

การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงปลาตุ๊กบักอูย

Organic Carbon Sequestration in the Bottom Sediments of Hybrid Catfish Ponds

นัทธิตยา ชำนาญค้า*

สาขาวิชาประมง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ตำบลพังโคน อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร 47160

Nattiya Chumnanka*

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan,
Sakon Nakhon Campus, Phang Khon, Sakon Nakhon 47160

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอัตราและศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงปลาตุ๊กบักอูย (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) จากปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ความหนาแน่นรวมโดยน้ำหนักแห้ง และอัตราการสะสมของดินตะกอน โดยเก็บตัวอย่างดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลาตุ๊กบักอูย 12 บ่อ จาก 3 ฟาร์ม ในตำบลช้างมิ่ง อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ผลการศึกษาพบค่าเฉลี่ยของอายุการใช้งานบ่อ 3.50 ± 0.52 ปี ความหนาของชั้นดินตะกอน 19.88 ± 4.04 เซนติเมตร อัตราการสะสมของดินตะกอน 5.86 ± 1.64 เซนติเมตรต่อปี ความหนาแน่นรวมของดินตะกอนโดยน้ำหนักแห้ง 0.77 ± 0.07 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ร้อยละ 1.51 ± 0.45 และอัตราการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอน 699.22 ± 370.91 กรัมต่อตารางเมตรต่อปี ศักยภาพของการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนของบ่อเลี้ยงปลาตุ๊กบักอูยที่มีพื้นที่บ่อเฉลี่ย 1,040 ตารางเมตร คือ 727.19 กิโลกรัมต่อปี บ่อเลี้ยงปลาตุ๊กบักอูยสามารถเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนแห่งหนึ่งของโลกโดยกักเก็บไว้ในดินตะกอน

คำสำคัญ : การกักเก็บคาร์บอน; คาร์บอนอินทรีย์; ดินตะกอน; บ่อเลี้ยงปลาตุ๊กบักอูย

Abstract

The objectives of this study were to assess the rate and potential of organic carbon sequestration in the bottom sediments of hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) ponds using organic carbon content, dry bulk density and sediment accumulation rate. Sediment

*ผู้รับผิดชอบบทความ : nattiya.ch@rmuti.ac.th

samples were collected in 12 hybrid catfish ponds from 3 farms in Chang Ming subdistrict, Pannanikhom district, Sakon Nakhon province during January to February 2017. The results were the averages of pond age 3.50 ± 0.52 years, sediment depth 19.88 ± 4.04 cm, sediment accumulation rate 5.86 ± 1.64 cm/year, dry bulk density of sediment 0.77 ± 0.07 g/cm³, organic carbon content 1.51 ± 0.45 % and organic carbon sequestration rate 699.22 ± 370.91 g/m²/year. The potential of organic carbon sequestration in the sediments of 1,040 m² (the average of hybrid catfish pond area) was 727.19 kg/year. Hybrid catfish pond can be a global carbon sequestration source by storing in the sediments.

Keywords: carbon sequestration; organic carbon; sediment; hybrid catfish pond

1. บทนำ

การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases) ในบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาสภาวะโลกร้อน (global warming) ซึ่งส่งผลกระทบต่อโลกในหลายด้าน ได้แก่ การผลิตอาหาร สิ่งแวดล้อม เป็นต้น ปัจจุบันทั่วโลกจึงมีการตื่นตัวและตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวนี้เพิ่มมากขึ้น จนนำไปสู่การศึกษาและการวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการลดปัญหาโลกร้อน โดยวิธีเพิ่มแหล่งสะสมหรือแหล่งกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ให้มากขึ้น เช่น การรณรงค์ปลูกป่าไม้ไว้ดูดซับ ดังนั้นการกักเก็บคาร์บอน (carbon sequestration) จึงมีบทบาทสำคัญในการลดการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ นอกจากวิธีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้แล้ว การเปลี่ยนแปลงระดับของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (soil organic carbon) มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อระดับของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ โดยพบว่า การเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินเพียงร้อยละ 1 จะสามารถลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศถึงร้อยละ 2 [1]

