

การพัฒนาดัชนีชี้วัดทางนิเวศวิทยาเพื่อประเมินศักยภาพและเสถียรภาพ
ในการผลิตทรัพยากรสัตว์น้ำ: กรณีศึกษาในพื้นที่เลี้ยงกุ้ง
วิธีเลียนแบบธรรมชาติ จังหวัดสมุทรสาคร

Development of Ecological Index for Assessment of Natural Potential and Stability
of Aquatic Resource Production: A Case Study in Extensive
Shrimp Culture Areas of Samut Sakhon, Thailand

จารุมาศ เมฆสัมพันธุ์^{1*} เซษฐพงษ์ เมฆสัมพันธุ์² และ แสงเทียน อัจจิมางกูร³

Charumas Meksumpun^{1*} Shettapong Meksumpun² and Sangtien Ajjimangkul³

¹ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 10900

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

³ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ

E-mail address: ffiscmc@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการสังเคราะห์ผลจากพลวัตการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆในระบบนิเวศของบ่อเลี้ยงกุ้งวิธีเลียนแบบธรรมชาติในพื้นที่ตำบลพันท้ายนรสิงห์ จ.สมุทรสาคร โดยเน้นการใช้ประโยชน์จากความรู้ความเข้าใจในสมมูลธรรมชาติและศักยภาพของพื้นที่ผนวกกับการกำหนดดัชนีชี้วัดทางนิเวศวิทยาเพื่อการส่งเสริมการเลี้ยง ผลการศึกษาทำให้ทราบว่าเราสามารถประยุกต์ใช้ดัชนีตามลำดับความสำคัญ คือ การไหลเข้า/ออกของมวลน้ำ พื้นที่/ความลึกบ่อ ปริมาณและสัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดอะตอม/ไดโนแฟลกเจลเลท ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และสัดส่วนของสารอินทรีย์ในโตรเจน/ฟอสฟอรัส มาใช้ประเมินศักยภาพและเสถียรภาพเชิงการผลิตของบ่อได้ ผลการศึกษายังพบว่าที่ตั้ง/การจัดการบ่อส่งผลให้เกิดลักษณะจำเพาะของระบบภายในที่แตกต่างกันมาก ดังนั้นหากจะพัฒนาเกณฑ์ด้านคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงควรจะให้ ความสำคัญในการควบคุมที่อัตราการเปลี่ยนแปลง มากกว่าการควบคุมที่ระดับปรากฏของปัจจัย อื่นๆ ความสำเร็จในการผลิตไม่ได้อาศัยลักษณะเชิงอำนาจจากธรรมชาติเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับ ความสามารถของผู้ประกอบการที่นำเอาความรู้ ได้แก่ I) การจัดการใช้ประโยชน์จากการขึ้น-ลงของน้ำทะเล II) การจัดการใช้ประโยชน์จากลักษณะทางโครงสร้างของบ่อ III) การจัดการด้านเปลี่ยนถ่ายน้ำ/เปิดประตูน้ำ IV) การส่งเสริมพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิต และ V) การมีความมุ่งมั่นในการยึดเป็นอาชีพ มาใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการได้มากน้อยเพียงใด ความรู้เหล่านี้เป็นหัวใจในการพัฒนาใช้พื้นที่บ่อ ตลอดจนผลผลิตกุ้ง/สัตว์น้ำอื่นที่จะเกิดขึ้นตามมา เป็นการส่งเสริมให้เกิดการเลี้ยงอย่างชาญฉลาดและยั่งยืนได้

คำสำคัญ: ดัชนีชี้วัดทางนิเวศวิทยา สมดุลนิเวศ ศักยภาพผลิต การเลี้ยงกุ้งวิธีเลียนแบบธรรมชาติ สมุทรสาคร

ABSTRACT

This research was aimed to analyze temporal changes of several physical, chemical, and biological factors in extensive shrimp culture ponds and related aquatic systems in the Phantai Norasing District, Samut Sakhon Province, Thailand. Here, the concepts of *NATURAL BALANCE* and *RESOURCE POTENTIAL* were focused to apply for area classification so as to provide suitable culture development approach. On the development of ecosystem balance and natural resource potential assessment *CRITERIA*, the functional roles of parameters such as water mass balance, pond area and depth, density and ratios of diatoms and dinoflagellates, chlorophyll a, ratios of dissolved inorganic nitrogen and orthophosphate phosphorus had revealed to be significantly important factors controlling the system. Nevertheless, to achieve the goal of aquatic animal yields, not only the natural potential of the areas, but also the knowledge and knowledge exploitation was critical recommended. The farmers here should integrate; I) Seawater tidal and exchange system, I) Pond topography and structure, III) Water inlet/outlet pattern, IV) Stock extension management, and V) Family attitudes in the culture to the culture management. From the overall views, the knowledge integrations from such *NATURAL* and *HUMAN* functions should thus deserve depth consideration for development of management strategies for the sustainable culture of the areas.

Keywords: Ecological index, eco-balance, production potential, shrimp extensive culture, Samut Sakhon

ความสำคัญและที่มาของการศึกษาวิจัย

ปัญหาของการผลิตสัตว์น้ำ ในท่ามกลางภาวะวิกฤตการณ์ของสถานการณ์คุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อม ความไม่แน่นอนของราคา รวมทั้งปัจจัยการตลาด ตลอดจนมาตรฐานที่ถูกบีบคั้นจากภาคผู้ซื้อ ทำให้นักวิชาการจากหลายฝ่ายเริ่มหันมาพิจารณาเพื่อหาทางออกที่เหมาะสมในการจัดการเพื่อความมั่นคงในสถานการณ์การผลิตสัตว์น้ำของไทย โดยพิจารณาหาแนวทางการพัฒนาตั้งแต่ระดับผู้ผลิตรากหญ้า จนกระทั่งถึงผู้ส่งออกรายใหญ่ รวมทั้งองค์ประกอบในเครือข่ายอุตสาหกรรมกุ้งทุกภาคส่วน

