J3356

การใช้แนวทางนิเวศวิศวกรรมในการจัดการศัตรูข้าวเพื่อการผลิตข้าวหอมนิลอินทรีย์บ้านทุ่งใหญ่ ต. นิคมพัฒนา อ. บางระกำ จ. พิษณุโลก

Using Ecological Engineering Approach in Rice Pest Management for Hom Nil Organic Rice Production at Ban Thung Yai, Nikompattana Sub-district, Bang Ra Kam District, Phitsanulok Province

ยรรยง เฉลิมแสน[1/]
Yanyong Chalermsan[1/]

Abstract: The study investigated the ecological engineering approach for the production of Hom Nil organic rice in Ban Thung Yai, Nikompattana sub-district, Bang Ra Kam district, Phitsanulok province. The present study was based on action research which compared cultural practices between two rice production approaches: the ecological engineering practice for rice production and the conventional chemically based practice. The research utilized a one-multi-site experiment with single replication. There were eighteen farmers participating in the study throughout the entire time of rice production. The results showed ecological engineering in rice production gave higher insect biodiversity and better rice yields compared to the conventional chemically based practice. In conclusion, the ecological engineering approach could be an effective alternative for farmers to produce organic rice.

Keywords: Ecological engineering in rice field, Hom Nil organic rice production, insect biodiversity in rice field

[1/]ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก จ.พิษณุโลก 65000
[1/]Department of Plant Science, Faculty of Science and Agricultural technology, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok, Phitsanulok 65000, Thailand

บทคัดย่อ: การเรียนรู้นิเวศวิศวกรรมในนาข้าวเพื่อการผลิตข้าวหอมนิลอินทรีย์ของเกษตรกรบ้านทุ่งใหญ่ ตำบลนิคมพัฒนา อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยเปรียบเทียบวิธีการเขตกรรม 2 รูปแบบ คือ วิธีการนิเวศวิศวกรรมในนาข้าวกับวิธีการเกษตรกรรมแบบดั้งเดิมร่วมกับการใช้สารเคมี วางแผนการทดลองแบบ one, multi-site experiment with single replication มีเกษตรกรผู้ร่วมวิจัยร่วมกิจกรรมตลอดระยะการปลูกข้าว18 คน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า แปลงข้าวที่ใช้นิเวศวิศวกรรมในนาข้าวมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงและผลผลิตสูงกว่าแปลงที่ใช้วิธีการเขตกรรมแบบดั้งเดิม สรุปได้ว่านิเวศวิศวกรรมในนาข้าวสามารถเป็นทางเลือกให้เกษตรกรนำไปใช้เพื่อการผลิตข้าวอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: นิเวศวิศวกรรมในนาข้าว การผลิตข้าวหอมนิลอินทรีย์ ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงในนาข้าว

คำนำ

นิเวศวิศวกรรม (ecological engineering) Mitsch and Jørgensen (1989) ให้ความหมายว่า "การจัดการสภาพแวดล้อมโดยมนุษย์ ที่ใช้ทรัพยากรจำนวนจำกัดไปควบคุมระบบในธรรมชาติที่มีแรงขับและรักษาสภาพสมดุลไว้โดยทรัพยากรธรรมชาติ" ต่อมา Gurr *et al.* (2004) ได้ขยายความหมายออกไปให้รวมถึง "แนวทางการจัดการศัตรูพืชที่อาศัยการเขตกรรมที่ใช้ความรู้ความเข้าใจในระบบนิเวศเป็นพื้นฐาน" ดังนั้น คำจำกัดความของนิเวศวิศวกรรม (ecological engineering) คือ การปรับแต่งสภาพของแหล่งที่อยู่อาศัยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดให้มีทรัพยากรสำหรับศัตรูธรรมชาติของศัตรูพืช เช่น แหล่งน้ำหวาน (Baggen and Gurr, 1998), แหล่งเกสร (Hickman and Wratten, 1996), ที่หลบหลีกศัตรู (Halaji *et al.*, 2000), เหยื่อสำรอง (Abou-Awad *et al.*, 1998), แมลงเจ้าบ้านทดแทน (Viggiani, 2003) และหลบอาศัย (Sutherland *et al.*, 2001)