แหล่งน้ำที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ ทะเล แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนในดินที่สำคัญ ส่วนแหล่งน้ำที่ยังไม่ได้มีการศึกษามากนัก เช่น บ่อน้ำหรือสระน้ำขนาดเล็ก (small pond) ที่เป็นส่วนหนึ่งของแหล่งน้ำในแผ่นดิน (inland waters) และมีกระจายอยู่ทั่วโลกเป็นจำนวนมาก พบว่ามีบทบาทสำคัญในวัฏจักรคาร์บอน (carbon cycle) และมีศักยภาพเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลกได้เช่นเดียวกัน [2,3] บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (aquaculture pond) จัดเป็นบ่อน้ำขนาดเล็กแหล่งหนึ่งที่ถึงแม้ว่ากิจกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นส่วนหนึ่งของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อนแหล่งหนึ่งของโลก แต่ขณะเดียวกันยังสามารถเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน (carbon sequestration) เช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการจัดการการเลี้ยงที่ดี (การกักเก็บคาร์บอนสุทธิ = การปลดปล่อยคาร์บอน - การกักเก็บคาร์บอน) และสามารถใช้ประโยชน์เพื่อเป็นคาร์บอนเครดิตในการลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากการเลี้ยงสัตว์น้ำ [4] Anikuttan และคณะ [5] ศึกษาศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในดินตะกอนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจัดช่วงพักบ่อ (ไม่มีการเลี้ยง) เป็นระยะเวลา 1 ปี ในประเทศอินเดีย

พบว่ามีความสูงกว่าที่พบในทะเลสาบขนาดเล็กและขนาดใหญ่ (small and large lakes) แต่ยังมีค่าต่ำกว่าที่พบในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ (reservoir) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Adhikari และคณะ [6] และ Boyd และคณะ [4] ที่พบว่าบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าทะเลสาบและทะเล (natural lake and inland sea) แต่ต่ำกว่าอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และอ่างเก็บน้ำทางการเกษตร (large river reservoir and agricultural impoundment)

ปัจจุบันข้อมูลในการศึกษาถึงศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำยังมีอยู่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในการเกษตรทางบก (terrestrial farming) [5] และพบว่า การเลี้ยงสัตว์น้ำมีอัตราการเติบโตสูงที่สุดของการผลิตโปรตีนจากสัตว์ทั่วโลก การเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่จะนิยมเลี้ยงในบ่อดิน ซึ่งข้อมูลสถิติในปี พ.ศ. 2559 พบว่าประเทศไทยมีการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในรูปแบบของบ่อมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 97 ของประเภทการเลี้ยงทั้งหมด รวมเป็นเนื้อที่ 901,322 ไร่ โดยปลาถูกเป็นปลาน้ำจืดอันดับสองที่มีการเลี้ยงมากที่สุดรองจากปลานิล [7] ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีผลผลิตของปลาที่ถูกที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 105,144 ตัน โดยคิดเป็นร้อยละ 25.4 จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดทั้งหมด (413,263 ตัน) และพบว่ามีผลผลิตเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2559 เป็นจำนวน 2,700 ตัน จังหวัดสกลนครมีพื้นที่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจืด 8,970 ไร่ และมีผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อ 2,077 ตัน [8] ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ประเมินอัตราการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงปลาที่ถูกอุย (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) ในพื้นที่จังหวัดสกลนคร จากปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ความหนาแน่นรวมโดยน้ำหนักแห้ง และอัตราการสะสมของดินตะกอน และ (2) ประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ของ

บ่อเลี้ยงปลาที่ถูกอุยจากอัตราการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์และพื้นที่บ่อเลี้ยง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 พื้นที่ศึกษา

บ่อดินเลี้ยงปลาที่ถูกอุยหลังการเก็บผลผลิต จำนวน 12 บ่อ จาก 3 ฟาร์ม ของกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาที่ถูกอุย ภายใต้การดำเนินงานร่วมกับบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง ทุกบ่อมีที่ตั้งอยู่ในเขตตำบลช้างมิ่ง อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร (ตารางที่ 1) ได้แก่ ฟาร์มสายชล (Saichon Farm) สถานี S1-S6 (รูปที่ 1A) ฟาร์มพนาวัลย์ (Panawan Farm) สถานี S7-S10 (รูปที่ 1A) และฟาร์มสมบุญ (Sombun Farm) สถานี S11-S12 (รูปที่ 1B)

2.2 การประเมินอัตราและศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงปลาที่ถูกอุย

Table 1 The study location coordinates.

Stations	Latitudes	Longitudes
S1	17°19' 16.38" N	103°45' 52.06" E
S2	17°19' 16.50" N	103°45' 53.10" E
S3	17°19' 15.31" N	103°45' 53.51" E
S4	17°19' 13.48" N	103°45' 52.95" E
S5	17°19' 13.66" N	103°45' 53.82" E
S6	17°19' 13.90" N	103°45' 54.74" E
S7	17°19' 10.87" N	103°45' 50.89" E
S8	17°19' 09.21" N	103°45' 50.79" E
S9	17°19' 09.38" N	103°45' 51.58" E
S10	17°19' 09.23" N	103°45' 52.53" E
S11	17°19' 27.79" N	103°45' 05.82" E
S12	17°20' 27.71" N	103°47' 06.67" E



Figure 1 Sediment sampling stations from Google Earth 2017. A: Saichon Farm (S1-S6) and Panawan Farm (S7-S10), B: Sombun Farm (S11-S12).

