การบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยใช้แหนแดง

Wastewater Treatment from Piggery Farm by Using *Azolla microphylla*

ณัฐสิมา โทขันธ์ (Natsima Tokhun)* ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย (Chuleemas Boonthai Iwai)**
มงคล ต๊ะอุ่น (Mongkon Ta-oun)***

บทคัดย่อ

การบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อหมักไร้อากาศ ถึงแม้จะมีก๊าซมีเทนที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ แต่ยังต้องบำบัดน้ำที่ออกมาจากระบบต่อด้วยระบบเติมอากาศ ซึ่งปัญหาที่ตามมาคือ ไม่สามารถบำบัดสารอาหารจำพวกไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะไม่มีปริมาณคาร์บอนเหลืออยู่เพียงพอต่อกระบวนการ Denitrification ซึ่งการบำบัดดังกล่าวมีวิธีที่ยุ่งยากและต้นทุนในการบำบัดค่อนข้างสูง หากไม่ต้องการ ใช้วิธีที่ยุ่งยากและต้นทุนต่ำจึงมีการนำเอาวิธีบำบัดทางชีวภาพมาใช้แทน ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการบำบัด น้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยใช้แหนแดง โดยเลือกศึกษาที่ฟาร์มสุกรขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น ซึ่งมีปริมาณ น้ำเสียประมาณวันละ 103,250 ลิตร ผลการศึกษาพบว่า การใช้แหนแดงในการบำบัดน้ำเสียมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง คุณภาพน้ำเสียแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งผลการใช้แหนแดงในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร สามารถลดค่าความสกปรกในรูป BOD, TKN, NO_3^- และ PO_4^{-3} ได้ประมาณ 6-98 % ในช่วงเวลา 3 สัปดาห์ และปริมาณธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในแหนแดงมีปริมาณมากกว่าแหนแดงก่อนการบำบัด สามรถนำไปเป็นปุ๋ยพืชสดทดแทน ปุ๋ยเคมีและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

ABSTRACT

Wastewater treatment form piggery farm by anaerobic system has been used to produce biogas (methane) for alternative source of energy. However, wastewater from the anaerobic system is still over standardization. Therefore, oxidation pond has been used after the biogas system. However, nutrient from wastewater cannot be treated because carbon is not enough for the denitrification process. Moreover, this treatment high cost. Thexfore, biological tretment by using aquatic plant has been introduced. The objective of this feasibility study was to investigate the ability of aquatic fern, *Azolla microphylla* to treat the wastewater from piggery farm. The piggery farm from Northeast Thailand was chosen for study site. The wastewater was about 103,250 L/day. The results showed that changes of water quality by using *A. microphylla* in the wastewater treatment were significantly different ($P \leq 0.05$) and *A. microphylla* can reduce BOD, TKN, NO_3^- and PO_4^{-3} within three weeks in wastewater from 6% to 98%. It was also found that Nitrogen and Phosphorus increase in *A. microphylla* and it would be useful as the biofertilizer. This study demonstrated that *A. microphylla* can be used for wastewater treatment and suitable for small piggery farm.

คำสำคัญ: ฟาร์มสุกร การบำบัดน้ำเสีย แหนแดง

Key Words: piggery farm, wastewater treatment, *azolla*

* *มหาบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

** *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

*** *นักวิทยาศาสตร์ (ชำนาญการ) ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

บทนำ

ประเทศไทยมีการเลี้ยงสุกรอยู่ประมาณ 7 ล้านตัว และเพิ่มขึ้นเป็น 10 ล้านตัวในปี 2550 ดังนั้นของเสียย่อมมีประมาณมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนสุกร ซึ่งปัญหาหลักจากการเลี้ยงสุกรคือ น้ำเสียและมูลสุกร ที่มีความสกปรกสูง และระบายสู่แหล่งน้ำมากที่สุด (กรมควบปศุสัตว์, 2549; พงศักดิ์, 2551) ซึ่งน้ำเสีย ส่วนใหญ่เกิดจากการล้างและทำความสะอาดโรงเรือน และปัสสาวะสุกร อัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยตัวละ 10-20 ลิตร/วัน (วันดี, 2546) สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่นิยมใช้คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อหมักไร้อากาศ (upflow anaerobic sludge blanket: UASB) ถึงแม้จะมีก๊าซมีเทน (CH_4) ที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ แต่ยังต้องบำบัดน้ำที่ออกมาจากระบบต่อด้วยระบบเติมอากาศซึ่งปัญหาที่ตามมาคือ ไม่สามารถบำบัดสารอาหารจำพวกไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่มีปริมาณคาร์บอนเหลืออยู่อย่างเพียงพอต่อกระบวนการ Denitrification ซึ่งการบำบัดดังกล่าวมีวิธีที่ยุ่งยากและต้นทุนในการบำบัดค่อนข้างสูง (พงศักดิ์, 2551) หากไม่ต้องการใช้วิธีที่ยุ่งยากและต้นทุนต่ำจึงมีการนำเอาวิธีบำบัดทางชีวภาพมาช่วยในการบำบัด ปัจจุบันได้มีการนำเอาแหนแดง (*Azolla*) มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียเนื่องจากเป็นการบำบัดน้ำเสียที่มีต้นทุนต่ำ เพราะแหนแดงสามารถกำจัดธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้เดือนละ 184.9 และ 59.4 kg/ha ตามลำดับ (Culley and Epps, 1973 and Forni et al., 2001 form Shiomi and Kitoh,1978; Scharpenseel and Knuth, 1978) ซึ่งแหนแดงที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวและน้ำที่ผ่านการบำบัดสามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำชลประทานได้อย่างปลอดภัย (Arora and Saxena, 2005) จากที่กล่าวมาข้างต้นการบำบัด น้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ใช้แหนแดง จึงเป็นอีกทางเลือก หนึ่งในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม และเพิ่มความอุดม สมบูรณ์ สามารถนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