Jorgensen and Neilsen (1996) ได้เสนอแนวทางนิเวศวิศวกรรม คือ การเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเกษตร และการลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรทั้งสารกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมี หรือวิธีการจัดการสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศเกษตรให้เหมาะสมนอกจากนี้ Gurr (2008) รายงานว่าไม่กี่ปีมานี้นักวิจัยหลายคนได้ศึกษานิเวศวิศวกรรมในการจัดการศัตรูพืชที่เน้นกลยุทธ์ที่ใช้ความหลากหลายทางชีวภาพ จากรายงานของ Saad *et al.* (2010) พบว่าในมาเลเซียมีงานวิจัยการสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในขอบแปลงนาโดยปลูกไม้ดอกหลายชนิด ลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่าลดการใช้สารฆ่าแมลงได้นาน 40 วัน หลังจากหว่าน แมลงศัตรูข้าวหลายชนิดลดปริมาณลงอย่างชัดเจน

การจัดการศัตรูพืชในนาข้าวชลประทานต้องอยู่บนพื้นฐานของการควบคุมโดยธรรมชาติโดยพึ่งพาสารเคมีน้อยที่สุด ดังผลจากการศึกษาของ Heong (2007) ที่พบว่าลดการใช้สารเคมีในนาข้าวทดลองของ IRRI ตั้งแต่ ปี 1994 จนถึง ปี 2005 ลง 95 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ข้อปล้องสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และสรุปได้ว่าความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ข้อปล้องในนาข้าวมีศักยภาพที่จะเพิ่มขึ้น เมื่อปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมประชากรสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นลดลง (Heong, 2008)

สมคิด และสุพจน์ (2552) รายงานว่าข้าวอินทรีย์เป็นข้าวที่ได้จากกระบวนการผลิตที่ไม่ใช้สารเคมีทุกชนิดหรือสารสังเคราะห์ต่าง ๆ และปุ๋ยเคมีในทุกขั้นตอนการผลิต แต่สามารถใช้ปัจจัยการผลิตชีวภาพทดแทนได้ เช่น น้ำส้มควันไม้ ยรรยงและคณะ (2552) รายงานว่าน้ำส้มควันไม้มีผลต่อสรีรวิทยาของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พร้อมกันนี้กรมการข้าว (2552) รายงานว่าการจัดสภาพแวดล้อม การรักษาสมดุลทางธรรมชาติ การปลูกพืชไล่แมลงและให้เกสรบนคันนาสามารถป้องกันแมลงศัตรูข้าวได้นอกจากนี้ Collier *et al.* (2001) ยังกล่าวถึงการจัดการศัตรูพืชในการผลิตพืชอินทรีย์ว่าควรคัดเลือกเทคนิคการจัดการที่เหมาะสมในแต่ละระยะของการผลิต ในขณะเดียวกัน Pretty (2008) รายงานว่าการผลิตพืชอินทรีย์จะเป็นการลดการใช้สารเคมีทาง

การเกษตรและรักษาสมดุลของคาร์บอนด้วย Dinham (2003) ให้ความสำคัญของการให้ความรู้และการฝึกปฏิบัติแก่เกษตรกรในการผลิตพืชอินทรีย์จะทำให้เกษตรกรมีความสามารถในการตัดสินใจเลือกวิธีการควบคุมศัตรูพืชที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับโศจิลักษณ์ (2556) ที่รายงานว่าความสามารถในแก้ไขปัญหาชุมชนที่เกิดจากกระบวนการคิดและวิเคราะห์ปัญหาร่วมกัน นอกจากนี้โครงการ ADB-IRRI Rice Planthopper ที่ส่งเสริมแนวคิดนิเวศวิศวกรรมและพัฒนาเทคนิคที่จะฟื้นฟูความหลากหลายทางชีวภาพและบทบาทของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ โดยให้เกษตรกรปลูกงาและถั่วบนคันนาและขอบแปลงนา เพื่อให้ดอกของพืชเหล่านี้เป็นแหล่งอาหารของแมลงศัตรูธรรมชาติ (Escalada, 2010) ซึ่งสอดคล้องกับ Long *et al.* (1998) ที่รายงานว่าด้วงเต่าลาย แมลงช้างปีกใส แมลงวันดอกไม้และแตนเบียนหลายชนิดใช้น้ำหวานและเกสรไม้ดอกที่ปลูกริมขอบแปลงเป็นอาหาร