ในท่ามกลางภาวะดังกล่าว กุ้งกุลาดำ ที่เคยได้ทำชื่อเสียงในฐานะผู้ส่งออกอันดับหนึ่งและส่งผลให้เกิดรายได้ให้ประเทศไทยอย่างมหาศาล แต่ภายในระยะเวลาเพียงไม่กี่ปี จนถึง ณ ปัจจุบันเราคงเหลือการผลิตกุ้งกุลาดำส่งออกเพียงไม่ถึง 1 % ของกุ้งที่ส่งออกทั้งหมด และขณะที่ยุคสมัยของการเลี้ยงกุ้งปัจจุบันแปร

เปลี่ยนเป็นกุ้งขาว คำถามถึงเหตุและผลที่กุ้งกุลาดำเหลือแค่ 1 % ได้กลายมาเป็นโจทย์เพื่อการเรียนรู้ และเพื่อเป็นประสบการณ์สำหรับการเตรียมต้อนรับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้กับการผลิตกุ้งในยุคใหม่

รูปแบบหนึ่งในการพัฒนาที่น่าสนใจ คือ การให้ความสำคัญกับการพัฒนาเทคนิคการเลี้ยงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และ/หรือ การเลี้ยงแนวชีวภาพ ซึ่งเป็นการให้ความสำคัญกับระบบนิเวศมากยิ่งขึ้น พร้อมกับควบคุมดูแลศัตรูธรรมชาติด้วยการใช้สารที่ไม่มีพิษตกค้าง สำหรับด้านการจัดการการเลี้ยงนั้น ปัจจุบันได้มีเกษตรกรผู้ผลิตกุ้งกุลาดำบางกลุ่ม หันกลับมาใช้วิธีการเลี้ยงในแบบที่เป็นการประยุกต์การเลี้ยงแบบธรรมชาติอีกครั้ง ซึ่งทำการเลี้ยงโดยปล่อยลูกกุ้งที่แข็งแรงเข้าสู่บ่อดินพื้นที่กว้างใหญ่ในอัตราความหนาแน่นที่ต่ำมาก และเน้นการเลี้ยงแนวชีวภาพที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นการปล่อยให้เจริญเติบโตในบ่อที่ธรรมชาติที่มีระบบการขึ้นลงของน้ำทะเลเกี่ยวข้อง ในการริเริ่มหันกลับมาเลี้ยงด้วยวิธีนี้ เกษตรกรส่วนใหญ่ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง โดยจะได้ผลผลิตเป็นกุ้งกุลาดำขนาดใหญ่ที่คุ้มค่ากับการลงทุน อย่างไรก็ตาม ในท่ามกลางการประสบความสำเร็จดังกล่าว ยังมีอีกหลากหลายปัญหาที่เกษตรกรต้องการความช่วยเหลือ อาทิ กุ้งไม่โต การเกิดโรคระบาด ความไม่แน่นอนของคุณภาพน้ำ และการขาดความรู้ในการจัดการการใช้ประโยชน์จากระบบนิเวศอย่างเหมาะสม

จากปัญหาในความไม่แน่นอนของระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เป็นการเลี้ยงแบบธรรมชาตินี้ การพัฒนา การเลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการดังกล่าวจึงอาจมีอุปสรรคได้ ซึ่งโจทย์สำคัญที่ต้องการคำตอบอย่างเร่งด่วนก็คือ ปัจจัยใดในระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของผลผลิต? การประเมินศักยภาพทางธรรมชาติของแต่ละบ่อเลี้ยง ควรจะใช้เกณฑ์อะไร? และ จะเอาเทคนิคการจัดการอย่างไรเข้าไปช่วยส่งเสริมการผลิตได้?

การศึกษาวิจัยนี้ จึงให้ความสำคัญกับหาแนวทางพัฒนาการเลี้ยงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและ/หรือ การเลี้ยงแนวชีวภาพที่มีการดำเนินการอยู่ โดยเน้นการสังเคราะห์ความรู้จากข้อมูลการศึกษาด้านพลวัตการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางกายภาพ เคมี และสิ่งมีชีวิตต่างๆ และความสัมพันธ์กับผลผลิตที่ได้จากระบบนิเวศของบ่อเลี้ยงกุ้งที่หลากหลาย มีการบูรณาการแนวคิดและภูมิปัญญาของเกษตรกรที่ประสบผลสำเร็จในการจัดการการเลี้ยง โดยมีกรณีศึกษาเพื่อรวบรวมความรู้จากพื้นที่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่ใช้วิธีเลี้ยงแบบธรรมชาติ ณ ชุมชนท้องถิ่นหนึ่งในตำบลพันท้ายนรสิงห์ จังหวัดสมุทรสาคร มาประกอบ นอกจากนี้ ยังได้เสนอแนวคิดในการพัฒนาดัชนีชี้วัดทางคุณภาพน้ำและคุณภาพดินตะกอน สำหรับการเลี้ยงกุ้งแนวชีวภาพ บนพื้นฐานความรู้ความเข้าใจในสมดุลธรรมชาติ และเป้าหมายในการพัฒนาที่ยั่งยืนร่วมกัน

กรอบแนวคิดของการศึกษาวิจัย

การวิเคราะห์หาแนวทางพัฒนาระบบการผลิตกุ้งเพื่อส่งเสริมให้เกิดการเลี้ยงอย่างยั่งยืน เป็นโจทย์สำคัญที่หลายภาคส่วนกำลังช่วยกันมอง หากแต่เป็นมุมมองจากหลากหลายสถานภาพและอาจมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากลุ่มโครงสร้างในระบบอุตสาหกรรมกุ้งในระดับที่แตกต่างกันไป อย่างไรก็ตาม สำหรับการพัฒนา

ระบบการผลิตที่ให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และ/หรือการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ให้ยั่งยืนและค่อยเป็นค่อยไปที่สุดนั้น การส่งเสริมระบบการผลิตสัตว์น้ำ บนพื้นฐานความพอเพียง โดยอยู่บนหลักการของเกษตรธรรมชาติ ซึ่งดำเนินการด้วยการลงทุนที่ต่ำโดยน้ำพักน้ำแรงของเกษตรกรรายย่อยของประเทศ จะเป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนของไทย ซึ่งสอดคล้องกับวิถีการดำรงชีวิตตามหลัก *ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง* ที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ได้พระราชทานมาให้คนไทยทุกคนได้พิจารณาใช้ตามความเหมาะสม

