

ผลกระทบของความเค็มน้ำต่อการดูดซับของพาราควอทในตะกอนดินบริเวณปากแม่น้ำ

The effect of salinity on paraquat adsorption in estuarine sediment

นภาพร เลียดประถม^{1*} และ ทรงเกียรติ เทพนรงค์¹

Napaporn Leadprathom^{1*} and Songghiat Thepnarong¹

บทคัดย่อ: พาราควอทเป็นสารกำจัดวัชพืชที่สามารถปนเปื้อนและสะสมในตะกอนดินโดยกระบวนการการดูดซับ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้มีการเก็บตัวอย่างตะกอนดินจากปากแม่น้ำจันทบุรี เพื่อนำมาศึกษาผลกระทบของความเค็มน้ำต่อการดูดซับของพาราควอทในตะกอนดิน โดยทำการศึกษาสมการการดูดซับของสารพาราควอทในความเค็มของน้ำที่แตกต่างกันคือ 0 15 และ 30 กรัม/ลิตร โดยการทดลองแบบกะ ในสารละลายพาราควอทที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ความเข้มข้น คือ 10 20 30 40 และ 50 มิลลิกรัม/ลิตร จากการศึกษาพบว่าความเค็มน้ำมีผลกระทบต่อการดูดซับของสารพาราควอทในตะกอนดินอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยพาราควอทในชุดการทดลองที่มีความเค็มสูงมีการดูดซับได้มากกว่าพาราควอทที่มีความเค็มต่ำและจากสมการของฟรุนดิชในแต่ละความเค็ม ค่าคงที่ในการดูดซับ (K_f) ที่ความเค็ม 0 กรัม/ลิตร มีค่าเท่ากับ 113 ส่วนในความเค็ม 15 และ 30 กรัม/ลิตร มีค่าเท่ากับ 95 และ 74 ตามลำดับ ดังนั้นผลการศึกษาอาจบ่งชี้ได้ว่าความเค็มน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อพฤติกรรมของพาราควอทในปากแม่น้ำ

คำสำคัญ: พาราควอท, ความเค็ม, การดูดซับ, ปากแม่น้ำ, ตะกอนดิน

ABSTRACT: Paraquat is a herbicide that can contaminate and accumulate in sediment by a strong adsorption process. Therefore, the sediment from Chanthaburi estuary in Thailand was collected to study the effects of salinity on paraquat adsorption. The isotherm adsorption equation of paraquat was determined by batch experiments (0, 15, and 30 g/L salinity) at five concentrations of paraquat (i.e. 10, 20, 30, 40, and 50 mg/L). The results showed that salinity was significant to the adsorption of paraquat ($P < 0.05$). Paraquat was absorbed higher by sediment at high salinity than at low salinity. The adsorption coefficient (K_f) at low salinity (0 g/L) was 113 whereas the K_f at 15 and 30 g/L were 95 and 74, respectively. Results from the study indicate that salinity is an important factor in the behavior of paraquat in estuary environments.

Keywords: paraquat, salinity, adsorption, estuary, sediment

¹ คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพาวิทยาเขตจันทบุรี ต.โขมิง อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี 22170

Faculty of Marine Technology Burapha University Chanthaburi Campus Kamong Tamai Chanthaburi 22170

* Corresponding author: napapornlead@gmail.com

บทนำ

พาราควอทเป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดหนึ่งที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในหลายประเทศทั่วโลก รวมถึงในประเทศไทยด้วย พาราควอทเป็นสารที่สามารถแพร่กระจายไปในสิ่งแวดล้อมได้ง่ายเนื่องจากเป็นสารที่ละลายน้ำได้ดีอย่างไรก็ตามสารพาราควอทสามารถดูดซับบนตะกอนดินได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีค่าคงที่ของการดูดซับสูง (adsorption coefficient; Kd) มาก (EXTOXNET 2003; European Commission. 2003) ดังนั้นจึงส่งผลให้การพฤติกรรมดูดซับของพาราควอทมีความสำคัญต่อการประเมินแนวโน้มปริมาณของพาราควอทที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ โดยดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนและสะสมสารมลพิษจากกิจกรรมของมนุษย์รวมถึงสารกำจัดศัตรูพืช ในขณะที่สิ่งแวดล้อมบริเวณปากแม่น้ำมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาคือความเค็มของน้ำ และในสารมลพิษหลายชนิดที่ความเค็มมีผลต่อพฤติกรรมของสารในสิ่งแวดล้อม เช่น มีการศึกษาพบว่าการดูดซับของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในตะกอนดินลดลงเมื่อเพิ่มความเค็มน้ำจาก 0 กรัม/ลิตร ไปเป็น 5 กรัม/ลิตร (Rygaard et. al., 1999) เช่นเดียวกับการดูดซับของไอออนของปรอท (Hg^{2+}) ในตะกอนดินที่มีการดูดซับลดลงในน้ำที่มีความเค็มสูงขึ้น (Green-Ruiz, 2009) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลของความเค็มน้ำต่อการดูดซับของ พาราควอทในดินตะกอนโดยใช้ดินตะกอนจากปากแม่น้ำจันทบุรีในการทดลองแบบกะ (batch experiment)

