Title	Climate Sensitivity of Tilapia Culture in Earthen Ponds in Northern Thailand
Author	Miss Patcharawalai Sriyasak
Degree of	Doctor of Philosophy in Fisheries Technology and Aquatic Resources
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Chanagun Chitmanat

ABSTRACT

Climate is an important environmental factor that has an impact on aquaculture productivity. Climate and weather affect water quality, and in turn, can have an impact on the growth, survival, and susceptibility to diseases of aquatic animals. This research studied the effects of weather and climate variability on water quality in fish ponds; in particular, the seasonal and culture system effects on thermal stratification and levels of dissolved oxygen. The main objectives of this study were: 1) to study the key factors that influence thermal and oxygen stratification in tilapia ponds; 2) to study the key pond processes influencing levels of DO; 3) to study the influence of weather on risks of very low DO levels; and 4) to build a biophysically driven temperature and dissolved oxygen dynamics model of a fish pond. This study was carried out in earthen ponds used to culture tilapia in Northern Thailand. Ponds located in different provinces, elevations, and managed with different levels of nutrient input, were compared. Water samples were collected on a monthly basis; from May 2013 to May 2014. Detailed profiles were carried out over a 24-hour period in each month. A model was developed to study the thermal and oxygen dynamics in a fish pond during a 24-hour cycle. The model extended the ecological processes typically considered in previous individual studies.

Light intensity changes with the season and time of day. Light intensity was greatest at 12.00 h to 14.00 h, and was higher in the dry (November-February) and wet (June-October) seasons, than in the hot (March-May) season. Mean air temperature increased thermal stratification more than the minimum-maximum air temperature difference within a day. Observations and modeling also suggested that higher wind speeds increased water mixing, and thus, reduced stratification. Secchi disk depth (SDD) measured the combined effects of

phytoplankton biomass and turbidity on light penetration. High input ponds had smaller SDD values than low input ponds. A high phytoplankton biomass prevented light from penetrating into the lower water layers, and thus warming deeper water layers. These ponds tended to have greater temperature differences between the surface and bottom water layers in comparison to ponds with low phytoplankton levels. Thermal and oxygen stratification tended to occur on average around 14.00 h to 16.00 h, and de-stratification occurred during the evening. In the wet season, water mixed faster than in other seasons.

The main sources of oxygen in a pond were from photosynthesis during the day, and air diffusion at night. The main users of oxygen were oxygen demand for decomposition in the water column and sediment, fish respiration, phytoplankton respiration, and photorespiration. The amount of oxygen increased with light intensity, and maximum oxygen levels occurred around 14.00 h to 16.00 h. In ponds with high input and large quantities of phytoplankton, the peak concentration of oxygen tended to be greater than in low input ponds. During the day, oxygen at the surface was oversaturated, whilst at the bottom of the pond it was depleted. However, water mixing in the evening diffused oxygen from the top to the lower layers.

Prolonged cloud cover was a significant factor for the risk of low DO in ponds, since it decreased the amount of light reaching the pond, and as a result, limited photosynthesis and reduced oxygen availability. During the night, oxygen consumption was greater than production; thus, the risks of low DO tended to be higher at night than during the day. This was particular true for ponds with high nutrient inputs, which tended to have high quantities of phytoplankton and waste, and hence had a greater oxygen demand than low input systems. From data collected it was found that 68% of high input ponds were at high risk of low DO, especially around 2.00 h to 6.00 h. From the model, it was found that wind speed was another factor that influenced risk of low DO. Air temperature did not have an effect on risk of low DO occurrences. Besides weather, SDD was another factor that influenced risk of low DO. Ponds with low SDD was at greater risk than ponds with high SDD.

The biophysical model could accurately predict the trends of thermal and oxygen stratification for ponds with different culture systems and under different weather conditions. In particular, it was good at predicting maximum temperature, time of maximum temperature, maximum temperature difference, and proportion of time of low DO levels. The model did not

precisely predict the temperature and DO levels under complex weather conditions or at lower depths for some ponds. It also appeared to over- or under-estimate sediment respiration.