อนึ่ง ภายใต้อาณัติของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่จะนำมาใช้เพื่อการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งแนวชีวภาพ เกษตรกรผู้เลี้ยงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจระบบนิเวศของบ่อตนเองอย่างถ่องแท้ และควรทราบถึงศักยภาพทางธรรมชาติของพื้นที่ที่จะใช้ประโยชน์ เพราะการประยุกต์ความรู้ด้านทรัพยากรมีชีวิต สิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศ มาสู่การพัฒนาการจัดการบ่อเลี้ยง จะเป็นหัวใจในความสำเร็จของการเลี้ยงที่เกษตรกรทุกคนปรารถนา ซึ่งความสำเร็จดังกล่าวนี้ หมายถึง การรักษาทั้งปริมาณ และคุณภาพของผลผลิต ตลอดจนการดูแลให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางน้ำในพื้นที่ของตน ได้คงอยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีและยาวนานที่สุดควบคู่กันไป

การศึกษาวิจัยนี้ จึงมีเป้าหมายในการพัฒนาความรู้ด้านดัชนีชี้วัดเพื่อการประเมิน *สมดุลนิเวศ* และ *ศักยภาพทางธรรมชาติ* ของพื้นที่ โดยให้ความสำคัญในการติดตามพลวัตการเปลี่ยนแปลงปัจจัยหลักในระบบนิเวศของบ่อเลี้ยงและระบบสิ่งแวดล้อมทางน้ำภายนอกที่เกี่ยวข้องในตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เพื่อประเมินความเชื่อมโยงของปัจจัยต่าง ๆ สู่คุณภาพของกุ้งที่เลี้ยงอย่างครบวงจร ความรู้ความเข้าใจในระดับของสมดุลและขีดจำกัดของธรรมชาติ ที่แต่ละพื้นที่มีไม่เท่ากันนี้ จะสามารถประยุกต์ใช้ ทั้งจากฝ่ายผู้เลี้ยงเพื่อการจัดการการเลี้ยงให้เกิดประสิทธิผลได้อย่างเหมาะสม และจากฝ่ายผู้สนับสนุน (อาทิ หน่วยงานจากภาครัฐ) เพื่อการจัดการการวางแผนส่งเสริมการเลี้ยง ตลอดจนการกำหนดมาตรการด้านการควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่เกี่ยวข้องได้อย่างเหมาะสมกับธรรมชาติของพื้นที่ต่อไป

วิธีการศึกษาวิจัย

การศึกษากาศสนามด้านระบบนิเวศ ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม ดำเนินการโดยออกสำรวจในพื้นที่บ่อกุ้งวิธีเลียนแบบธรรมชาติ รวมทั้งสิ้น 14 บ่อ (ภาพที่ 1; Ponds S1-S17) บ่อละ 3 สถานี ในพื้นที่ซึ่งเป็นแนวลำคลองสาขาอีก 21 สถานี และแนวชายฝั่งทะเล อีก 9 สถานี การสำรวจดำเนินการรวม 5 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 จัดเป็น Preliminary survey ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2550 สำหรับการติดตามข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ได้เริ่มจากเดือนมกราคม-เมษายน 2551 รวมทั้งหมด 4 ครั้ง (ภาพที่ 1)

คุณภาพน้ำที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ ความโปร่งแสง ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลาย ความเค็ม ปริมาณของแข็งแขวนลอยรวม ความเข้มข้นของสารอาหาร (NH_4^+ , $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$, $\text{Si}(\text{OH})_4$, PO_4^{3-}) ความเข้มข้นของ chlorophyll *a* ทิศทางและอัตราการไหลของน้ำ โดยทั้งนี้ ทำการวัดที่ผิวน้ำ (30

เซนติเมตร) และเพิ่มการวัดที่พื้นที่ท้องน้ำในกรณีน้ำลึกเกินกว่า 1.5 เมตร คุณภาพดินที่ศึกษา ได้แก่ ปริมาณน้ำในดิน สารอินทรีย์รวมในดิน ซัลไฟด์รวมในดิน โดยวัดที่ผิวหน้าดินและที่ระดับทุก 1 เซนติเมตร จนถึงลึก 10 เซนติเมตร ส่วนปัจจัยชีวภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น/องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดิน



ภาพที่ 1 สถานีสำรวจคุณภาพน้ำและดินตะกอน และตำแหน่งของบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (ในกรอบสี่เหลี่ยม) ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ใกล้ปากแม่น้ำ ตำบลพันท้ายนรสิงห์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร

ทำการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำ ดินตะกอน ตลอดจนการเกิดทดแทนที่ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศทางน้ำของบ่อ โดยเปรียบเทียบกับผลลัพท์เชิงคุณภาพและ

ปริมาณของกึ่งที่ได้จากการเลี้ยง และเมื่อวิเคราะห์สถานการณ์จากข้อมูลวิทยาศาสตร์แล้วเสร็จ ได้จัดสนทนาแลกเปลี่ยนกับเกษตรกรและบูรณาการข้อมูลทางวิชาการร่วมกับภูมิปัญญาของเกษตรกร ทั้งนี้เพื่อหาแนวทางการพัฒนาการเลี้ยงกึ่งในระบบเลียนแบบธรรมชาตินี้ ให้เกิดความราบรื่นยั่งยืน และเหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ต่อไป