2.2.1 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon content, OC)

เก็บตัวอย่างดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลา ดูกบักอูยหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต 1 เดือน ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 โดยใช้ท่อเก็บตัวอย่างดินตะกอนแบบพลาสติกใสรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.4 เซนติเมตร และยาว 40 เซนติเมตร สุ่มเก็บตัวอย่างดินจากผิวหน้าดินให้ลึกลงไป 15 เซนติเมตร จำนวน 8 จุด เก็บทั้งบ่อและผสมดินที่เก็บได้ทุกจุดเก็บเข้าด้วยกันในถังผสม จากนั้นสุ่มตัวอย่างจากถังผสม 500 กรัม เก็บใส่ภาชนะมิดชิด (1 บ่อมี 1 ตัวอย่าง) และนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส บด ร่อน และวิเคราะห์หาร้อยละของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนโดยวิธี potassium dichromate-sulfuric acid oxidation method [9]

2.2.2 ความหนาแน่นรวมของดินตะกอนโดยน้ำหนักแห้ง (dry bulk density, BD)

ใช้วิธี core method [10] โดยใช้ท่อเก็บตัวอย่างดินตะกอนเช่นเดียวกับข้อ 2.2.1 และนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นและชั่งน้ำหนัก คำนวณความหนาแน่นรวมของดินตะกอนจากน้ำหนักแห้งของดินตะกอนหารด้วยปริมาตรของท่อเก็บตัวอย่าง (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

2.2.3 อัตราการสะสมดินตะกอน (sediment accumulation rate, SR)

คำนวณได้จากความหนาของชั้นดินตะกอน (sediment depth, เซนติเมตร) ในท่อเก็บตัวอย่างดินตะกอนหารด้วยอายุของบ่อ (pond age, ปี) [4-6]

2.2.4 อัตราการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon sequestration rate, OC_{sq})

คำนวณได้จากผลคูณของร้อยละของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (OC) ความหนาแน่นรวมของดินตะกอนโดยน้ำหนักแห้ง (BD) และอัตราการสะสมดินตะกอน (SR) [4,6] ดังสมการ $OC_{sq} (g/m^2/year) = OC (\%) \times BD (g/m^3) \times SR (cm/year)$

2.2.5 ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon sequestration potential, OC_{sqP})

คำนวณจากผลคูณของอัตราการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ (OC_{sq}) และพื้นที่บ่อเลี้ยงปลาดูกบักอูย (ตารางเมตร) ดัดแปลงจากวิธีการของ Xiaonan และคณะ [11] ดังสมการ $OC_{sqP} (kg/year) = OC_{sq} (kg/m^2/year) \times pond\ area (m^2)$

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของดินตะกอน ได้แก่ อายุการใช้งานบ่อ ความหนาของชั้นดินตะกอน อัตราการสะสมดินตะกอน ความหนาแน่นรวมของดินตะกอน และปริมาณคาร์บอนอินทรีย์รวมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกักเก็บ

คาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนกับสมบัติของดินตะกอน โดยวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple linear regression) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (package program)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ข้อมูลบ่อเลี้ยงปลาตกบึกอูย

3.1.1 การจัดการการเลี้ยง

ข้อมูลบ่อดินเลี้ยงปลาตกบึกอูยทั้งหมด 12 บ่อ จากการสัมภาษณ์เกษตรกรทั้ง 3 ฟาร์ม พบว่าทุกฟาร์มได้เริ่มเลี้ยงปลาตกบึกอูยในเชิงพาณิชย์ภายใต้สัญญาและการดูแลกับบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งเช่นเดียวกัน โดยเลี้ยง 2 รอบต่อปี ทุกบ่อมีการปล่อยลูกพันธุ์ในอัตรา 50 ตัวต่อตารางเมตร ให้อาหาร 2 มื้อต่อวัน (เช้า-เย็น) เลี้ยงเป็นระยะเวลา 90-120 วัน การจัดการบ่อระหว่างการเลี้ยง ได้แก่ การเปลี่ยนถ่ายน้ำซึ่งมีแค่เพียงการเติมน้ำเพิ่มเข้าสู่บ่อเมื่อปริมาณน้ำลดลง ไม่มีการนำน้ำเดิมออก เนื่องจากการสูบน้ำออกจะส่งผลให้มีต้นทุนเพิ่มขึ้น การรักษาระดับน้ำจะให้ความสูง 120-150 เซนติเมตร และไม่มีการดูแลดินตะกอนในบ่อ ส่วนการจัดการบ่อหลังการเก็บผลผลิตที่มีการสูบน้ำออกแล้วในระหว่างการเก็บผลผลิตจะมีการตากบ่อ และระยะเวลาพักบ่อไม่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับฤดูกาล การลอกเลนหรือการนำดินตะกอนพื้นบ่อออกจะดำเนินการเฉลี่ย 2-3 รอบการเลี้ยงต่อการลอกเลน 1 ครั้ง และไม่มีการไถพลิกหน้าดินในทุกบ่อ