จากข้อมูลดังกล่าว กลุ่มวิสาหกิจข้าวชุมชนบ้านทุ่งใหญ่ ต. นิคมพัฒนา อ. บางระกำ จ. พิษณุโลก มีความสนใจวิธีการจัดการศัตรูข้าวโดยไม่ใช้สารเคมีเพื่อยกระดับการผลิตข้าวไปสู่การผลิตข้าวอินทรีย์ จึงร่วมกับนักวิจัยศึกษาการเทคนิคการจัดการทางนิเวศวิทยาในนาข้าว โดยคาดหวังว่าผลจากการวิจัยจะเป็น "ความรู้" ในการบริหารจัดการศัตรูข้าวโดยนิเวศวิศวกรรมที่สามารถนำไปผลิตข้าวอินทรีย์ในท้องถิ่นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เปรียบเทียบผลของนิเวศวิศวกรรมต่อความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงในระบบนิเวศนาข้าวอินทรีย์ บ้านทุ่งใหญ่ ต.นิคมพัฒนา อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

2. การจัดการความรู้นิเวศวิศวกรรมเพื่อการผลิตข้าวอินทรีย์สำหรับเกษตรกรบ้านทุ่งใหญ่ ต.นิคมพัฒนา อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเปรียบเทียบรูปแบบการจัดการทางนิเวศวิทยาต่อความหลากหลายทางชีวภาพของแมลง

ใช้แปลงนาของเกษตรกร หมู่ 2 บ้านทุ่งใหญ่ ต. นิคมพัฒนา อ. บางระกำ จ. พิษณุโลก โดยมีเกษตรกรร่วมกิจกรรม 18 คน วางแผนการทดลองแบบ one, multi-site experiment with single replication (McKone and Lively, 1993) โดยใช้แปลงทดลอง 4 แปลง แต่ละแปลงแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 แปลงย่อย ขนาดแปลงย่อย 0.5 ไร่ ปลูกข้าวหอมนิล 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 วันที่ 20 มิถุนายน 2554 ครั้งที่ 2 วันที่ 28 ธันวาคม 2554 โดยแต่ละครั้งจัดระบบนิเวศ 2 รูปแบบ คือ

1. นิเวศวิศวกรรม (ปลูกข้าวด้วยเทคนิคนาโยนกล้า-การปลูกพืชสมุนไพรผสมพืชให้เกสรบนคันนา-ใช้น้ำส้มควันไม้ควบคุมแมลงศัตรูข้าว)

2. การทำนาแบบดั้งเดิม (การทำนาแบบหว่าน-ใช้สารฆ่าแมลงควบคุมแมลงศัตรูข้าว)

การปฏิบัติดูแลรักษา: การเตรียมดิน การปลูก การดูแลรักษา การให้ปุ๋ยอินทรีย์ การป้องกันกำจัดวัชพืช และการเก็บเกี่ยว ปฏิบัติตามคำแนะนำการปลูกข้าวอินทรีย์ของกรมการข้าว

การเก็บข้อมูล: สุ่มประชากรแมลงในนาข้าวในระยะการเจริญ 4 ระยะ คือ ระยะกล้า (seedling) ระยะแตกกอ (tillering) ระยะออกดอก (flowering) และระยะสุกแก่ (maturity) ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างของ IRRI (Ricehoppers, 2010) โดยวิธีการดังนี้

-กับดักกาวเหนียวสีเหลืองวางกับดัก 10 จุด ในทุกแปลงย่อย

-ถาดดักแมลง วางกับดัก 10 จุด ในทุกแปลงย่อย

-สวิงโฉบ (ครั้งละ 30 โฉบ โดยเดินในแปลงนาห่างจากคันนา 10 เมตร ด้วยความเร็วประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที โฉบที่ปลายยอดต้นข้าว ห่างจากคันนา 10 เมตร)

นำตัวอย่างแมลงที่สุ่มได้ไปจำแนกชนิด บันทึกจำนวน แล้วคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงโดยใช้สมการของ Shannon-Weaver Index: H′ (Shannon and Weaver, 1949) ที่มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} pi * \log(pi)$$

โดยที่ H' คือ ค่าดัชนีความหลากชนิดของชนิดแมลง

Pi คือ สัดส่วนของจำนวนชนิดแมลงในกลุ่มบทบาททางนิเวศวิทยาต่อจำนวนชนิดของแมลงที่สุ่มได้ทั้งหมด