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้มีการดำเนินการทดลองโดยสร้างแบบจำลองเพื่อทำการวิเคราะห์ผลกระทบของความเค็มน้ำต่อการดูดซับพาราควอทในตะกอนดินปากแม่น้ำโดยรายละเอียดในการศึกษามีดังนี้

การหาเวลาสมมูลในการดูดซับ

เติมดินลงขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ในสัดส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:50 w/w ในน้ำที่มีพาราควอทเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร และทำการกวนดินให้เกิดการฟุ้งกระจายในมวลงน้ำโดยอาศัยเครื่องเขย่าอัตโนมัติ จากนั้นตรวจวัดปริมาณสารพาราควอทที่ถูกดูดซับไปที่เวลา 0 3 6 12 24 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ เพื่อหาเวลาสมมูลในการดูดซับ (Equilibrium Time) ของสารพาราควอท โดยจากการศึกษาพบว่าพาราควอทมีเวลาสมมูลในการดูดซับที่ 24 ชั่วโมง และมีปริมาณค่าคงที่ไปตลอดจน 72 ชั่วโมงโดยไม่มีการดูดซับกลับ (readsorption) ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงใช้เวลาในการดูดซับ 72 ชั่วโมง เพื่อหาสมการในการดูดซับสารพาราควอทต่อไป

การศึกษาการดูดซับของพาราควอทโดยตะกอนดิน

การทดลองนี้ประกอบด้วยชุดการทดลองที่มีความเค็มน้ำแตกต่างกัน 3 ความเค็ม คือ 0 15 และ 30 กรัม/ลิตร โดยแต่ละความเค็มน้ำจะมีความแตกต่างกันของสารพาราควอททั้งหมด 5 ความเข้มข้นสาร ได้แก่ ความเข้มข้นที่ 10 20 30 40 และ 50 มิลลิกรัม/ลิตรโดยพาราควอทที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นพาราควอททางการค้าที่มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นพาราควอท 27.5 % ซึ่งในแต่ละชุดการทดลองที่ทำการทดสอบการดูดซับของสารพาราควอทในตะกอนดินใช้ดินตัวอย่างที่เก็บมาจากปากแม่น้ำจันทบุรี ซึ่งได้ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 1.0 มิลลิเมตร โดยนำดินใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ในสัดส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:50 w/w โดยแต่ละชุดการทดลองจะมีความเค็มและความเข้มข้นของพาราควอทที่ต่างกัน ในแต่ละชุดการทดลองจะมีการทำซ้ำ 3 ซ้ำ และมีชุดควบคุมในทุกระดับความเค็มโดยในชุดควบคุมจะไม่มีการใส่ดินตัวอย่างและมีน้ำที่มีสารละลายพาราควอทที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร

เมื่อใส่ดินตัวอย่างแล้วทำให้ดินเกิดการฟุ้งกระจายโดยอาศัยเครื่องเขย่าอัตโนมัติ (Shaker) ใช้ความเร็วรอบที่ 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หลัง

จากนั้นจะเริ่มทำการตรวจวัดปริมาณสารพาราควอทที่เหลืออยู่ในน้ำและคำนวณปริมาณสารที่ถูกดูดซับโดยตะกอนดิน

การวัดปริมาณสารพาราควอทในน้ำ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์พาราควอทในน้ำซึ่งประยุกต์จากวิธีการของ U.S. EPA 1992 และ Kuntom et al., 1999 โดยนำน้ำในส่วนที่ต้องการวิเคราะห์พาราควอทมาทำการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิห้อง ที่ 3,000 รอบ เป็นเวลา 3 นาทีเพื่อให้ตะกอนดินที่ปนเปื้อนในน้ำตกตะกอนลง หลังจากนั้นนำน้ำปริมาณ 5 มิลลิลิตร เติม 0.2% โซเดียมไดไฮโอไนท์ 1 มิลลิลิตร เพื่อให้เกิดสีฟ้า จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 396 นาโนเมตร ภายใน 1 นาที นำค่าที่ได้มาหาค่าความเข้มข้นของพาราควอทจากกราฟมาตรฐาน

