (51-100 ลักซ์)	แสงสูง (101-150 ลักซ์)
ข้อมูลอากาศ (ค่าเฉลี่ย)				
อุณหภูมิอากาศ (°C)	28.5 ± 2.1	28.7 ± 2.2	28.4 ± 2.0	28.6 ± 2.3
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	75.3 ± 5.2	74.8 ± 5.5	75.1 ± 5.3	74.9 ± 5.4
ปริมาณน้ำฝน (มม./เดือน)	85.6 ± 10.2	84.9 ± 10.5	85.2 ± 10.3	85.4 ± 10.4
ความเร็วลม (ม./วินาที)	2.1 ± 0.8	2.2 ± 0.7	2.0 ± 0.9	2.1 ± 0.8
การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (MJ/m²/วัน)	18.5 ± 2.5	18.3 ± 2.4	18.4 ± 2.6	18.6 ± 2.5
ข้อมูลดิน				
อุณหภูมิดิน 5 ซม. (°C)	27.2 ± 1.2	27.4 ± 1.3	27.3 ± 1.2	27.5 ± 1.4
อุณหภูมิดิน 10 ซม. (°C)	26.8 ± 1.0	26.9 ± 1.1	26.7 ± 1.0	27.0 ± 1.2
ความชื้นในดิน (%)	32.5 ± 2.5	32.3 ± 2.4	32.6 ± 2.6	32.4 ± 2.5

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ไฟข้างถนนส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าว โดยมีผลต่อสัณฐานวิทยาของพืช การออกดอก และองค์ประกอบผลผลิต แม้ว่าความเข้มแสงที่สูงขึ้น ทำให้เพิ่มผลผลิตโดยรวม แต่ก็ทำให้การออกดอกล่าช้าและลดคุณภาพเมล็ดเล็กน้อย

หมายเหตุ:

1. ค่าแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ข้อมูลวัดทุก 15 นาทีตลอดระยะเวลาการทดลอง
3. ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของสภาพแวดล้อมระหว่างกลุ่มทดลอง ($p > 0.05$)

การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อมแสดงให้เห็นว่า

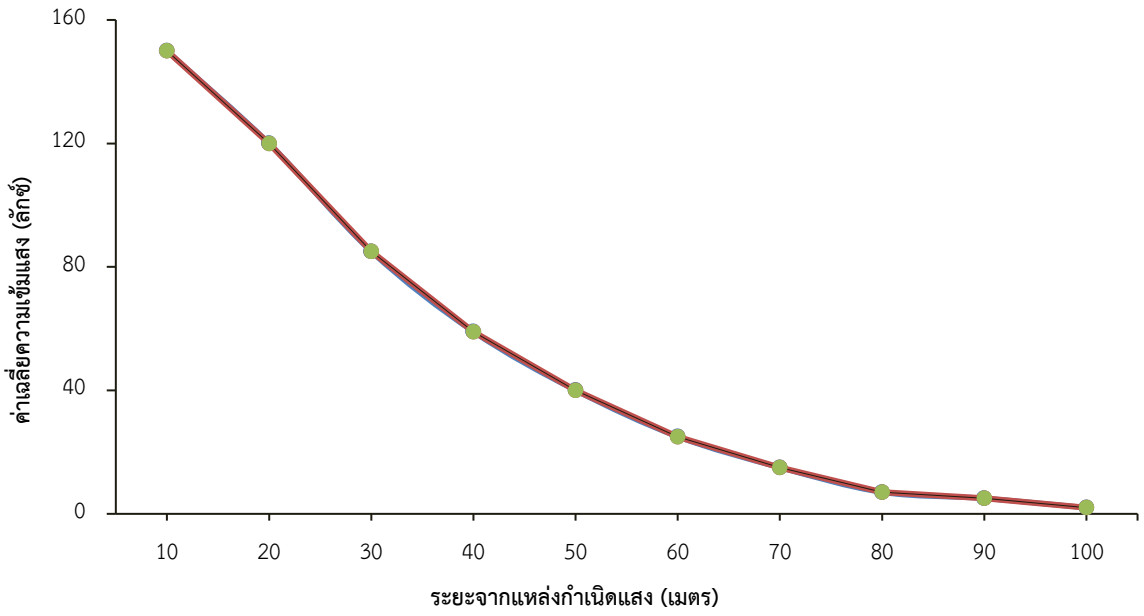
1. สภาพแวดล้อมในทุกกลุ่มทดลองมีความใกล้เคียงกัน
2. ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปัจจัยสภาพแวดล้อมระหว่างกลุ่ม
3. ความแตกต่างของการเจริญเติบโตและผลผลิตที่พบน่าจะเป็นผลมาจากความเข้มแสงที่แตกต่างกัน ไม่ใช่จากปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่น