S คือ จำนวนชนิดแมลง

โดยจัดกลุ่มแมลงตามบทบาททางนิเวศวิทยา (functional guilds) ดังนี้

-แมลงกัดกินข้าว

-แมลงดูดกินน้ำเลี้ยงข้าว

-แมลงห้ำ

-แมลงเบียน

-แมลงผสมเกสร

2. การเรียนรู้การจัดการทางนิเวศวิทยา

2.1 การทำนาแบบโยนกล้า

ถ่ายทอดเทคโนโลยีทำนาแบบโยนกล้าให้แก่เกษตรกรผู้ร่วมวิจัย โดยให้เห็นความสำคัญและผลดีต่อทั้งเกษตรกรและระบบนิเวศนาข้าว เช่น การลดจำนวนเมล็ดพันธุ์ ซึ่งจะทำให้ต้นข้าวไม่หนาแน่น ลดการระบาดของวัชพืช

2.2 ระบบนิเวศของแมลงในนาข้าว

ในระหว่างการทำนาเปรียบเทียบการจัดการระบบนิเวศในนาข้าว มีการให้ความรู้ระบบนิเวศของแมลงในนาข้าวแก่เกษตรกร ซึ่งประกอบไปด้วยแมลงที่มีบทบาทในระบบนิเวศแตกต่างกัน สามารถแบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ เช่น แมลงกัดกินข้าว แมลงดูดกินน้ำเลี้ยงข้าว แมลงห้ำ แมลงเบียน และแมลงผสมเกสร

2.3 ความหลากหลายทางชีวภาพ

นักวิจัยให้ความรู้ความหมายและความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศนาข้าว สาธิตการจำแนกและนับตัวอย่างแมลงที่สุ่มได้ โดยการเปรียบเทียบกับภาพในคู่มือการจำแนก Basic Arthropod Taxonomy ของ IRRI (Escalada, 2010) แล้วนำข้อมูลไปคำนวณค่าความหลากหลายทางชีวภาพของแมลง

3 การเปรียบเทียบผลผลิตต่อไร่

ให้เกษตรกรร่วมเก็บเกี่ยวข้าวจากแปลงสุ่มผลผลิตขนาด 1x1 เมตร จำนวน 10 แปลงสุ่มต่อ 1 แปลงเปรียบเทียบ นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบผลผลิตต่อไร่

ผลการศึกษา

1. การเปรียบเทียบผลของรูปแบบการจัดการทางนิเวศวิทยาต่อความหลากหลายทางชีวภาพของแมลง

ผลจากการสุ่มตัวอย่างแมลงในแปลงข้าวเปรียบเทียบรูปแบบการจัดการระบบนิเวศในนาข้าวทั้งหมด พบว่าทั้งสองฤดูปลูกนาข้าวนิเวศวิศวกรรมพบแมลงทุกกลุ่ม โดยมีจำนวนชนิดรวม 57 ชนิด ในขณะที่นาที่มีการจัดการแบบดั้งเดิมไม่พบแมลงผสมเกสร และพบแมลงทั้งหมดเพียง 34 ชนิดเท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 1

เมื่อนำข้อมูลชนิดตัวอย่างแมลงไปหาค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงในระบบนิเวศทั้งสองแบบ พบว่าแปลงนิเวศวิศวกรรมมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพสูงกว่านาที่ปลูกแบบดั้งเดิม คือ ฤดูฝนค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพเท่ากับ 1.38 และ 1.33 ตามลำดับ ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพเท่ากับ 1.40 และ 1.29 ตามลำดับ (ภาพที่ 1)

เมื่อพิจารณาความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงที่สุ่มจากแปลงทดสอบทั้งฤดูฝนและฤดูแล้งในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าว พบว่าแปลงนานิเวศวิศวกรรมมีค่าความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงสูงกว่าแปลงใช้วิธีการทำนาแบบดั้งเดิมทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว (ตารางที่ 2) โดยในฤดูฝนมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงสูงสุดระยะออกดอกเท่ากับ 1.404 ในขณะที่ในฤดูแล้งค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงสูงสุดระยะแตกกอเท่ากับ 1.432 ตามลำดับ

Table 1 Number of species in insect guilds sampled from 2 comparative rice ecosystems