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษาวิจัย

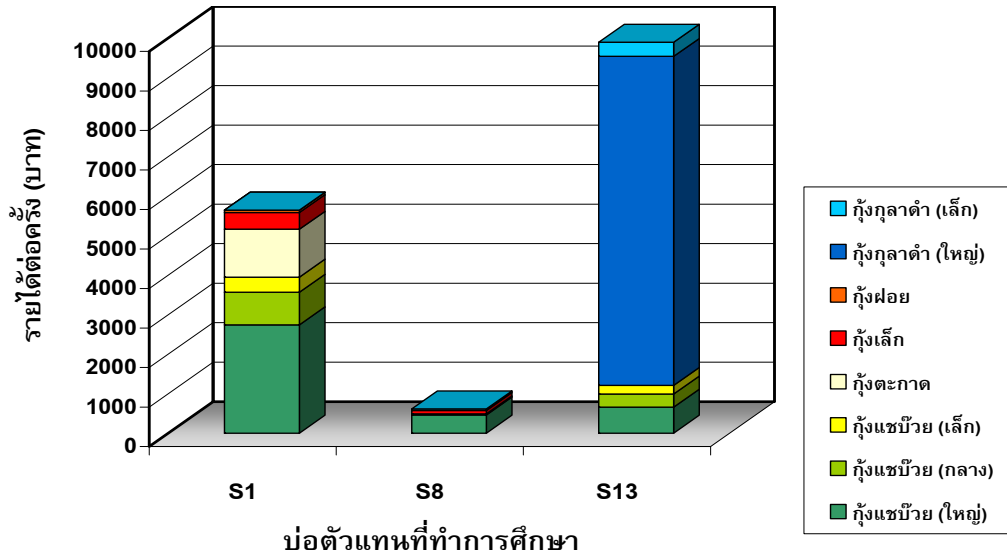
สถานการณ์ทรัพยากร สิ่งแวดล้อมทางน้ำ และผลผลิตจากบ่อเลี้ยงกึ่งวิถีเลียนแบบธรรมชาติ

จากผลการศึกษาวิจัยภาคสนามพบว่า สภาพพื้นที่บ่อในตำบลพันท้ายนรสิงห์ มีความอุดมสมบูรณ์สูง ทั้งในแง่ของสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ และอาหารธรรมชาติมีชีวิตที่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์น้ำในพื้นที่ โดยพบระดับของปัจจัยสำคัญ ได้แก่ NH_4^+ , $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$, $\text{Si}(\text{OH})_4$, PO_4^{3-} , chlorophyll *a* ปริมาณสารแขวนลอยรวม ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดิน ปริมาณซัลไฟด์รวมในดิน ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดิน อยู่ในช่วง 0-91.87 μM , 0-34.45 μM , 18.64-77.37 μM , 2.76-19.64 μM , 3.34-64.08 $\mu\text{g/l}$, 20.3-280.0 mg/l , 7.61-13.84%, 0-1.054 mg/g (dry weight), 7,800-86,550 units/l, 5-6,322 individuals/l, และ 266-38,356 individuals/m²ตามลำดับ

ปัจจัยเหล่านี้แสดงการผันแปรตามพื้นที่และเวลาค่อนข้างสูง โดยเฉพาะปัจจัยด้านสารอนินทรีย์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ โดยลักษณะปรากฏดังกล่าวได้รับอิทธิพลหลักจากโครงสร้างบ่อ การหมุนเวียนน้ำและรูปแบบการจัดการ หากต้องการวางแผนพัฒนาที่เหมาะสม ควรจัดแบ่งบ่อ ออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

- (1) บ่อติดทะเล ซึ่งรับน้ำเข้าจากทะเลโดยตรง และปล่อยน้ำออกฝั่งตรงข้ามลงคลองย่อย
- (2) บ่อในเขตทะเล ซึ่งมีทางน้ำเข้า/ออกทางเดียวหรือสองทางที่ใกล้กัน
- (3) บ่อในเขตน้ำกร่อย ซึ่งมีทางน้ำเข้า/ออกสองทางที่แยกจากกันชัดเจน
- (4) บ่อในเขตน้ำกร่อย ซึ่งมีทางน้ำเข้า/ออกทางเดียว

เมื่อพิจารณาศักยภาพการผลิตของพื้นที่ในเชิงนิเวศวิทยา ซึ่งเชื่อมโยงปัจจัยทางฐานวิทยาศาสตร์ สภาพภูมิ และชีวภาพของพื้นที่เข้าด้วยกัน จะพบว่าพลวัตของระบบน้ำและสิ่งมีชีวิตภายในบ่อได้รับอิทธิพลจากรูปแบบการถ่ายเทมวลน้ำ ซึ่งนำพาเอาสารอาหารและลูกพันธุ์สัตว์น้ำต่างๆ เข้ามา รวมถึงการนำพาเอาน้ำเสียหรือน้ำที่คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมเข้ามาในบ่อในบางโอกาส อิทธิพลจากการถ่ายเทมวลน้ำดังกล่าวจะมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลในระบบนิเวศอย่างเด่นชัดยิ่งขึ้น ในกรณีที่มวลน้ำเดิมในบ่อมีปริมาณน้อยหรือเป็นบ่อตื้น แต่ในกรณีที่บ่อมีความลึกค่อนข้างมาก อาทิ >1.5 เมตร ซึ่งการเปลี่ยนถ่ายน้ำหรือการเปิดเอาน้ำเข้า-ออกส่งผลให้มวลน้ำถูกถ่ายเทน้อยกว่า 10% ของมวลน้ำเดิมแล้ว อิทธิพลจากระบบการถ่ายเทมวลน้ำก็จะไม่เด่นชัด และระบบนิเวศในบ่อจะมีเสถียรภาพมากกว่า



ภาพที่ 2 แผนภาพเปรียบเทียบรายได้ประมาณการต่อครั้งของการเปิดน้ำจับกุ้ง ในบ่อ S1, S8 และ S13 โดยแยกองค์ประกอบเป็นกุ้งชนิดต่างๆ (ข้อมูลผลจับในช่วงกลางเดือนพฤษภาคม 2551)