ผลผลิตมีแนวโน้มลดลงตามอายุของบ่อเลี้ยง ผลผลิตต่อบ่อต่อ 1 รอบการเลี้ยงล่าสุด มีค่าเฉลี่ย 7-8 ตัน โดยช่วงเริ่มต้นในรอบแรกของการเลี้ยงมีผลผลิตต่อบ่อ 10-11 ตัน (ข้อมูลถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560) การศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างดินที่ผิวหน้าดินลึกลงไป 15 เซนติเมตร หลังการเก็บผลผลิตของปลาตกบึกอูยเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่าดินตะกอนบางส่วนที่

อยู่ที่ผิวหน้าดินของทุกบ่อมีการสูญเสียออกไปจากบ่อกับมวลน้ำที่สูบน้ำออกจากบ่อในขั้นตอนของการเก็บผลผลิต สอดคล้องกับการศึกษาของ Adhikari และคณะ [12]

3.1.2 ขนาดและอายุการใช้งานบ่อ

พบว่าเกษตรกรนิยมขุดบ่อดินเลี้ยงปลาตกบึกอูยรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้าให้มีพื้นที่ประมาณ 1,000 ตารางเมตร โดยกว้างประมาณ 20 เมตร และยาวประมาณ 50 เมตร ซึ่งการศึกษาครั้งนี้พบบ่อดินที่ใช้เลี้ยงมีพื้นที่ 933-1,137 ตารางเมตร (คำนวณจากโปรแกรม Google Earth) และมีค่าเฉลี่ย 1,040±63 ตารางเมตร ส่วนอายุการใช้งานบ่อ คือ 3-4 ปี และมีค่าเฉลี่ย 3.50±0.52 ปี (ตารางที่ 2)

3.2 สมบัติของดินตะกอนพื้นบ่อ

3.2.1 ความหนาของชั้นดินตะกอน

ความหนาของชั้นดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงปลาตกบึกอูยในการศึกษานี้มีค่า 11.20-24.50 เซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ย 19.88±4.04 เซนติเมตร (ตารางที่ 2) ความหนาของชั้นดินตะกอนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตราการสะสมดินตะกอน ($p < 0.05$, $R = 0.8561$, $R^2 = 0.7329$) (ตารางที่ 3 และรูปที่ 2C) Kulapapuk และคณะ [13] พบว่าการการเพิ่มขึ้นของค่าความหนาของชั้นดินตะกอนและอัตราการสะสมดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งขาวเป็นไปในทิศทางเดียวกับอัตราการให้อาหารสัตว์น้ำที่เพิ่มขึ้น

3.2.2 อัตราการสะสมดินตะกอน

อัตราการสะสมดินตะกอนพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบกับอายุการใช้งานบ่อ ($p < 0.05$, $R = -0.8059$, $R^2 = 0.6494$) (ตารางที่ 3 และรูปที่ 2B) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Boyd และคณะ [4] ที่ศึกษาในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีอายุการใช้งานบ่อ 1-52 ปี

จำนวน 233 บ่อทั่วโลก โดยพบแนวโน้มของอัตราการสะสมดินตะกอนลดลงเมื่ออายุการใช้งานบ่อเพิ่มขึ้น

3.2.3 ความหนาแน่นรวมของดินตะกอน

โดยน้ำหนักแห้ง

Table 2 Sediment data and organic carbon sequestration rates in hybrid catfish ponds.

Stations	Pond areas (m ²)	Pond age (year)	Sediment depth (cm)	Sediment accumulation rate (cm/year)	Dry bulk density (g/cm ³)	Organic carbon (%)	Organic carbon sequestration rates (g/m ² /year)
S1	1,007	4	12.97	3.24	0.73	1.41	333.75
S2	933	4	19.93	4.98	0.76	1.70	643.74
S3	1,009	4	24.50	6.13	0.80	1.59	779.10
S4	963	4	20.13	5.03	0.66	1.37	455.04
S5	1,012	4	21.53	5.38	0.81	1.10	479.58
S6	1,137	4	11.20	2.80	0.86	1.23	296.18
S7	1,118	3	23.47	7.82	0.80	1.49	932.54
S8	1,036	3	21.72	7.24	0.76	2.29	1,260.05
S9	1,062	3	21.22	7.07	0.87	2.46	1,513.83
S10	1,119	3	17.87	5.96	0.73	1.09	473.97
S11	1,047	3	22.64	7.55	0.67	1.16	586.53
S12	1,033	3	21.39	7.13	0.75	1.19	636.35
Average	1,039.67	3.50	19.88	5.86	0.77	1.51	699.22
SD	62.19	0.52	4.04	1.64	0.07	0.45	370.91