Functional guilds	Rice ecosystem	
	Ecological engineering	Conventional
Rice chewing insect	8	5
Rice sucking insect	6	6
Insect predator	18	13
Insect parasitoid	20	10
Pollinator	5	0
Total	57	34
Shannon-Weaver Index: H′	1.4575	1.3155

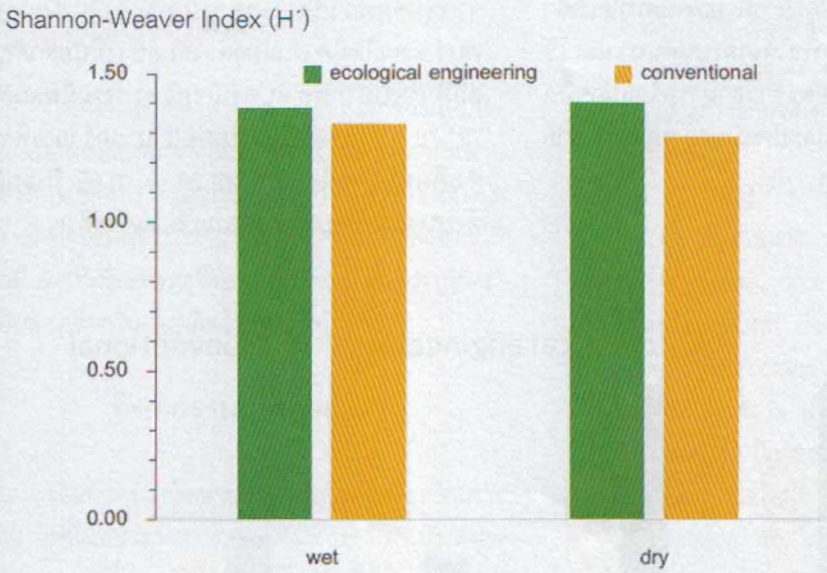

Figure 1 Comparison of Shannon-Weaver Index (H′) of insect by functional guilds between ecological engineering and conventional ecosystems in wet and dry season for rice production in Ban Thung Yai, Nikhom Phatthana sub-district, Bang Rakham district, Phitsanulok Province

Table 2 Comparison of Shannon-Weaver Index: H´ of insect by functional guilds in rice growth stage between ecological engineering and conventional ecosystems

Rice growth stage	Wet season		Dry season	
	Ecological engineering	Conventional	Ecological engineering	Conventional
Seedling	1.315	1.281	1.359	1.333
Tillering	1.315	1.281	1.432	1.205
Flowering	1.404	1.137	1.089	1.058
Maturity	1.061	1.055	0.759	0.693

2. การเรียนรู้การจัดการทางนิเวศวิทยา

เกษตรกรได้รับการถ่ายทอดความรู้นิเวศวิศวกรรมในนาข้าวที่เหมาะสมด้วยการปลูกข้าวด้วยเทคนิคนาโยนกล้า การปลูกพืชสมุนไพรร่วมกับพืชให้เกสรบนคันนา และใช้น้ำส้มควันไม้ควบคุมแมลงศัตรูข้าวสามารถจำแนกชนิดและบทบาทแมลงในนาข้าว และประเมินความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงในนาข้าว

3. การเปรียบเทียบผลผลิตต่อไร่

ผลของการเปรียบเทียบผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) จากการจัดระบบนิเวศนาข้าว 2 รูปแบบ ใน 4 แปลงทดลอง พบว่าผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) คือ แปลงนิเวศวิศวกรรมมีผลผลิตเฉลี่ย 731.76 ± 196.66 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าการทำนาแบบดั้งเดิมที่มีผลผลิตเฉลี่ย 667.04 ± 91.65 กิโลกรัมต่อไร่ ดังแสดงผลเปรียบเทียบแต่ละแปลงในภาพที่ 2