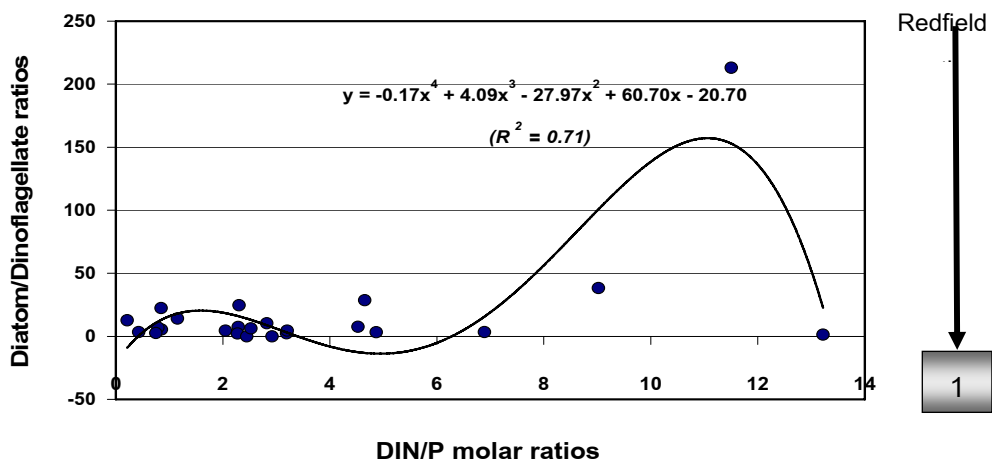
บ่อที่กระจายตัวอยู่ในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตการรับจากแม่น้ำท่าจีน ซึ่งจัดว่ามีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่เสื่อมโทรมที่สุดในประเทศไทย ทางด้านเหนือของพื้นที่ยังรับน้ำที่ผันมาจากคลองมหาชัย (ภาพที่ 1) ซึ่งรับน้ำเสียจากทางฝั่งกรุงเทพมหานคร ตำแหน่งที่ตั้งดังกล่าว ทำให้พื้นที่เหล่านี้ดูเหมือนว่าน่าจะมีความเสี่ยงสูงต่อการรับน้ำเสีย อย่างไรก็ตาม จากการทำวิจัยในพื้นที่ซึ่งมีโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดต่าง ๆ โดยตรงกับเกษตรกรเจ้าของกิจการ พบว่าพื้นที่ตำบลพันท้ายนรสิงห์นี้มีโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมศึกษา นิเวศวิทยาและระบบน้ำพื้นฐานที่ยังเอื้ออำนวยต่อการผลิตสัตว์น้ำ โดยเฉพาะลักษณะการแตกสาขาของลำคลองขุด ที่สองฝั่งประกอบด้วยระบบนิเวศป่าชายเลนที่อุดมสมบูรณ์ และหากบ่อนั้นเกษตรกรมีความรู้ เอาใจใส่ในบ่อของตนสูง และรู้จักวางแผนจัดการดึงน้ำเข้าออก ตลอดจนส่งเสริมพันธุ์อย่างเหมาะสม แม้จะอยู่ในเขตน้ำแบบใดก็จะสามารถยังผลผลิตและก่อให้เกิดรายได้ที่น่าพึงพอใจ (อาทิ บ่อ S13 ; ภาพที่ 2)

ความสำคัญของคุณภาพของสารอาหารในน้ำต่อการผลิตอาหารชั้นปลูมภูมิในระบบบ่อ

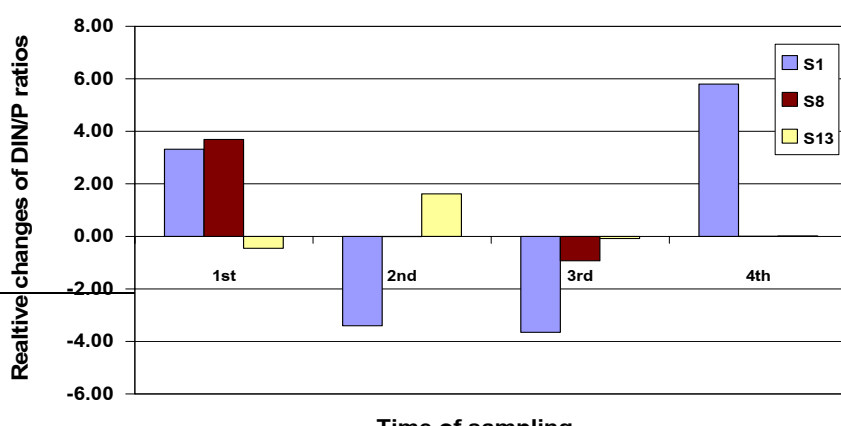
ในการศึกษานี้พบว่า คุณภาพของสารอาหารในน้ำมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนระหว่างไดอะตอมและไดโนแฟลกเจลเลต (Diatom/Dinoflagellate ratios) (ภาพที่ 3) ถึงแม้ว่าผลการศึกษาจะพบความผันแปรค่อนข้างสูง (ซึ่งทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากระบบการดึงน้ำเข้าออกที่ไม่สม่ำเสมอ) อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า สัดส่วนของ DIN/P molar ratios ส่วนใหญ่ที่พบในพื้นที่มีค่าต่ำกว่าระดับสมดุล (Redfield ratio=16:1; Redfield et al., 1963) ที่เป็นที่ยอมรับกันในหมู่นักนิเวศวิทยาของแพลงก์ตอนเขตทะเล สัดส่วนเช่นนี้แสดงถึงการมี P (orthophosphate) ในระบบอย่างเหลือเฟือ และทำให้เกิดการสะสมของ ไดโนแฟลกเจลเลตได้ง่าย จึงส่งผลต่ออัตราส่วน Diatom/Dinoflagellate ratios ตามไปด้วย

ระดับและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนระหว่าง Diatom/Dinoflagellate ratios นี้ได้รับการยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ทางน้ำและนักนิเวศวิทยาหลายสาขา ว่ามีบทบาทในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ถึงระดับภูมิภาค และสามารถบ่งบอกสถานภาพปัญหาด้านความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (eutrophication) เนื่องจากการที่แพลงก์ตอนพืชทั้งสองกลุ่มนี้มีการเกิดทดแทนที่และมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อมได้อย่างเด่นชัด (CHARM 2002, Yap *et al.* 2004, Finkel 2007) ไดอะตอมยังได้รับการยอมรับในความสำเร็จที่มีปริมาณและความหลากหลายสูงในเขตพื้นที่ชายฝั่ง ส่วนกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลทมักจะเป็นชนิดที่เกิดทดแทนที่ในกรณีที่มีธาตุอาหารเปลี่ยนสมดุล ซึ่งหากเป็นแหล่งน้ำที่มีสารอาหารต่ำ การขาดฟอสฟอรัสหรือการเพิ่มไนโตรเจนสู่ระบบ จะทำให้ไดโนแฟลกเจลเลทเพิ่มขึ้นได้ (Totti *et al.* 2000)