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำค่าปริมาณพาราควอทที่คำนวณได้ในตะกอนดินจากการวิเคราะห์ปริมาณพาราควอทในน้ำ เพื่อสร้างสมการการดูดซับตามแบบสมการของ ฟรูนลิช (Freundlich isotherm) คือ

$$\log x/m = \log K_f + 1/n \log C$$

เมื่อ K_f = ค่าคงที่แสดงความสามารถในการดูดซับแบบหลายชั้น (sorption capacity)

$1/n$ = ค่าคงที่แสดงการขึ้นตรงกับความเข้มข้นของสารละลาย (intensity)

x = มวลของสารที่ถูกดูดซับ (adsorbate)

m = มวลของวัสดุดูดซับ (adsorbent)

C = ความเข้มข้นของสารพาราควอทในน้ำ

จากนั้นนำไปเขียนกราฟเส้นตรง โดยให้ค่า x/m เป็นแกน y และให้ค่า C เป็นแกน x จะได้เป็นกราฟเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของพาราควอทในดินตะกอนและค่าความเข้มข้นของพาราควอทในน้ำ ซึ่งสามารถวิเคราะห์แนวโน้มของการดูดซับสารพาราควอทที่ปนเปื้อนในระบบสิ่งแวดล้อมที่มีความเค็มของน้ำแตกต่างกันได้

นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบสารพาราควอทที่ดูดซับในแต่ละความเค็มโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลองที่ความเค็มต่างกันโดย Duncan's New Multiple Range Test

ผลการศึกษา

เวลาสมมูลในการดูดซับ

จากการศึกษาเวลาสมมูลในการดูดซับของพาราควอทในตะกอนดินพบว่าปริมาณพาราควอทในน้ำในชุดควบคุมตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 72 ไม่มีปริมาณลดลงแสดงว่าไม่มีพาราควอทหายไปจากระบบทดลอง ส่วนในชุดการทดลองที่มีตะกอนดินพบว่าพาราควอทในน้ำลดลง และได้ทำการคำนวณค่าการดูดซับในตะกอนดินพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากชั่วโมงที่ 0 จนถึงชั่วโมงที่ 24 หลังจากนั้นค่าจะเริ่มคงที่จนถึงชั่วโมงที่ 72 ดังนั้นเวลาสมมูลในการดูดซับของสารพาราควอทอยู่ที่ประมาณ 24 ชั่วโมงหรือ 1 วัน (Figure 1)

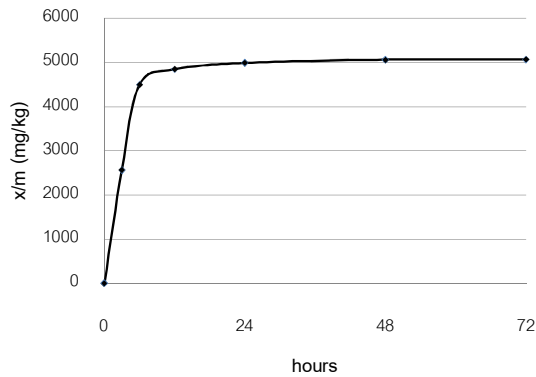


Figure 1 Paraquat adsorption equilibrium time .

การดูดซับของพาราควอทโดยตะกอนดิน

ผลการทดลองการดูดซับของพาราควอทโดยดินตะกอนที่ความเค็มแตกต่างกัน 3 ความเค็ม ได้แก่ 0, 15 และ 30 กรัม/ลิตร พบว่า การดูดซับพาราควอทโดยตะกอนดินทั้ง 3 ความเค็ม นั้น จะมีค่าการดูดซับเพิ่มมากขึ้นเมื่อค่าความเข้มข้นมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองจากทั้ง 3 ความเค็ม พบว่าที่ความ

เค็ม 0 กรัม/ลิตร ดินสามารถดูดซับพาราควอทได้ดีที่สุด รองลงมาคือ 15 และ 30 กรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งอัตราการดูดซับของสารพาราควอทในดินตะกอนในแต่ละความเค็ม นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีตะกอนดินพบว่าปริมาณพาราควอทที่อยู่ในน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Figure 2)