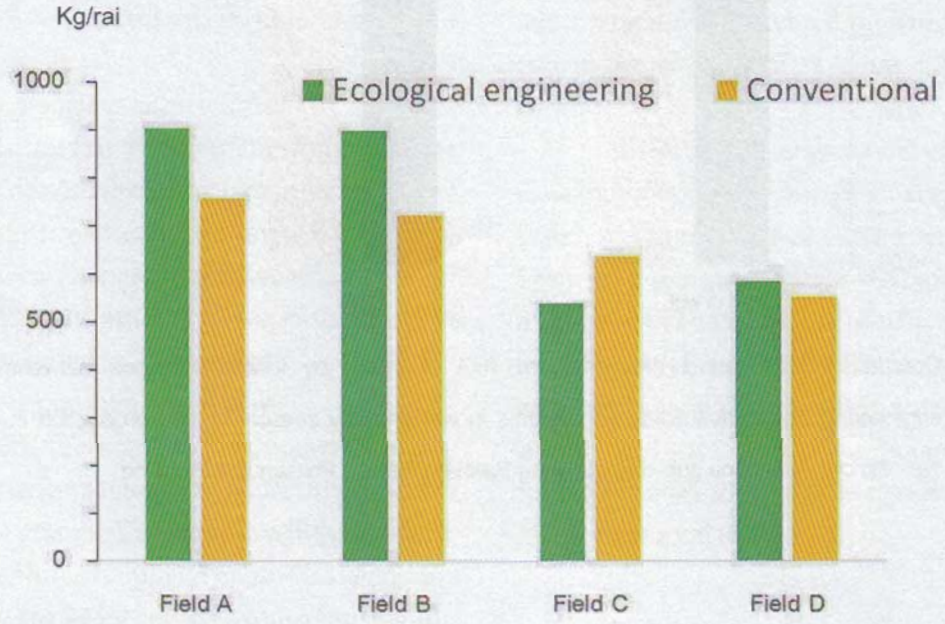

Figure 2 Rice yield comparison between ecological engineering and conventional ecosystems management (kg/rai)

วิจารณ์

นิเวศวิศวกรรมในนาข้าวมีผลต่อค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงในนาข้าว โดยเฉพาะแมลงห้ำ แมลงเบียน และแมลงผสมเกสรที่พบมากกว่านาข้าวที่ปลูกด้วยวิธีแบบดั้งเดิม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Cardarelli (2011) ที่รายงานว่าการทำให้มีแหล่งหลบอาศัยของแมลงศัตรูธรรมชาติรอบ ๆ แปลงจะมีผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพในนาข้าวเช่นเดียวกัน Deb (2009) ที่รายงานว่าระบบนิเวศนาข้าวที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงและมีห่วงโซ่อาหารยาว จะมีความหลากหลายของศัตรูธรรมชาติมากกว่าระบบนิเวศที่มีจำนวนสิ่งมีชีวิตน้อย

สรุป

การจัดการนิเวศวิศวกรรมในการปลูกข้าวหอมนิลทำให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวและค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงสูงกว่าแปลงที่ทำนาวิธีดั้งเดิม เป็นการรักษาสมดุลในระบบนิเวศนาข้าวและลดการใช้สารเคมี ดังนั้นเกษตรกรจึงยอมรับนิเวศวิศวกรรมในนาข้าวเป็นทางเลือกในการผลิตข้าวอินทรีย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่าง สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย กลุ่มวิสาหกิจข้าวชุมชนบ้านทุ่งใหญ่ ต. นิคมพัฒนา อ. บางระกำ จ. พิษณุโลก ที่ให้โจทย์วิจัยและร่วมกิจกรรมการวิจัยตลอดโครงการ

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2552. การผลิตข้าวอินทรีย์. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://brrd.in.th/rkb/organicrice/index.php.htm (26 กันยายน 2552).

ยรรยง เฉลิมแสน ณิฐิมา เฉลิมแสน พัชราภรณ์ บัวเปรม และสุขุมวัฒณ์ พีระพันธุ์. 2552. ผลของน้ำส้มควันไม้ในทางชีววิทยาของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens*). รายงานผลการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, พิษณุโลก.

โศจิลักษณ์ กมลศักดาวิกุล. 2556. การพัฒนาการจัดการท่องเที่ยวเชิงเกษตรทฤษฎีใหม่โดยชุมชน อำเภอเสาไห้ จังหวัดสระบุรี. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 1(1): 53-65.

สมคิด โพธิ์พันธุ์ และสุพจน์ ชัยวิมล. 2552. การผลิตข้าวอินทรีย์. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.doae.go.th/OA/Data/Kin/01.htm (26 กันยายน 2552).

Abou-Awad, B.A., A.A. El-Sherif, M.F. Hassan and M.M. Abou-Elella. 1998. Studies on development, longevity, fecundity and predation of *Amblyseius olivi* Nasr & Abou-Awad (Acari: Phytoseiidae) on various kinds of prey and diets. Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 105(5): 538-544.