ไดอะตอมมักเป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดหลักที่พบในบ่อ การมีไดอะตอมมากสะท้อนให้เห็นความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำในพื้นที่ อย่างไรก็ตามไดอะตอมก็สามารถบ่งบอกว่าแหล่งน้ำที่เริ่มเกิดปัญหาจากการที่มีสารอาหารสูง (eutrophication) (Pan *et al.* 1996, Stevenson and Pan 1999) ดังนั้นการพบไดอะตอมมากในพื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งธรรมชาตินี้ ย่อมแสดงสถานภาพของพื้นที่ที่มีสารอาหารสูง และควรให้ความระมัดระวังในการจัดการคุณภาพน้ำต่อไป



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนโมลของ dissolved inorganic nitrogen (DIN) ต่อ orthophosphate phosphorus (P) กับสัดส่วนทางจำนวนของ Diatoms/Dinoflagellates ที่พบในการศึกษา



คม - ธันวาคม 2552

(a)

S1 Lost

ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ยในสัดส่วนโมเลกุลของ dissolved inorganic nitrogens/orthophosphate phosphorus (DIN/P ratios; a) และสัดส่วนจำนวนของ diatoms / dinoflagellates (Dia/Dino ratios; b) ตามระยะเวลาในบ่อตัวแทน S1 S8 และ S13

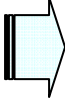


การวิเคราะห์เปรียบเทียบเสถียรภาพหรือการรักษาสมดุลธรรมชาติของระบบนิเวศ

ในท่ามกลางความต่างกันของแต่ละบ่อ หากต้องการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบเสถียรภาพของระบบนิเวศทางน้ำ เราจำเป็นต้องพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ ซึ่งในที่นี้เป็นการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเป้าหมายเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปัจจัยนั้นๆ สำหรับแต่ละบ่อ ผลการเปรียบเทียบเสถียรภาพของระบบนิเวศทางน้ำของแต่ละบ่อ ได้แสดงดังภาพที่ 4 ซึ่งผลการศึกษพบว่า บ่อ S13 มีระดับการเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งหมายถึงการมีเสถียรภาพของระบบมากที่สุด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบดัชนีด้านสารอาหาร (ภาพที่ 4a) กับแพลงก์ตอนพืช (ภาพที่ 4b) จะพบว่าข้อมูลเชิงคุณภาพของแพลงก์ตอนพืช (Diatom/Dinoflagellate ratios) จะให้ทิศทางที่ชัดเจนกว่า ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับข้อเสนอแนะจาก U.S. Environmental Protection Agency (USEPA, 2000) ซึ่งได้ทำการรวบรวมผลการศึกษาปัจจัยในแหล่งน้ำต่างๆ เพื่อการวิเคราะห์ศักยภาพในการพัฒนาเป็นดัชนี และชี้ให้เห็นว่าการใช้ไดอะตอมหรือแพลงก์ตอนพืชที่เหมาะสมในแหล่งน้ำนั้นๆ จะให้ผลการประเมินที่ชัดเจนกว่าการใช้ระดับของธาตุอาหารที่ปรากฏในแหล่งน้ำ

ดัชนีชี้วัดทางนิเวศวิทยาที่เหมาะสมกับพื้นที่

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทุกประเภทในการศึกษา ได้ถูกวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามเวลา วิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับผลผลิตขั้นต้นและผลผลิตชีวภาพอื่น และประเมินศักยภาพความเหมาะสมในการใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพการผลิตในระบบนิเวศทางน้ำของพื้นที่ ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของแต่ละปัจจัยในบ่อแต่ละแห่ง ซึ่งมีความต่างในโครงสร้างและการจัดการ 4 กลุ่ม ที่ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ให้ผลดังตารางที่ 1

ผลการศึกษาในขั้นนี้เราสามารถสรุปดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมที่สุด แยกตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ได้พอสังเขป ดังนี้

วัตถุประสงค์		ดัชนีชี้วัดที่เหมาะสม
1) เพื่อประเมินศักยภาพในการผลิตทรัพยากรชีวภาพ/อาหารธรรมชาติ		Inflow water mass, Pond area / Depth, Temperature, TSS, Chlorophyll a, DIN/P, Phytoplankton
2) เพื่อประเมินศักยภาพของระบบนิเวศในการบำบัดมลภาวะ		Inflow water mass, Pond area / Depth, Temperature, Phytoplankton
3) เพื่อประเมินเสถียรภาพในการผลิตกุ้งกุลาดำอย่างยั่งยืน		Inflow water mass, Pond area / Depth, Chlorophyll a, DIN/P, Total organic matter, Phytoplankton

ตารางที่ 1 ผลการประเมินจุดแข็ง-จุดอ่อน และความเหมาะสม (O) / ไม่เหมาะสม (X) ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำเพื่อกำหนดดัชนีชี้วัดศักยภาพในการผลิตของบ่อ

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม	จุดแข็ง	จุดอ่อน	รูปแบบ/การจัดการ*			
			(1)	(2)	(3)	(4)
Inflow water mass	มีผลต่อระบบภาพรวม	ต้องการข้อมูลละเอียด	O	O	O	O
Pond area / depth	มีผลต่อระบบ/วัดง่าย	รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่น	O	O	O	O
Salinity	วัดได้ง่าย	มีผลต่อระบบต่ำ	X	X	X	O
Temperature	วัดได้ง่าย	มีบทบาทไม่ชัดเจน	X	O	O	O
pH	วัดได้ง่าย	มีบทบาทไม่ชัดเจน	X	X	X	X
DO	วัดได้ง่าย	รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่น	X	X	O	X