<u>อุปกรณ์ทดลอง</u>

1. แหนแดงสายพันธุ์ *Azolla microphylla* ได้จากกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กรมวิชาการเกษตร
2. น้ำตัวอย่างได้จากน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดแบบไร้อากาศของฟาร์มสุกร
3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ประกอบด้วย เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (pH meter) ชุดเครื่องมือวัดการดูดกลืนแสง (Spectophotometer) เครื่องย่อยสลาย (Block digestion) เครื่องมือวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (Kjedathern digistion blosk and nitrogen distilltion block) และเครื่องชั่ง (Balance)
4. ภาชนะรองรับทดสอบน้ำตัวอย่าง 6 ลิตร และอ่างเพาะเลี้ยงและพัก แหนแดงก่อนการทดลอง

<u>วิธีการวิจัย</u>

1. การเพาะเลี้ยงและเพิ่มปริมาณแหนแดง โดยแหนแดงที่ได้จากกรมวิชาการเกษตรนำมาขยายพันธุ์ที่อ่างเลี้ยงแหนแดงประมาณ 15 วัน คัดเอาเฉพาะแหนแดงที่สมบูรณ์และโตเต็มที่ เหมาะสมต่อการนำไปทดลอง
2. การเตรียมชุดทดลองเป็นแบบ RCB (Randomized complete Block Design) มี 2 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 น้ำเสียจากฟาร์มสุกรปล่อยให้มีการฟอกตัวตามธรรมชาติ

กรรมวิธีที่ 2 น้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ใช้แหนแดงในการบำบัด

3. เก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนและหลังผ่านระบบบำบัด 20 ลิตร แบ่งตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนการทดลอง และน้ำตัวอย่างที่เหลือแบ่งใส่ภาชนะสำหรับทดลองปริมาณ 5 ลิตร และนำแหนแดงที่ได้จากข้อ 1. ใส่ในแต่ละตำรับการทดลองโดยใช้แหนแดงน้ำหนักสดปริมาณ 8 กรัม/ลิตร
4. เก็บตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำรับการทดลองในวันที่ 7, 14 และ 21 วัน ภายหลังเริ่มการทดลอง และทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในรูป BOD, TN, NO_3^- และ PO_4^{-3} ตามวิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและ น้ำเสีย

(20th ed. 1998 APHA-AWWA-WEF) และคู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียของสมาคมวิศวกรรม สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2547)

5. ข้อมูลผลการทดลองทุกดัชนีการตรวจวัดนำมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากผลการศึกษาพบว่า คุณภาพน้ำเสียจากฟาร์มสุกรภายหลังที่มีการใช้แหนแดงบำบัดน้ำเสียที่ช่วงเวลา 21 วัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งคุณภาพน้ำก่อนทดลอง (0 วัน) มีค่ามากกว่าภายหลังการบำบัดด้วยแหนแดงทุกดัชนีตรวจวัดและต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 และตารางที่ 2 แสดงค่า BOD, TN และ NO_3^- เมื่อใช้แหนแดงในการบำบัดสามารถลดค่าดังกล่าวได้มากกว่าที่ไม่มีการบำบัดด้วยแหนแดง ซึ่งประสิทธิภาพของแหนแดงในการบำบัดน้ำเสียตลอด 21 วัน เท่ากับ 6-98 % แต่ช่วงเวลาที่ 14 วัน แหนแดงมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้สูงสุดทุกพารามิเตอร์