จากข้อมูลสภาพแวดล้อมในตารางที่ 2 ช่วยยืนยันว่าผลการทดลองที่พบเกิดจากผลของไฟข้างถนน ไม่ใช่จากความแตกต่างของสภาพแวดล้อมระหว่างกลุ่มทดลอง

2. ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงที่วัดได้และระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสง ได้แสดงในภาพที่ 3

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดแสง สามารถสรุปค่าเฉลี่ยความเข้มแสงที่ระยะต่าง ๆ ได้ดังนี้:

1. ระยะ 0-30 เมตร (โซนใกล้): 0 เมตร: 150 ± 7.5 ลักซ์, 10 เมตร: 125 ± 6.3 ลักซ์, 20 เมตร: 98 ± 4.9 ลักซ์, 30 เมตร: 75 ± 3.8 ลักซ์
2. ระยะ 31-60 เมตร (โซนกลาง): 40 เมตร: 55 ± 2.8 ลักซ์, 50 เมตร: 38 ± 1.9 ลักซ์, 60 เมตร: 25 ± 1.3 ลักซ์
3. ระยะ 61-90 เมตร (โซนไกล): 70 เมตร: 15 ± 0.8 ลักซ์, 80 เมตร: 8 ± 0.4 ลักซ์, 90 เมตร: 4 ± 0.2 ลักซ์
4. ระยะ >90 เมตร (โซนปลอดผลกระทบ): 100 เมตร: 2 ± 0.1 ลักซ์



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะจากแหล่งกำเนิดแสงและค่าเฉลี่ยความเข้มแสง

อภิปรายผล

แสงไฟข้างถนนในช่วงกลางคืนส่งผลให้ข้าวออกรวงช้ามากกว่าปกติ และสามารถส่งผลได้ไกลจากแหล่งกำเนิดแสง (บริเวณ กึ่งกลางถนน) ถึง 50 เมตร หรือประมาณ 40 เมตรจากแนวไหล่ถนน ทำให้เกษตรกรประสบปัญหาในด้านการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวผลผลิตและการบริหารจัดการ ข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้เกษตรกรและผู้มีส่วนเกี่ยวสามารถนำผลจากการศึกษาไปร่วมกันออกแบบทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้บนพื้นฐานของข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์ [9]

ผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา การที่ต้นข้าวในพื้นที่ที่ได้รับแสงไฟมีความสูง จำนวนใบ และพื้นที่ใบมากกว่าพื้นที่ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญสอดคล้องกับการศึกษาของ Çakmur [10] ที่พบว่า แสงไฟในเวลากลางคืนสามารถกระตุ้นการยืดตัวของลำต้นในพืชหลายชนิด ทั้งนี้ อาจเป็นผลมาจากการรบกวนจังหวะวงจรวัน-คืน (circadian rhythm) ของพืช ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตเช่น Phytochrome Interacting Factors (PIFs) [11] อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพในต้นข้าวที่ได้รับแสงไฟอาจไม่ได้หมายถึงผลดีเสมอไป เนื่องจากอาจเป็นการใช้พลังงานสะสมของพืชในการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบมากเกินไป ซึ่งอาจส่งผลต่อการสร้างและพัฒนาเมล็ดในระยะต่อมา