Baggen, L.R. and G.M. Gurr. 1998. The influence of food on *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae), and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). Biological Control 11(1): 9-17.

Cardarelli, E. 2011. Influence of rice farming practices on biodiversity: case studies in northern Italy. Scientifica Acta 5(1): 20-26.

Collier, R.H., S. Finch and G. Davies. 2001. Pest insect control in organically-produced crops of field vegetables. Meded Rijksuniv Gent Fak Landbouwkd Toegep Biology Wet. 66(2a): 259-267.

Deb, D. 2009. Biodiversity and Complexity of Rice Farm Ecosystems: An Empirical Assessment. The Open Ecology Journal 2: 112-129.

Dinham, B. 2003. Growing vegetables in developing countries for local urban populations and export markets: problems confronting small-

scale producers. Pest Management Science 59(5): 575-582.

Escalada, M. 2010. Communication strategy planning and message design workshop. Workshop Report. IRRI-ADB Planthopper Project. Schenhau, Hotel, Jinhua Zheiang, China, 18-20 May 2010.

Gurr, G. 2008. Prospects for ecological engineering against rice pests ricehoppers. (online). Available: http://ricehoppers.net.2008/12_ prospect for ecological engineering against rice pest (Oct. 10, 2007).

Gurr, G.M., S.D. Wratten and M.A. Altieri. 2004. Ecological engineering: a new direction for agricultural pest Management. AFBM Journal. 1(1): 28-35.

Halaji, J., A.B. Cady and G.W. Uetz. 2000. Modular habitat refugia enhance generalist predators and lower plant damage in soybeans. Environmental Entomology 29: 383-393.

Heong, K.L., A. Manza, J. Catindig, S. Villareal and T. Jacobson. 2007. Change in pesticides use and arthropod biodiversity in the IRRI research farm. Outlooks on Pest Management 2229-2233.

Heong, K.L. 2008. Biodiversity, ecosystem services and pest management. Second International Plantation Industry Conference and Exhibition (IPICEX 2008). Shah Alam 18-21 November, 2008.

Hickman J.M. and S.D. Wratten. 1996. Use of *Phacelia tanacetifolia* strips to enhance biological control of aphids by hoverfly larvae in cereal fields. Journal of Economic Entomology 89: 832-840.

Jorgensen, S.E. and S.N. Nielsen. 1996. Application of ecological engineering principles in agriculture. Ecological Engineering. 7: 373-381.

Long, R.F., A. Corbett, C. Lamb, C. Reberg-Horton, J. Chandler and M. Stimmann. 1998. Beneficial insects move from flowering plants to nearby crops. California Agriculture 52(5): 23-26.

McKone, M.J. and C.M. Lively. 1993. Statistical analysis of experiments conducted at multiple sites. Oikos. 67: 184-186.

Mitsch, W.J. and S.E. Jørgensen. 1989. Ecological Engineering. An Introduction of Ecotechnology. John Wiley and Sons. New York.

Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. Philos. Transactions of the Royal Society B: Biology Science 363(1491): 447-465.

Ricehoppers. 2010. Sampling protocols for studying ecological engineering for rice pest suppression in irrigated tropical rice. (online). Available: http://ricehoppers.net/wpcontent/uploads/2010/03/revised-sampling-protocol-21Dec1.pdf (July. 3, 2010).

Saad, A., H. Yahaya, H. Muhammad, M. Azmi, W.M. Wan Zaki, A. Manim, A. Badrulhadza, M. Siti Norsuha, M.S., Maisarah, M.Y. Noridiana, A.R. Muhammad Naim Fadzli and A. Sivapragasam. 2010. Malaysia using ecological engineering in rice estates to manage pests. (Online). Available: http://ricehoppers.net/2010/07/malaysia-using-ecological-engineering-in-rice-estates-to-manage-pests/ (Oct. 10, 2006).

Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Illinois Press, University of Urbana.

Sutherland, J.P., M.S. Sullivan and G.M. Poppy. 2001. Distribution and abundance of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae) in wildflower patches and field margin habitats. Agricultural and Forest Entomology 3: 57-64.

Viggiani, G. 2003. Functional biodiversity for the vineyard agroecosystem: aspects of the farm and landscape management in southern Italy. Bulletin OILB/SROP. 26(4): 197-202.