Table 3 Correlation coefficient (R) between organic carbon sequestration rates and sediment characteristics

Sediment characteristics	Pond age	Sediment depth	Sediment accumulation rate	Dry bulk density	Organic carbon
Sediment depth	-0.3892				
Sediment accumulation rate	-0.8059*	0.8561*			
Dry bulk density	0.0531	-0.1136	-0.0958		
Organic carbon content	-0.2474	0.2411	0.2996	0.3787	
Organic carbon sequestration rate	-0.5669	0.5449	0.6709*	0.3880	0.8873*

* Statistically significant correlation ($p < 0.05$)

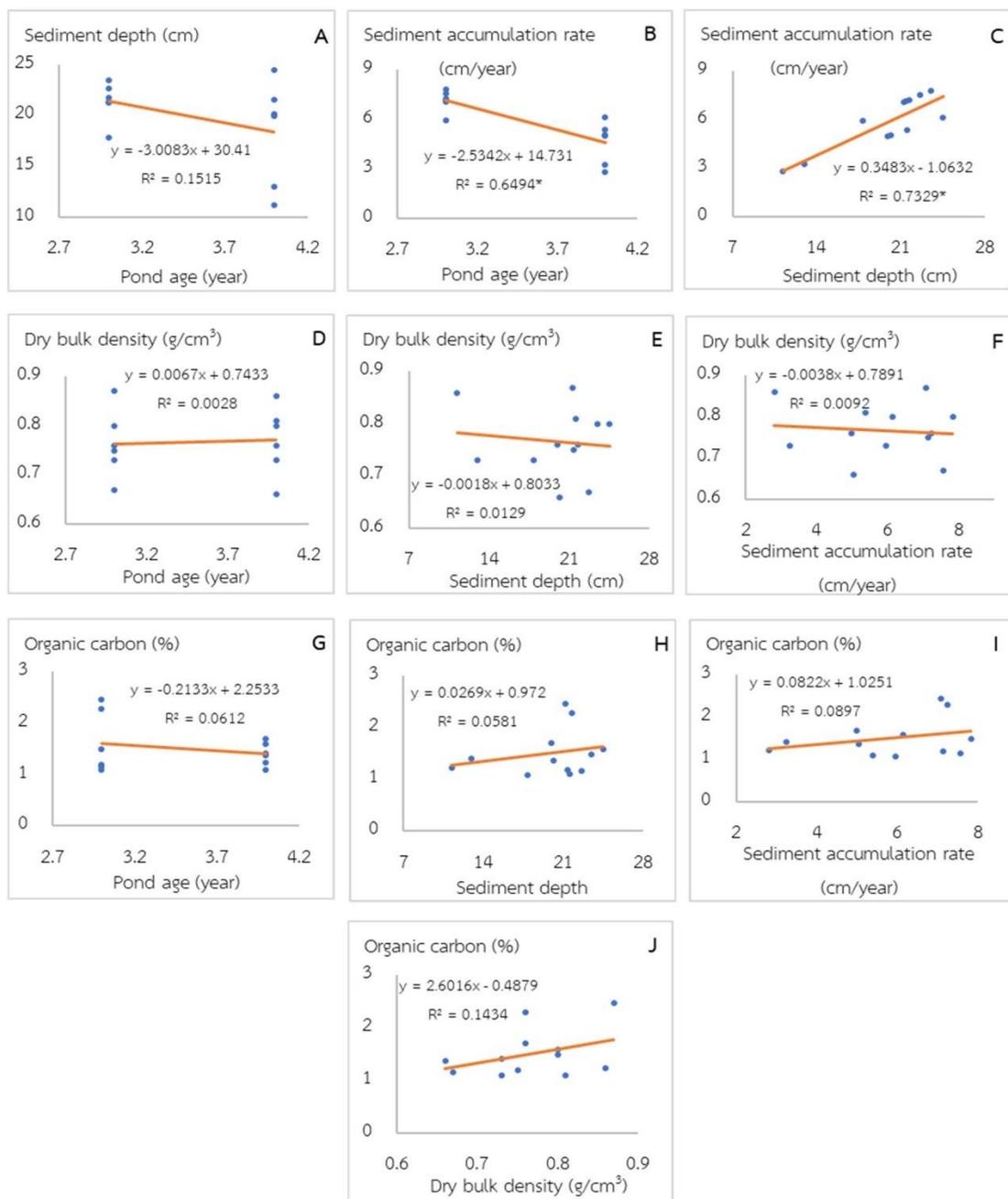


Figure 2 Relationships between sediment characteristics, sediment depth and pond age (A), sediment accumulation rate and pond age (B), sediment accumulation rate and sediment depth (C), dry bulk density and pond age (D), dry bulk density and sediment depth (E), dry bulk density and sediment accumulation rate (F), organic carbon and pond age (G), organic carbon and sediment depth (H), organic carbon and sediment accumulation rate (I), organic carbon and dry bulk density (J). *Statistically significant correlation (p < 0.05).