This study helped to better understand and appreciate the complex biophysical processes that occur within a fish pond during a 24-hour cycle. It highlighted the significance of weather on thermal and oxygen stratification, and underscored the conditions that influence risk of low DO levels. This knowledge can be used to improve pond management, and thus reduce the risks and occurrences of low DO levels. In particular, farmers should consider: 1) adopting water mixers such as circulation when the DO difference between the surface and bottom water layers is at its maximum, and usually, this occurs early in the afternoon; 2) for high input ponds that are exposed to days with prolonged cloud cover, aerators should be used to increase overall oxygen levels during midnight to early morning, and thus reduce risk of mass mortality; and 3) feed should be managed so as to prevent waste accumulation at the sediment layer. Findings could also inform the design of early warning systems to high risk of low DO concentrations, which can lead to mass mortality events.

ชื่อเรื่อง ความเปราะบางต่อภูมิอากาศในการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินในภาคเหนือของประเทศไทย

ชื่อผู้เขียน นางสาวพัชราวลัย ศรียะศักดิ์

ชื่อปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสภาพอากาศมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และโรคสัตว์น้ำ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของความแปรปรวนสภาพอากาศต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา โดยเฉพาะฤดูกาลและระบบการเลี้ยงปลาที่มีผลต่อการแบ่งชั้นน้ำและปริมาณออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลา วัตถุประสงค์หลักในการศึกษานี้ 1) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแบ่งชั้นของน้ำและการแบ่งชั้นของออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลา 2) ศึกษากลไกของกระบวนการที่เกิดขึ้นในบ่อที่มีผลต่อปริมาณออกซิเจน 3) ศึกษาอิทธิพลของสภาพอากาศที่มีผลต่อความเสี่ยงปริมาณออกซิเจนต่ำ และ 4) สร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวภาพที่มีผลต่ออุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนของบ่อเลี้ยงปลา การศึกษานี้เก็บข้อมูลในบ่อเลี้ยงปลานิลในภาคเหนือของประเทศไทย โดยเปรียบเทียบบ่อเลี้ยงปลาที่มีความแตกต่างกันในพื้นที่เลี้ยง ความสูงจากระดับน้ำทะเล และระบบการเลี้ยง ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำทุกเดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2556 ถึง เดือนพฤษภาคม 2557 ในแต่ละเดือนทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำตลอด 24 ชั่วโมง การศึกษานี้ได้พัฒนาแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลาในรอบ 24 ชั่วโมง โดยเพิ่มเติมกระบวนการทางนิเวศวิทยาที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงปลาจากงานวิจัยอื่นๆ ที่เคยศึกษาไว้

ความเข้มแสงเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและเวลาในรอบวัน ความเข้มแสงจะสูงสุดในช่วง 12.00-14.00 น. และสูงสุดในฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) และฤดูฝน (มิถุนายน-ตุลาคม) มากกว่าฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม) อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยมีผลต่อการแบ่งชั้นของน้ำมากกว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศต่ำสุด-สูงสุดในรอบวัน ข้อมูลจากการสำรวจและจากแบบจำลองพบว่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจะทำให้น้ำผสมกันมากขึ้น ความโปร่งใสของน้ำ เป็นการวัดผลกระทบของปริมาณแพลงก์ตอนพืชและความขุ่นของน้ำต่อการส่องผ่านของแสง บ่อที่มีการ

เลี้ยงเชิงพาณิชย์จะมีค่าความโปร่งใสของน้ำน้อยกว่าบ่อที่เลี้ยงแบบยังชีพ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชเป็นตัวขัดขวางการส่องผ่านของแสงลงสู่ชั้นน้ำด้านล่างทำให้น้ำชั้นล่างเย็นกว่าชั้นบน บ่อที่มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่างมากกว่าบ่อที่ปริมาณแพลงก์ตอนพืชน้อย การแบ่งชั้นของน้ำตามอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนจะเกิดเวลา 14.00-16.00 น. และการผสมกันของน้ำจะเกิดในช่วงค่ำ ในฤดูฝนการผสมกันของน้ำจะเกิดขึ้นเร็วกว่าในฤดูอื่น

ปริมาณออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลามาจากการกระบวนการสังเคราะห์แสงในเวลากลางวันและการแลกเปลี่ยนก๊าซในเวลากลางคืน ปริมาณออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลาจะถูกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำและตะกอนดิน การหายใจของปลา การหายใจของแพลงก์ตอนพืช และกระบวนการโฟโตเรสไพเรชัน ปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้น ปริมาณออกซิเจนสูงสุดเกิดในช่วง 14.00-16.00 น. บ่อเลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์ที่มีแพลงก์ตอนพืชจำนวนมากจะมีปริมาณออกซิเจนสูงกว่าในบ่อเลี้ยงปลาแบบยังชีพ ในเวลากลางวันปริมาณออกซิเจนที่ชั้นผิวน้ำจะเกินระดับเกินจุดอิ่มตัวในขณะที่พื้นบ่ออยู่ในภาวะขาดออกซิเจน การผสมกันของน้ำในตอนกลางคืนทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ชั้นผิวน้ำกระจายไปสู่พื้นบ่อ