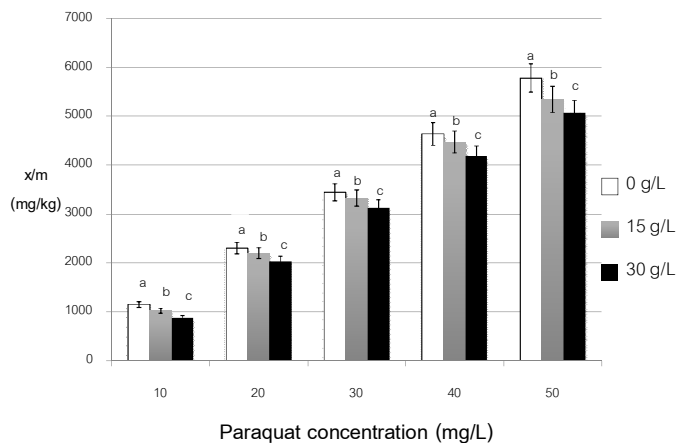


Figure 2 Paraquat adsorption on estuary sediment in different salinity

Note: different letter are significant difference in salinity in each paraquat concentration ($P < 0.05$).

จากสมการของ Freundlich คือ $\log x/m = \log K + 1/n \log C$ ซึ่งสามารถใช้ได้ในกรณีการดูดซับของพาราควอตในดินตะกอนที่ความเค็มแตกต่างกัน โดยทำการคำนวณหาค่า K_f และ $1/n$ โดยค่า K_f ในสมการเป็นค่าสัมประสิทธิ์คงที่ของการดูดซับ หากมีค่ามากแสดงว่ามีความสามารถในการดูดซับดี และ ค่า $1/n$ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความหนาแน่นในการดูดซับ หาก

มีค่ามากหมายความว่าความสามารถในการดูดซับจะเกิดขึ้นได้เร็ว จากการคำนวณค่า K ของสมการในแต่ละความเค็ม พบว่าค่า K ของสมการดูดซับที่ความเค็ม 0 กรัม/ลิตร มีค่ามากที่สุดคือ 113 รองลงมาคือ 15 กรัม/ลิตร มีค่า 96 และ 30 กรัม/ลิตร มีค่าน้อยที่สุดคือ 74 ส่วนค่า $1/n$ มีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ระหว่าง 1.005-1.092 (Table 1)

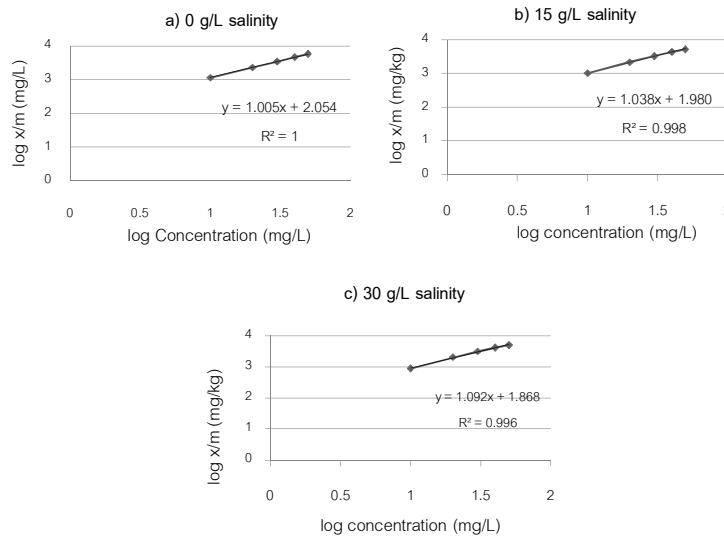


Figure 3 Paraquat adsorption isotherm graph at 0 15 and 30 g/L salinity.

วิจารณ์

พาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันมากในกลุ่มเกษตรกรทั่วไป จึงมีความเสี่ยงสูงที่สารพาราควอตจะปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในแหล่งน้ำ เนื่องจากสารพาราควอตที่มีความสามารถในการละลายน้ำสูง นอกจากนี้ยังสามารถสะสมในดินตะกอนได้ดีโดยผ่านทางกระบวนการดูดซับ ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการดูดซับของสารพาราควอตในดินตะกอนที่ความเค็มแตกต่างกัน จากการศึกษาพบว่า การดูดซับพาราควอตมีประสิทธิภาพการดูดซับมากที่ความเค็มน้อย โดยที่