ความหนาแน่นรวมของดินตะกอนโดยน้ำหนักแห้งมีค่า 0.66-0.87 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ย 0.77 ± 0.07 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมของดินตะกอนโดยน้ำหนักแห้งกับสมบัติของดินตะกอนอื่น ๆ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

3.2.4 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนของบ่อเลี้ยงปลาตกบักอยู่ในการศึกษานี้มีแหล่งที่มาจากเศษอาหารเหลือกิน การขับถ่ายของเสียของปลาซากแพลงก์ตอน และตะกอนแขวนลอยที่เข้ามากับน้ำ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนพื้นบ่อพบมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 1.09-2.46 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.51 ± 0.45 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงปลาตกบักอยู่ในการศึกษานี้มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยที่พบในบ่อเลี้ยงปลาตก (*Clarias* sp.) ในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีและสระบุรีจากการศึกษาของ Boyd และคณะ [4] (ตารางที่ 4) ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนกับสมบัติของดินตะกอนอื่น ๆ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

3.3 การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนพื้นบ่อ

3.3.1 อัตราการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์

อัตราการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงปลาตกบักพบว่ามีค่า 296-1,514 กรัมต่อตารางเมตรต่อปี และมีค่าเฉลี่ย 699 ± 371 กรัมต่อตารางเมตรต่อปี (ตารางที่ 2) อัตราการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตราการสะสมดินตะกอน ($p < 0.05$, $R = 0.6709$, $R^2 = 0.4502$) (ตารางที่ 3 และรูปที่ 3C) และปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ($p < 0.05$, $R = 0.8873$, $R^2 = 0.7872$) (ตารางที่ 3 และรูปที่ 3E) แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับอายุการใช้งานบ่อ ความหนาแน่นของชั้น

ดินตะกอน และความหนาแน่นรวมของดิน ($p > 0.05$)

เมื่อนำผลการศึกษาไปเปรียบเทียบกับการศึกษาในบ่อเลี้ยงปลาตก (*Clarias* sp.) ในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีและสระบุรีจากการศึกษาของ Boyd และคณะ [4] พบว่าอัตราการกักเก็บคาร์บอนจากการศึกษานี้มีค่าสูงกว่า และสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่พบในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ในพื้นที่ต่างกันทั่วโลกจากการศึกษาเดียวกัน เมื่อพิจารณาพบว่าบ่อเลี้ยงปลาตกบักอยู่ในการศึกษานี้มีอายุการใช้งานบ่อต่ำกว่า มีค่าเฉลี่ยอัตราการสะสมดินตะกอนและความหนาแน่นของดินสูงกว่า อย่างไรก็ตาม บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำแบบผสมผสาน (*Oreochromis niloticus* และ *Litopenaeus vannamei*) จากการศึกษาของ Kunlapapuk และคณะ [13] ที่เป็นบ่อใหม่มีอายุการใช้งานบ่อไม่ถึง 1 ปี มีค่าเฉลี่ยอัตราการสะสมดินตะกอนและความหนาแน่นของดินสูงกว่าการศึกษานี้ กลับพบว่ามีค่าอัตราการกักเก็บคาร์บอนต่ำกว่า อาจเนื่องจากบ่อเลี้ยงปลาตกบักมีอัตราการให้อาหารที่สูงเพื่อเพิ่มผลผลิต แต่ทั้งนี้การศึกษาของ Boyd และคณะ [4] กลับพบว่าอัตราการกักเก็บคาร์บอนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่ศึกษาไม่ได้มีความสัมพันธ์กับผลผลิต ซึ่งบ่อเลี้ยงปลาตกบักมีผลผลิตที่สูง แต่ไม่ได้มีอัตราการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าที่พบในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจืดของ Wudtisin และคณะ [14] พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในบ่อเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis niloticus*) แต่ต่ำกว่าที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) (ตารางที่ 4)

3.3.2 ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์

บ่อเลี้ยงปลาตกบักอยู่ในการศึกษานี้มีขนาดพื้นที่เฉลี่ย 1,040 ตารางเมตร พบว่ามีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนเฉลี่ย 727.19 กิโลกรัมต่อปี