TSS	บ่งบอกศักยภาพการผลิตได้	รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่น	X	O	O	O
Chlorophyll a	บ่งบอกศักยภาพการผลิตได้ดี	ประเมินได้ค่อนข้างยาก	X	O	O	O
NH ₄ ⁺ - N	ควบคุมศักยภาพการผลิตได้ดี	รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่น	X	O	O	O
NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ - N	ควบคุมศักยภาพการผลิตได้	รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่น	X	O	O	O
Si(OH) ₄ - Si	ควบคุมศักยภาพการผลิตได้	ในระบบมีพอเพียง	X	X	X	X
PO ₄ ³⁻ - P	ควบคุมศักยภาพการผลิตได้ดี	รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่น	X	O	O	O
Water content	วัดได้ง่าย	มีบทบาทไม่ชัดเจน	X	X	X	X
Total organic matter	บ่งบอกความสมบูรณ์ได้	มีบทบาทไม่ชัดเจน	X	O	O	O
Acid volatile sulfide	บ่งบอกการเน่าเสียได้	ประเมินได้ค่อนข้างยาก	X	X	X	X
Phytoplankton	บ่งบอกศักยภาพการผลิตดีมาก	ประเมินได้ค่อนข้างยาก	O	O	O	O
Zooplankton	บ่งบอกศักยภาพการผลิตได้	ประเมินได้ค่อนข้างยาก	X	X	O	X
Benthos	บ่งบอกความสมบูรณ์ได้	ประเมินได้ค่อนข้างยาก	X	X	X	X

*หมายเหตุ บ่อกลุ่มต่างๆ มีตำแหน่งและลักษณะการจัดการ ดังนี้

- (1) บ่อติดทะเล ซึ่งรับน้ำเข้าจากทะเลโดยตรง และปล่อยน้ำออกฝั่งตรงข้ามคลองย่อย
- (2) บ่อในเขตทะเล ซึ่งมีทางน้ำเข้า/ออกทางเดียวหรือสองทางที่ใกล้กัน
- (3) บ่อในเขตน้ำกร่อย ซึ่งมีทางน้ำเข้า/ออกสองทางที่แยกจากกันชัดเจน
- (4) บ่อในเขตน้ำกร่อย ซึ่งมีทางน้ำเข้า/ออกทางเดียว

สรุปและข้อเสนอแนะ

เมื่อนำปัจจัยสำคัญทางระบบนิเวศ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางสัณฐานวิทยาของพื้นที่ ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี หรือปัจจัยด้านทรัพยากรมีชีวิตที่เป็นพื้นฐานเชิงห่วงโซ่อาหารในระบบบ่อ มาพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในการเลี้ยง หรือตามพื้นที่ในเขตซึ่งจำแนกตามโอกาสในการรับน้ำ จะพบว่าเราไม่สามารถจัดกลุ่มของบ่อโดยการวิเคราะห์ระดับปรากฏของปัจจัยเป้าหมายในแต่ละเวลา มาพิจารณาได้เลย ผลการวิเคราะห์ *Similarity Analysis* ของข้อมูลยังสะท้อนให้เห็นถึงความจำเพาะของบ่อ ถึงแม้ว่าจะอยู่ใกล้เคียงกัน หรือรับน้ำจากคลองย่อยสายเดียวกันก็ตาม ผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษานักวิชาการหลากหลายท่านที่ได้วิเคราะห์ระบบนิเวศที่แตกต่างกันไป (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2547) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ทำให้คณะผู้วิจัยตระหนักถึงความจำเป็นที่ควรพัฒนาแนวคิดในการจัดการความรู้เพื่อนำไปสู่การจัดการที่เหมาะสม ซึ่งสามารถสรุปได้ 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

- 1) แนวทางการจัดการความรู้บนหลักการแห่งสมดุลนิเวศ ประกอบด้วยความเข้าใจสำคัญ ดังนี้

I) ธรรมชาติของแต่ละบ่อมีความแตกต่างกัน ดังนั้นระดับปรากฏของปัจจัยต่างๆ ย่อมแตกต่างกันออกไป ซึ่งทั้งนี้เกิดจากผลรวมของกระบวนการทั้งทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพภายในบ่อ และรูปแบบในการถ่ายเทสารเข้าออกจากระบบบ่อนั้นๆ

II) อิทธิพลจากปัจจัยทั้งภายในและภายนอก ส่งผลให้แต่ละบ่อเกิดกระบวนการผลิตและการย่อยสลาย ที่ทำให้ปัจจัยศึกษาผันแปรอยู่ในช่วงของ **ระดับเฉลี่ย (BASE LINE)** หนึ่งๆ

III) บ่อที่มีอัตราเปลี่ยนแปลงของปัจจัยศึกษาน้อย (จาก**ระดับเฉลี่ย**) จะแสดงถึงความมี**เสถียรภาพ**ของคุณภาพน้ำมากกว่าบ่อที่มีการเปลี่ยนแปลงสูง ซึ่งลักษณะดังกล่าวสะท้อนถึงศักยภาพในการรักษา **สมดุลนิเวศ** ของบ่อ

IV) การกำหนดปัจจัยดัชนีเพื่อใช้ในการประเมิน ควรเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อสัตว์น้ำที่ต้องการผลิต

IV) การประเมินศักยภาพของบ่อในภาพรวม ควรดูจากบ่อที่มีศักยภาพในการรักษาสมดุลนิเวศให้คงตัว หรือมีการผันแปรตามเวลาไม่เกิน 20% ของ**ระดับเฉลี่ย** ตามธรรมชาติของบ่อนั้นๆ

2) แนวทางสู่ความสำเร็จในการเลี้ยงสัตว์น้ำวิถีเลียนแบบธรรมชาติในพื้นที่

ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้นำไปสู่การสรุปความรู้ความเข้าใจเพื่อความสัมพันธ์ผลในการบริหารจัดการการเลี้ยง ว่าจำเป็นต้องเข้าใจในประเด็นหลัก 5 ด้าน ดังนี้

I **ระบบการขึ้น-ลงของน้ำทะเล** : ทั้งด้านรูปแบบ/ทิศทางและปริมาณ จะมีอิทธิพลต่อการถ่ายเทน้ำเข้า-ออกในระบบบ่อเลี้ยง มีผลต่อคุณภาพน้ำและศักยภาพด้านการสร้างอาหารธรรมชาติ บ่อในเขตชิดขอบฝั่งทะเลควรหาทางเพิ่มการดึงน้ำเข้าออกในรอบเดือน เพื่อกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำกะทันหัน และจะเป็นการกระตุ้นการสร้างผลผลิตขั้นปฐมภูมิได้อย่างต่อเนื่องกันไป