ดังนั้นช่วงเวลาจึงมีผลต่อการบำบัดน้ำเสียที่ใช้แหนแดง เนื่องจากแหนแดงที่นำมาใช้บำบัดมีช่วงอายุ 13-15 วัน จะเจริญเติบโตเต็มที่ และมีราก 4-5 อัน หรือมากกว่า (Khan, 1988) ซึ่งเป็นครึ่งหนึ่งของวงจรชีวิต หากใช้เวลาในการบำบัดมากกว่า 14 วัน อาจทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลงและเป็นการเพิ่มธาตุอาหารในน้ำเสียได้ และเกิดปรากฏการณ์ Eutropication เนื่องจากน้ำมีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากเกินไปในแหล่งน้ำที่มีการกักเก็บน้ำมากกว่า 20 วัน (ธงชัย, 2545) สำหรับค่า PO_4^{-3} ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยแหนแดงมีปริมาณมากกว่าน้ำเสียที่ไม่มีการบำบัดด้วยแหนแดงอาจเนื่องจาก

ตารางที่ 1 ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในรูป BOD, TKN, NO_3^- และ PO_4^{-3} ภายหลังการใช้แหนแดงในการบำบัดน้ำเสีย ช่วงเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน

Time	BOD (ppm)		TN (ppm)		NO_3^- (ppm)		PO_4^{-3} (ppm)	
	control	*azolla*	control	*azolla*	control	*azolla*	control	*azolla*
0 day	1,260±2.00[a1/]	1,260±3.00[a]	380±5.00[b]	380±8.74[a]	8.1±0.00[a]	8.1±0.00[a]	19.3±0.01[a]	19.3±0.42[a]
7 days	510±10.00[c]	510±5.00[b]	334±4.04[c]	282±10.69[c]	2.4±0.01[c]	0.2±0.01[c]	12.3±0.01[b]	13.5±0.00[c]
14 days	150±0.00[d]	60±0.00[c]	145±10.69[d]	91±7.00[d]	0.2±0.01[b]	0.2±0.00[d]	11.8±0.01[c]	13.4±0.00[c]
21 days	570±30.00[b]	150±5.77[c]	525±7.00[a]	357±0.00[b]	4.9±0.01[d]	2.6±7.00[b]	8.6±0.01[d]	15.7±0.00[b]
CV (%)	3.41	10.46	2.07	2.79	0.24	0.24	0.05	1.36
LSD (0.05)	*	*	*	*	*	*	*	*

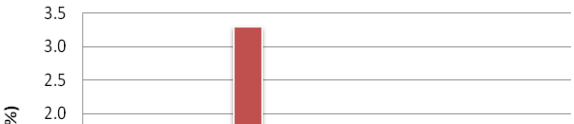
หมายเหตุ: 1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)
ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของแหนแดงในการบำบัดน้ำเสียในรูป BOD, TKN, NO_3^- และ PO_4^{-3} ในเวลา 7, 14 และ 21 วัน

Time	BOD (%)		TN (%)		NO_3^- (%)		PO_4^{-3} (%)	
	control	*azolla*	control	*azolla*	control	*azolla*	control	*azolla*
7 days	-60[1/]	-60	-12	-26	-70	-97	-37	-30
14 days	-88	-95	-62	-76	-97	-98	-39	-31
21 days	-55	-88	+38	-6	-39	-68	-57	-19

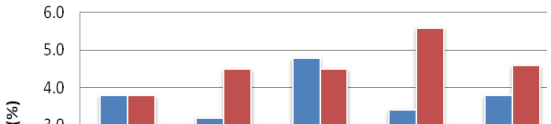
หมายเหตุ: 1/ ค่าเป็นลบ (-) ประสิทธิภาพของแหนแดงที่สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้น
ค่าเป็นบวก (+) ประสิทธิภาพของแหนแดงที่ไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้น

ปริมาณ PO_4^{-3} ในน้ำเสียก่อนการบำบัดเท่ากับ 19.3±0.01 ppm ซึ่งค่อนข้างสูง อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดลดลง โดยในช่วงความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 0-2 ppm สามารถเพิ่มมวลชีวภาพของแหนแดงสายพันธุ์ *Azolla microphylla* ได้ดี เมื่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงขึ้นจะทำให้มวลชีวภาพของแหนแดงคงที่ (Arora and Saxena, 2005) ทั้งนี้ อาจส่งผลต่อการดูดกินธาตุอาหารและลดประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแหนแดงได้



	0 day	7 days	14 days	21 days	avg.
control	0.4	0.8	0.1	0.1	0.35
after	0.4	3.3	0.3	0.2	1.05

ภาพที่ 1 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในแหนแดงก่อนและหลัง ใช้บำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร



	0 day	7 days	14 days	21 days	avg.
control	3.8	3.2	4.8	3.4	3.8
after	3.8	4.5	4.5	5.6	4.6

ภาพที่ 2 ปริมาณธาตุไนโตรเจนในแหนแดงก่อนและหลัง ใช้บำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

จากภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในแหนแดง พบว่า ปริมาณธาตุไนโตรเจน (TN) และฟอสฟอรัส (TP) ภายหลังใช้บำบัดน้ำเสียเฉลี่ย 4.60 และ 1.05 % ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าก่อนใช้บำบัดเฉลี่ย 3.80 และ 0.35 % ตามลำดับ โดยปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในแหนแดงมีปริมาณมากสุดในช่วง 7 วัน อาจสอดคล้องกับ ค่า PO_4^{-3} ในน้ำเสียที่มีปริมาณน้อยสุดสำหรับปริมาณไนโตรเจนในแหนแดงที่ 21 วันมีปริมาณมากสุดแต่กลับ มีค่า TN และ NO_3^- มีปริมาณค่อนข้างมาก อาจเพราะในแหนแดงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอาศัยอยู่ (*Anabaena azollae*) และมีความสามารถตรึงไนโตรเจนได้และถ่ายทอดให้กับแหนแดงได้บางส่วน ดังนั้นถ้าหากมีการนำเอาแหนแดงหลังการใช้บำบัดน้ำเสียแล้วใช้เป็นปุ๋ยพืชสด สามารถทดแทนปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้เป็นอย่างดี ซึ่งช่วงที่เหมาะสมที่สุดอยู่ระหว่าง 500-1,000 kg/ha (Arora and Singh, 2003)

สรุปผลการวิจัย

การใช้แหนแดงในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง คุณภาพน้ำเสียแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งดัชนีตรวจวัดและต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ผลการใช้แหนแดงในการบำบัดน้ำเสีย สามารถลดค่า BOD, TN, NO_3^- และ PO_4^{-3} ได้ประมาณ 6-98 % ในช่วง 3 สัปดาห์ และปริมาณธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแหนแดงมีปริมาณมากกว่าแหนแดงก่อนการบำบัด สามารถนำไปเป็นปุ๋ยพืชสดทดแทน ปุ๋ยเคมีและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้แหนแดงในการบำบัดน้ำเสียเพียงอย่างเดียวมีขีดจำกัดและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพค่อนข้างสูง เช่น วงจรชีวิต การเพาะเลี้ยงสภาพแวดล้อม เป็นต้น ดังนั้น เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดของแหนแดงควรเลือกการบำบัดร่วมกับวิธีอื่นๆ เช่น ใช้แหนแดงร่วมกับหญ้าแฝก หรือใช้แหนแดงร่วมกับการเติมอากาศ เป็นต้น

2. ควรทำการศึกษาวิธีการจัดการแหนแดงภายหลังผ่านการใช้ในการบำบัดน้ำเสียแล้วด้วยวิธีที่เหมาะสมและ

เพิ่มมูลค่า เช่น การนำไปผสมร่วมกับปุ๋ยมูลสุกร การนำไปเป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อเพิ่มผลผลิต เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น คุณทวีศักดิ์ ตุลยเดชาภา (ผู้จัดการฟาร์ม) กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร Prof. Dr. Machito MIHARA และ Association of Environmental and Rural Development (AERD)

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2549. สถิติสุกรในประเทศไทย. กรมปศุสัตว์ [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 13 พฤษภาคม 2552]. จาก http://www.dld.go.th/ ict/yearly/ yearly49/ stat/annex05.xls.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2545. การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์. 2551. ปัญหาของเสียจากฟาร์มหมูและแนวทางการจัดการแบบยั่งยืน. Thai Environmental Engineering Magazine. 5(4-6): 19-25.

วันดี ทาตระกูล. 2546. สุกรและการผลิตสุกร. เชียงใหม่. นพบุรีการพิมพ์.

Arora, A. and S. Saxena. 2005. Cultivation of *Azolla microphylla* biomass on secondary-treated Delhi municipal effluents. Biomass and Bioenergy. 29: 60-64.

Arora, A. and S. Saxena. 2005. Phosphorus requirements of *Azolla micruophylla*. Soil nutrient & Water management. 30(2): 25-26.

Arora, A. and P.K. Singh. 2003. Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing poteintial of *Azolla spp*. Biomass and Bioenergy. 24 : 175-185.

Culley, D.D. and E.A. Epps. 1973. Use of duckweed for waste treatment and animal feed. Journal WPEF. 45 February: 337-347.

Forni C., J. Chen, L. Tancioni and C.M. Grilli. 2001. Evaluation of the fern *Azolla* for growth, Nitrogen of the phosphorus removal from wastewater. Elsevier Science. 6(35): 1592-1598.

Khan, M.M. 1988. Azolla agronomy. Institute of biological science of the university of the Philippines at Los Baños (IBS-UPLB) and the SEAMEO Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture (SEARCA).