ความเค็มน้ำ 0 กรัม/ลิตร ดินตะกอนสามารถดูดซับสารได้ดีที่สุด รองลงมาคือที่ชุดการทดลองที่ความเค็มน้ำ 15 และ 30 กรัมต่อลิตรตามลำดับ ดังนั้นปริมาณการดูดซับสารพาราควอตจึงแปรผกผันกับค่าความเค็มน้ำ ซึ่งอาจเป็นเนื่องมาจากในน้ำที่มีความเค็มสูงย่อมมีไอออนต่างๆ เป็นจำนวนมากกว่า (Hungspreuge, 1989) โดยไอออนเหล่านี้จะเป็นตัวก่อกำแพงการดูดซับบนพื้นผิวสัมผัสของดินกับพาราควอตซึ่งเป็นสารที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้เช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาผลกระทบจาก pH และความเค็มต่อจลนศาสตร์การดูดซับสารพาราควอตบน Activated Clay (Tsai et al., 2003) พบว่าเมื่อ

ความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น ค่า K การดูดซับสารพาราควอตจะลดลง ซึ่งสอดคล้องกันกับการทดลองในครั้งนี้ที่ค่า K มีค่าลดลงเมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น โดยการทดลองในครั้งนี้มีความแตกต่างกันตรงที่ใช้ความเค็มจากน้ำทะเลธรรมชาติแทนการใช้โซเดียมคลอไรด์ ซึ่งน้ำทะเลธรรมชาติจะประกอบไปด้วยไอออนหลายชนิด เช่น คลอไรด์ โซเดียม ซัลเฟต แมกนีเซียม และโปแตสเซียม ไอออน เป็นต้น (Hungspreuge, 1989) ทำให้การทดลองในครั้งนี้มีความใกล้เคียงกับการดูดซับของตะกอนดินที่เกิดขึ้นจริงบริเวณปากแม่น้ำ นอกจากนี้ยังมีผลการทดลองที่มีแนวโน้มเดียวกันกับการศึกษาของ Noichareon et al. (2012) ที่ทำการศึกษากการดูดซับโดยใช้ดินตะกอนจากแม่น้ำปากพอง ที่ความเค็ม 0 10 and 20 กรัม/ลิตร ซึ่งพบว่าค่า K มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเช่นกัน

สรุป

จากผลการศึกษาพบว่าความเค็มของน้ำมีผลต่อพฤติกรรมการดูดซับของพาราควอตโดยเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นมีผลทำให้พาราควอตดูดซับได้น้อยลง ดังนั้นในการประเมินผลกระทบของพาราควอตต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณปากแม่น้ำซึ่งเป็นบริเวณที่มีความแปรปรวนของความเค็มอยู่ตลอดเวลาความเค็มจึงเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินผลกระทบในด้านต่างๆ

คำขอขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารอ้างอิง

- European Commission. 2003. Review report for active substance paraquat. European commission.
- EXTOXNET Extension Toxicology Network. 1996. Paraquat. Oregon State University. Pesticide Information Profiles.
- Green-Ruiz, C. 2009. Effect of salinity and temperature on the adsorption of Hg(II) from aqueous solutions by a Ca-montmorillonite. *Environmental Technology*. 30: 63–68.
- Hungspreuge, M. 1989. *Chemical Oceanography*. Chulalongkorn University Press: Bangkok, (in Thai).
- Kuntom, A., Kifli, H. and Tan, Y.A. 1999. Method for the determination of paraquat residue in oil matrix. *Oil Palm Research*. 2: 57- 62.
- Noichareon, D. Parkpian, P. Shipin, O.V., Polprasert, P., Delune, R.D. Kongchum, M. 2012. Effect of salinity on adsorption and desorption of paraquat in Pak Phanang river sediment, Thailand. *J. of Environ. Sci. and Health, Part A*. 47: 1897–1908
- Rysgaard, S. Thastum, P. Dalsgaard, T. Christensen, P.B. Sloth, N. 1999. Effects of Salinity on NH_4^+ Adsorption Capacity, Nitrification, and Denitrification in Danish Estuarine Sediments. *Estuaries*. 22: 21-30.
- Tsai, C.W. Lai, K.J. Hsien. 2003. The effects of pH and salinity on kinetics of paraquat sorption onto activated clay. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 7:99-105.
- U.S.EPA. 1992. Determination of diquat and paraquat in drinking water by liquid solid extraction and high performance liquid chromatography with ultraviolet detection. EPA-500 Series Supplement II. Genium Publishing Corporation 1996.