ปริมาณเมฆที่ปกคลุมทำให้ท้องฟ้ามืดครึ้มเป็นปัจจัยสำคัญต่อความเสี่ยงปริมาณออกซิเจนต่ำในบ่อเลี้ยงปลา ปริมาณเมฆมากทำให้ปริมาณแสงที่ส่องลงในบ่อลดลง ทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อผลิตออกซิเจนเกิดขึ้นน้อย ในเวลากลางคืนการใช้ออกซิเจนจะมีมากกว่าการผลิต ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลงและเสี่ยงต่อการขาดออกซิเจนเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบ่อเลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์ที่มีปริมาณแพลงก์ตอนและของเสียมากจะต้องการใช้ออกซิเจนมากกว่าบ่อเลี้ยงปลาแบบยังชีพ จากข้อมูลพบว่าบ่อเลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์ร้อยละ 68 มีความเสี่ยงสูงต่อปริมาณออกซิเจนต่ำโดยเฉพาะช่วงเวลา 02.00-06.00 น. จากแบบจำลองพบว่าความเร็วลมเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อความเสี่ยงปริมาณออกซิเจนต่ำ ในขณะที่อุณหภูมิอากาศไม่มีผลต่อความเสี่ยงปริมาณออกซิเจนต่ำ นอกจากสภาพอากาศพบว่าความโปร่งแสงเป็นตัวแปรที่มีผลต่อความเสี่ยงปริมาณออกซิเจนต่ำ บ่อเลี้ยงปลาที่มีค่าความโปร่งแสงน้อยจะเสี่ยงต่อปริมาณออกซิเจนต่ำมากกว่าบ่อเลี้ยงปลาที่มีค่าความโปร่งแสงมาก

แบบจำลองมีความแม่นยำในการคาดการณ์การแบ่งชั้นของอุณหภูมิและออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลาที่มีระบบการเลี้ยงและสภาพอากาศที่แตกต่างกัน แบบจำลองมีความแม่นยำในการคาดการณ์อุณหภูมิสูงสุด เวลาที่อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิที่แตกต่างกันสูงสุด และโอกาสเสี่ยงปริมาณออกซิเจนต่ำ ในบางตัวอย่างแบบจำลองยังขาดความแม่นยำในการคาดการณ์อุณหภูมิและ

ปริมาณออกซิเจนภายใต้สภาวะอากาศที่ซับซ้อนที่ความลึกระดับพื้นบ่อ โดยพบว่าแบบจำลองคาดการณ์การใช้ออกซิเจนในตะกอนดินสูงหรือต่ำเกินไป

งานวิจัยนี้ช่วยให้เข้าใจมากขึ้นถึงกระบวนการทางนิเวศวิทยาที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงปลาในรอบวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบของสภาพอากาศต่อการแบ่งชั้นของน้ำและออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลา และสภาวการณ์ที่ทำให้เสี่ยงต่อการขาดออกซิเจน ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการจัดการการเลี้ยงปลาเพื่อลดความเสี่ยงจากปริมาณออกซิเจนต่ำ เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาควรปฏิบัติดังนี้ 1) มีการหมุนเวียนน้ำเพื่อให้น้ำผสมกันในเวลากลางวันช่วงที่ปริมาณออกซิเจนที่ผิวน้ำและพื้นบ่อแตกต่างสูงสุด 2) บ่อเลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์ควรใช้เครื่องเติมอากาศในช่วงกลางคืนถึงเช้ามืด เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในช่วงที่ท้องฟ้ามืดครึ้มติดต่อกันหลายวันเพื่อป้องกันปลาตาย และ 3) ให้อาหารปลาในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการสะสมของเสียที่พื้นบ่อ ข้อค้นพบจากงานวิจัยสามารถนำไปใช้ออกแบบระบบเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับบ่อเลี้ยงปลาที่มีความเสี่ยงสูงต่อการขาดออกซิเจน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ปลาตายจำนวนมาก