Table 4 The data of carbon sequestration in the sediments of aquaculture ponds

Types of aquaculture pond and location	Pond age (year)	Sediment accumulation Rate (cm/year)	Dry bulk density (g/cm ³)	Organic carbon (%)	Carbon sequestration rate (g/m ² /year)	Sources
Hybrid catfish (<i>Clarias macrocephalus</i> x <i>C. gariepinus</i>), Sakon Nakhon, Thailand	3.5	5.86	0.77	1.51	699	This study
Catfish (<i>Clarias</i> sp.), Suphan Buri and Sara Buri, Thailand	8	2.50	0.18	1.46	64	Boyd <i>et al.</i> [4]
Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>), Nakhon Pathom, Thailand	5	2.46	0.77	2.84	604	Wudtisinsin <i>et al.</i> [14]
Red hybrid tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i> x <i>mossambicus</i>), Nakhon Pathom, Thailand	5	3.16	0.86	3.36	918	Wudtisinsin <i>et al.</i> [14]
Polyculture (<i>Oreochromis niloticus</i> and <i>Litopenaeus vannamei</i>), Chonburi, Thailand	0.77	19.23	1.08	1.48	31	Kunlapapuk <i>et al.</i> [13]
Polyculture (carps and shrimp), Orissa, India	14	1.86	0.59	1.39	153	Adhikari <i>et al.</i> [6]

4. สรุป

การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำยังมีข้อมูลอยู่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ บ่อดินสำหรับเลี้ยงปลาตู้กักอยู่ในเชิงพาณิชย์ในพื้นที่จังหวัดสกลนครในการศึกษานี้พบว่ามีความหนาแน่นที่ประมาณ 1,000 ตารางเมตร มีอายุการใช้งานบ่อ 3-4 ปี ซึ่งถือว่าเป็นบ่อใหม่ที่ผ่านการเลี้ยงมาไม่มากนัก โดยพบอัตราการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอนมีค่าเฉลี่ย 699.22 กรัมต่อตารางเมตรต่อปี และมีศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินตะกอน 727.19 กิโลกรัมต่อปีต่อพื้นที่บ่อ 1,040 ตารางเมตร ถึงแม้ว่าผิวหน้าดินตะกอนพื้นที่บ่อจะมีการ

สูญเสียออกไปบางส่วนระหว่างขั้นตอนการเก็บผลผลิตและการนำดินตะกอนออกจากบ่อในขั้นตอนการเตรียมบ่อเลี้ยงในโรงบ่อถัดไปก็ตาม แต่อย่างน้อยร้อยละ 60 ของการกักเก็บคาร์บอนในดินตะกอนจะไม่ถูกปลดปล่อยกลับไปสู่บรรยากาศ [15] ดังนั้นบ่อเลี้ยงปลาดุกก็กักเก็บคาร์บอนได้ด้วยการกักเก็บไว้ในดินตะกอน การศึกษาอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากบ่อเลี้ยงปลาดุกก็กักเก็บเพิ่มเติมจะทำให้ทราบถึงอัตราการกักเก็บคาร์บอนสุทธิและสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นคาร์บอนเครดิตในการลดหย่อนการปลดปล่อยคาร์บอนจากการเพาะเลี้ยงปลาดุกก็กัก