II **รูปแบบทางสัณฐานวิทยาของบ่อ** : ลักษณะโครงสร้างของบ่อ ทั้งตามแนวราบที่มีอิทธิพลต่อทิศทางการเคลื่อนตัวของน้ำที่ไหลเข้าออก และโครงสร้างด้านภาคตัดขวางทั้งด้านความลึกของน้ำและระบบรองน้ำซึ่งมีความสำคัญต่อการเคลื่อนตัวของมวลน้ำใหม่ การนำพาลูกพันธุ์สัตว์น้ำไปสู่พื้นที่อนุบาล และการควบคุมการเกิดของสาหร่ายได้

III **การเปลี่ยนถ่ายน้ำ/เปิดประตูน้ำ**: ประกอบด้วยการใช้ลักษณะของประตูน้ำที่ควบคุมได้เอง การใช้ประโยชน์จากความต่างของระดับน้ำ และการเข้าใจธรรมชาติของกึ่งในบ่อ เพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพน้ำที่เข้ามา และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

IV **การจัดการเพื่อการเพิ่มผลผลิต**: ในพื้นที่ที่ลูกพันธุ์กุ้งธรรมชาติมีน้อย ควรมีการปล่อยเสริมในความหนาแน่นที่เหมาะสม มีการกำจัดศัตรูธรรมชาติโดยใช้สารชีวภาพ และมีการอนุรักษ์ระบบนิเวศทางธรรมชาติของบ่อเลี้ยงโดยเฉพาะการคงไว้ของหญ้าทะเลหรือโกงกางตามแนวขอบบ่อและการไม่ทำลายสัตว์หน้าดิน ซึ่งนับว่ามีบทบาทต่อการคงศักยภาพการผลิตอย่างต่อเนื่องได้

V **ความมุ่งมั่นในการยึดเป็นอาชีพถาวร:** ผู้ประกอบการและครอบครัวควรมีจิตใจที่มุ่งมั่นในการประกอบอาชีพ มีเป้าหมายเพื่อยึดเป็นอาชีพถาวร ให้ทุกคนมีบทบาทในด้านการจัดการดูแลอย่างรอบคอบ จะก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากพื้นที่บ่อได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและยั่งยืนได้

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าแนวคิดและความรู้ที่ได้จากการศึกษานี้ จะสามารถยังประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งที่ได้มีโอกาสนำข้อมูลเหล่านี้ไปศึกษาได้ตรงต่อและพัฒนาใช้ ผลจากการศึกษายังย้ำให้เห็นถึงความสำคัญในพื้นฐานของระบบนิเวศทางธรรมชาติว่าแต่ละแห่งมี “BASE LINE” ของแต่ละปีวิจัยที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น หากจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพน้ำหรือคุณภาพดิน เพื่อเป้าหมายในการผลิตบนพื้นฐานการอนุรักษ์แล้ว เราควรหันมาควบคุมที่ “อัตราการเปลี่ยนแปลง” ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม มากกว่าการควบคุมที่ *ระดับปรากฏ* ที่กำหนดให้ทุกระบบนิเวศต้องมีค่าหนึ่ง ๆ ที่เท่ากัน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ รศ.ดร.ชลอ ลีมีสุวรรณ ผศ.ดร.นิติ ชูเชิด และ น.สพ.สุรศักดิ์ ดิลกเกียรติ สำหรับคำแนะนำที่มีคุณค่าด้านกุ้งชีวภาพและแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืน ขอขอบคุณพี่น้องเกษตรกรในพื้นที่ตำบลพันท้ายนรสิงห์ในน้ำใจไมตรีและความร่วมมือเป็นอย่างดี และขอขอบคุณสำหรับความร่วมมือของทีมนักวิจัย *Marine-Bio-Manage* คณะประมง ที่ไม่ย่อท้อกับการทำงานและมุ่งมั่นเรียนรู้ร่วมกันมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2547. รายงานการวิจัย แผนวิจัยเพื่อแก้ปัญหาการผลิตและการส่งออกกุ้งกุลาดำ. ISBN 947-326-269-5. 297 หน้า.
- Belton, T. J., K. C. Ponader and D. F. Charles. 2004. Trophic Diatom Indices (TDI) and Development of Site-Specific Nutrient Criteria.
- CHARM. 2002. Minutes of the CHARM Phytoplankton Work Package. At the Institute of Environment and Sustainability, JRC, Ispra, Italy.
- Jones R. H. and K. J. Flynn. 2008. Nutritional Status and Diet Composition Affect the Value of Diatom as Copepod Prey. *Sciences*: 307, 1457-1458.
- Pan, Y., R. J. Stevenson, B. H. Hill, A. T. Herlihy and G. B. Collins. 1996. Using Diatom as Indicators of Ecological Conditions in Lotic Systems: A Regional Assessment. *Journal of North American Benthos Society*, 15: 481-495.
- Ragueneau, O., E. B. Varela and P. Treguer. 1994. Phytoplankton Dynamics in Relation to the Biogeochemical Cycle of Silicon in a Coastal Ecosystem of Western Europe. *Marine Ecology Progress Series*, 106:157-172.

- Redfield, A. C. Ketchum, B. D. and Richards, F. A. 1963. The influence of Organisms on Composition of Seawater. *In* The Sea (Hill, M. N. ed.) Wiley Interscience, New York. pp. 26-77.
- Stevenson, R. J., M. L., Bothwell, and R. L. Lowe. 1996. Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems. Academic Press, San Diego.
- Totti, C., G. Civitarese, F. Acri, D. Barletta, G. Candelari, E. Paschini and A. Solazzi. 2000. Seasonal Variability of Phytoplankton Population in the Middle Adriatic sub-basin. *Plankton Research*, 22: 1735-1756.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2000. Nutrient Criteria Technical Guidance Manual-Rivers and Streams, US EPA-822-B-00-002, Washington D.C.
- Yap, L. G., R. v. Azanza and L. Talaue-McManus. 2004. The Community Composition and Production of Phytoplankton in Fish Pens of Cape Bolinao, Pangasinan:a Field Study. *Marine Pollution Bulletin*, 49: 819-832.