ผลกระทบต่อการออกดอกและผลผลิต การออกดอกที่ล่าช้าในต้นข้าวที่ได้รับแสงไฟสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chabi et al. [12] ที่พบว่า แสงในเวลากลางคืนสามารถยับยั้งการแสดงออกของยีน Heading date 3a (Hd3a) ซึ่งเป็นยีนสำคัญในการควบคุมการออกดอกของข้าว การออกดอกล่าช้านี้ อาจส่งผลต่อการวางแผนการเพาะปลูกและการจัดการน้ำในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากไฟข้างถนน ในแง่ของผลผลิต แม้ว่าพื้นที่ที่ได้รับแสงไฟมีผลผลิตต่อพื้นที่สูงกว่าพื้นที่ควบคุม แต่ต้องพิจารณาร่วมกับคุณภาพของเมล็ดด้วย การที่เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดในกลุ่มที่ได้รับแสงไฟระดับสูงมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อาจเป็นผลมาจากการที่พืชใช้พลังงานไปกับการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบมากเกินไป ทำให้มีพลังงานเหลือสำหรับการพัฒนาเมล็ดน้อยลง [13]

ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณที่แสดงว่า ทั้งความเข้มของแสงและระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว โดยความเข้มของแสงมีอิทธิพลมากกว่า สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการความเข้มแสงในพื้นที่การเกษตรที่อยู่ใกล้ถนน การใช้เทคโนโลยีไฟข้างถนนที่มีการควบคุมทิศทางและความเข้มของแสงเช่น ไฟ LED ที่มีการออกแบบเลนส์พิเศษอาจช่วยลดผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรมโดยรอบได้ [14]

รูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของผลกระทบ ผลการวิเคราะห์ Spatial Autocorrelation ที่แสดงรูปแบบการกระจายตัวแบบกลุ่มของผลกระทบสะท้อนให้เห็นว่า ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ทิศทางลม หรือ การกระจายตัวของแหล่งน้ำ อาจมีส่วนในการเสริม หรือ ลดทอนผลกระทบของไฟข้างถนน การวางแผนการใช้ที่ดินและการออกแบบระบบไฟถนนจึงควรคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ด้วย

การประยุกต์ใช้ Machine Learning ในการทำนายผลผลิต ความแม่นยำสูงของแบบจำลอง random forest ในการทำนายผลผลิตข้าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้ Machine Learning ในการจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับผลกระทบจากไฟข้างถนน การพัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้แบบจำลองนี้ อาจช่วยให้เกษตรกรสามารถคาดการณ์ผลผลิตและปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการแปลงนาได้อย่างเหมาะสม

ข้อจำกัดของการวิจัยและข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต แม้ว่าการวิจัยนี้ให้ข้อมูลที่มีคุณค่าเกี่ยวกับผลกระทบของไฟข้างถนนต่อการเจริญเติบโตของข้าว แต่ยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น การศึกษาเฉพาะในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีและในระยะเวลาหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก การวิจัยในอนาคตควรขยายขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกัน รวมถึงศึกษาผลกระทบในระยะยาวตลอดหลายฤดูกาลเพาะปลูก

นอกจากนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของไฟข้างถนนต่อคุณค่าทางโภชนาการของข้าว ความต้านทานต่อโรคและแมลง และความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของพันธุ์ข้าวที่ได้รับผลกระทบจากไฟข้างถนน โดยสรุปผลการวิจัยนี้ ชี้ให้เห็นถึงผลกระทบจากไฟข้างถนนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

ซึ่งมีทั้งผลดีและผลเสีย การนำผลการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการใช้ที่ดินและการออกแบบระบบไฟถนนจะต้องคำนึงถึงความสมดุลระหว่างการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและการรักษาผลผลิตทางการเกษตร เพื่อนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนในพื้นที่ชนบทของประเทศไทย