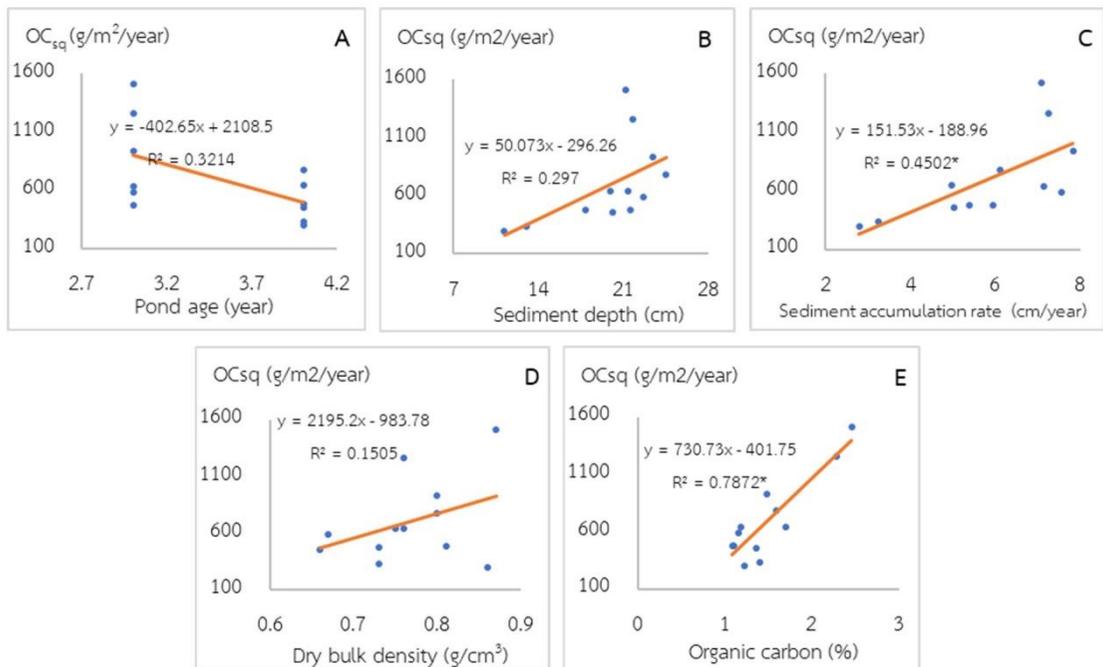


Figure 3 Relationships between organic carbon sequestration rates (OC_{sq}) and sediment characteristics, pond age (A), sediment depth (B), sediment accumulation rate (C), dry bulk density (D), organic carbon (E). *Statistically significant correlation ($p < 0.05$).

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ฟาร์มสายชล ฟาร์มพนาวัลย์ และ ฟาร์มสมบุรณ์ ตำบลช้างมิ่ง อำเภอพรรณานิคม จังหวัด สกลนคร สำหรับการอนุญาตและอำนวยความสะดวก ในการเก็บข้อมูลและเก็บตัวอย่างดินตะกอน ขอขอบคุณ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา สาขาวิชาประมง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต สกลนคร สำหรับความช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้

6. References

- [1] Department of Ecology State of Washington, 2013, Focus on Soil Carbon Sequestration, Publication Number 13-07-031, Available Source: <https://fortress.wa.gov/ecy/publications/publications/1307031.pdf>, December 15, 2017.
- [2] Downing, J.A., 2010, Emerging global role of small lakes and pond: Little things mean a lot, *Limnetica* 29: 9-24.
- [3] Taylor, S., Gilbert, P.J., Cooke, D.A., Deary, M.E. and Jeffries, M.J., 2019, High carbon burial rates by small ponds in the landscape, *Front. Ecol. Environ.* 17: 25-31.
- [4] Boyd, C.E., Wood, C.W., Chaney, P.L. and Queiroz, J. F. Queiroz, 2010, Role of aquaculture pond sediments in sequestration of annual global carbon emissions, *Environ. Pollut.* 158: 2537-2540.
- [5] Anikuttan, K.K., Adhikari, S. and Kavitha,

- M., 2016, Carbon sequestration capacity of sediments, algae, and zooplankton from fresh water aquaculture ponds, Environ. Monit. Assess. 188: 422.
- [6] Adhikari, S., Lal, R. and Sahu, B.C., 2012, Carbon sequestration in the bottom sediments of aquaculture ponds of Orissa, India, Ecol. Eng. 47: 198-202.
- [7] Fisheries Development Policy and Strategy Division, 2018, Fisheries Statistics of Thailand 2016, No. 12/2018, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, 65 p. (in Thai)
- [8] Fisheries Development Policy and Strategy Division, 2019, Fisheries Statistics of Thailand 2017, No. 9/2019, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, 87 p. (in Thai)
- [9] Boyd, C.E. and Tucker, C.S., 1992, Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, 183 p.
- [10] Boyd, C.E., 1995, Bottom Soil, Sediment and Pond Aquaculture, Chapman & Hall Book, New York, 348 p.
- [11] Xiaonan, D., Xiaoke, W., Lu, F. and Zhiyun, O., 2008, Primary evaluation of carbon sequestration potential of wetlands in China, Acta Ecol. Sin. 28: 463-469.
- [12] Adhikari, S., Lal, R. and Wang, H.P., 2014, Carbon sequestration in the soil of aquaculture ponds, crop land, and forest land in southern Ohio, USA, Environ. Monit. Assess. 186: 1569-1574.
- [13] Kunlapapuk, S., Wudtisn, I., Yoonpundh, R. and Sirisuay, S., 2019, Effect of different feed loading on sediment accumulation rate and carbon burial rate in the polyculture system of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), J. Fish. Environ. 43: 30-42.
- [14] Wudisin, I., Saeiam, Y. and Kulabthong, S., 2015, Properties and accumulation rate of sediments in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) ponds and ponds with cages containing red tilapia (*Oreochromis niloticus x mossambicus*), Fish. Res. Bull. Kasetsart Univ. 39(1): 48-60.
- [15] Adhikari, S., Mahanty, D., Ikmail, S. and Sarkar, S., 2019, Carbon storage in sediments of freshwater fishponds of Orissa, Andhra Pradesh, and West Bengal, India, Aust. J. Environ. Toxicol. 5: 1026.