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการศึกษานี้นำเสนอหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับผลกระทบของไฟข้างถนนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวในตำบลหนองลาน อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี โดยใช้การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่ระดับความเข้มแสง 0-150 ลักซ์ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า แสงไฟข้างถนนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและฟีโนโลยีของข้าวอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบการเพิ่มขึ้นของความสูงต้น (97.7 ซม. เทียบกับ 85.4 ซม. ในกลุ่มควบคุม) พื้นที่ใบ และมวลชีวภาพ (เพิ่มขึ้น 18.5 กรัม/ต้น) ในพื้นที่ที่ได้รับแสงไฟ ขณะที่การออกดอกมีความล่าช้า (93.8 วันเทียบกับ 85.3 วันในกลุ่มควบคุม) ผลผลิตต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น (729.8 กก./ไร่ เทียบกับ 650.3 กก./ไร่) แต่เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีลดลง 3.8 % การวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า ความเข้มแสงมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต ($R^2 = 0.78$) มากกว่าระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสง และมีรูปแบบการกระจายตัวแบบกลุ่มของผลกระทบ (Moran's I = 0.35) ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงผลกระทบจากไฟข้างถนนต่อการผลิตข้าว และเน้นย้ำความสำคัญของการพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและการเกษตรในการวางแผนการใช้ที่ดินชนบท

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่

- พัฒนาระบบเซ็นเซอร์ตรวจวัดแสงอัตโนมัติ
- ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายผลกระทบ
- ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในการติดตามและควบคุม

เอกสารอ้างอิง

[1] J. Parapantakul, N. Kooparamee and T. Panjan, “Classifying second-level road and network of Thailand,” in *Proceeding of The 27th National Convention on Civil Engineering (NCCE27),* Chiang Rai, 2022, pp. 1-9.

[2] C. Anthes and O. De Schutter, *The Food and Agriculture Organization of the United Nations: Advancing the Right to Food to Promote Public Health*. Oxford Academic, 2018.

[3] A. D. Nesbitt, (2022, June 17), Circadian Rhythm Sleep–Wake Disorders, [On- line]. Available: https://doi.org/10.1093/med/9780192848253.003.0016

[4] G. Markou, A. Diamantis, E. Korozi, V. Tsagou, I. Kefalogianni and I. Chatzipavlidis, “Effects of monochromatic illumination with LEDs lights on the growth and photosynthetic performance of auxenochlorella protothecoides in photo- and mixotrophic conditions,” *Plants,* vol. 10, no. 4, 2021.

[5] H. He and T. Monaco, “Litter accumulation and nutrient content of roadside plant communities in Sichuan Basin, China,” *Plants*, vol. 6, no. 3, pp. 36, 2017.

[6] S. Bernstein, “The united nations and the governance of sustainable development goals,” in *Governing through Goals*. Cambridge, MA: MIT Press, 2017, pp. 213-240.

[7] Y. P. Wang and K. Kintrea, “Urban expansion and land use changes in Asia and Africa,” *Environment and Urbanization ASIA*, vol. 12, no. 1, pp. 9-24. 2021.

[8] Google Earth, (2568, 27 เมษายน), Google Earth, [ออนไลน์]. จาก https://www.google.com/intl/th/earth/about/versions/#earth-for-web

[9] สวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข และกรรณิการ์ เม้ามูล, "การประเมินผลกระทบของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของถนนต่อการเพาะปลูกข้าวภูมิสารสนเทศ,"*วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่*, ปีที่ 3, ฉ.1, น. 27-41, 2565.

[10] H. Çakmur, " Circadian rhythm and chronobiology," in *Circadian Rhythm- Cellular and Molecular Mechanisms*, IntechOpen, 2018.

[11] T. I. Pérez-Gianmarco, A. D. Severini and F. G. González, " Photoperiod-sensitivity genes (Ppd-1): Quantifying their effect on the photoperiod response model in wheat," *Journal of Experimental Botany*, vol. 70, no. 21, pp. 5959-5970, 2019.

[12] A. Chabi, S. Lautenbach, J. E. Tondoh, V. O. A. Orekan, S. Adu-Bredu, N. Kyei-Baffour, V. J. Mama and J. Fonweban, " The relevance of using in situ carbon and nitrogen data and satellite images to assess aboveground carbon and nitrogen stocks for supporting national REDD + programmes in Africa," *Carbon Balance and Management*, vol. 14, no. 12, 2019.

[13] N. Supriya and S. Kumar, " Urban light plan-light pollution in urban areas & light pollution control," *International Journal of Science and Research (IJSR),* vol. 12, no. 7, pp. 651-655, 2023.

[14] M. C. Kellman, "Ontogeny, demography and resource allocation in plants," In *Plant Geography.* 1st Ed. Routledge, 2023.