บทที่ ๒

ประวัติการทดลอง (Literature review)

๒.๑ <u>การทดลองโดยใช้ผักตบชวาในการกำจัดน้ำทิ้งแบบบ่อหมัก</u> (Water hyacinth to further treat anaerobic lagoon effluent) Miner. et. al; (1970) ได้ทำการทดลองโดยมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาการใช้ผักตบชวาในระบบกำจัดน้ำเสียที่ปล่อยมาจากบ่อหมักของน้ำเสียจากมูลสุกร เพื่อให้น้ำทิ้งเหมาะที่จะปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลอง นอกจากนั้นยังได้ศึกษาว่าผักตบชวาสามารถลดสารอินทรีย์ได้หรือไม่การศึกษาครั้งนี้ได้นำผักตบชวาไปปลูกในบ่อหมัก ซึ่งเป็นสระว่ายน้ำพลาสติกชนิดวงเวียน ๔ ใบ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๐ ฟุต ลึก ๒๔ นิ้ว ตั้งอยู่ใกล้กับบ่อหมักซึ่งรับน้ำเสียจากมูลสุกร ๗๐๐ ตัว ในบริเวณหอพัก มหาวิทยาลัยไอโอวา โดยต่อน้ำเข้าถังพลาสติกให้น้ำไหลวนถึงกันตลอด ๔ ใบ และใช้ถังรับน้ำทิ้งจากสระใบสุดท้าย ในการใส่น้ำเสียโดยใช้สูบน้ำเข้าในสระใบแรกประมาณ ๓๐๐ แกลลอน อาทิตย์ละ ๒ ครั้ง แล้วปล่อยให้น้ำไหลไปยังสระที่ ๒, ๓ และ ๔ ตามลำดับจนถึงถังรับน้ำทิ้ง

ผลการทดลองพบว่า ผักตบชวาเจริญเติบโตในสระที่ ๓ และ ๔ ซึ่งได้สรุปรายงานไว้ ในตารางที่ ๒ เพราะเหตุว่าในสระที่ ๑ ผักตบชวางอกงามไม่ดีจึงไม่มีการเก็บเกี่ยวมาทดลอง และในสระที่ ๒ ได้เก็บเกี่ยวมาครั้งเดียวเท่านั้น ผลการเก็บเกี่ยวพืชทั้งหมดหนัก ๑๘๔ ปอนด์ เมื่อคิดเทียบต่อเอเคอร์แล้วจะได้ ๘๔ ตันต่อเอเคอร์

ค่าเฉลี่ยของ Dry matter ในการเก็บเกี่ยวพืชประมาณ ๕.๔ เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ ๔ ตันต่อเอเคอร์ เมื่อเทียบกับการกำจัดไนโตรเจนจะได้ ๒๔๐ ปอนด์ต่อเอเคอร์ ถ้ามีผักตบชวาเจริญดี ไนโตรเจนประมาณ ๓๐๐ ปอนด์จะถูกกำจัดออก ในการกำจัดฟอสฟอรัส และค่าซีโอดี ดังแสดงผลไว้ตามตารางที่ ๓, ๔, ๕ และรูปที่

๑, ๒, ๓ และ ๔

Miner.et.al;(1970)ได้สรุปว่าในการทดลองของสระที่ต่อเนื่องกันหลาย ๆ ใบนี้ให้ผลดีในการทดลอง คือผักตบชวาจะเจริญดีในน้ำเสียที่ถูกย่อยสลายแล้ว สำหรับน้ำเสียใหม่ ๆ ผักตบชวาและเจริญไม่ดี นอกจากนี้ยังพบว่า จากสระที่ไม่มีผักตบชวาอยู่จะระเหยน้ำได้มากที่สุด ๖๔๐๐ แกลลอนและสระที่มีผักตบชวาจะระเหยน้ำได้ถึง ๑๐,๐๐๐ แกลลอน

ตารางที่ ๒ Record of water hyacinth plants harvested from anaerobic-lagoon, supernatant treatment pools during the summer of 1970. (Miner et.al; 1970)

Month	Number of Plants harvested		Pounds of Plant material harvested	
	Pool 3	Pool 4	Pool 3	Pool 4
June	0	0	0	0
July	1,634	1,738	222	265
August	875	1,000	171	215
September	558	616	121	155
October	185	127	31	46
Total	3,252	3,543	545	681

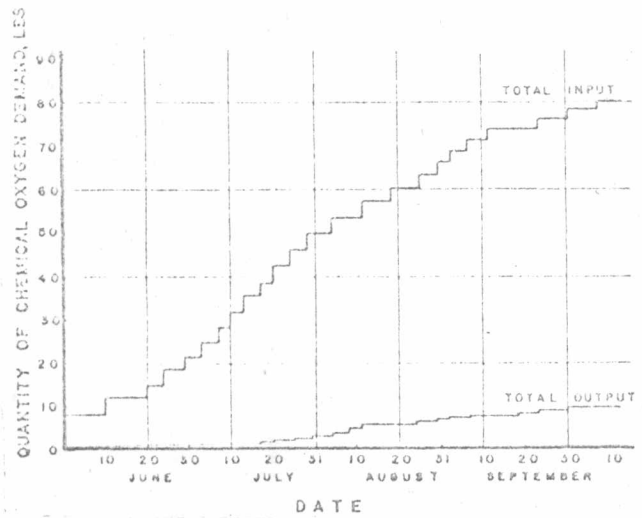
ตารางที่ ๓ Nitrogen balance on four water-hyacinth pools for the treatment of anaerobic-lagoon effluent, AMES, IOWA, June 1. to Oct 10. 1970 (Miner et.al; 1970)

	Nitrogen
Input	
Average lagoon supernatant concentration	
Kjeldahl nitrogen	300 mg/l
Ammonia nitrogen	286 mg/l
Nitrogen plus nitrate nitrogen	0
Quantity pumped into pool	
Kjeldahl nitrogen	25.44 lb
Ammonia nitrogen	24.32 lb
Output	
Average effluent concentration from pool 4	
Kjeldahl nitrogen	34 mg/l
Ammonia nitrogen	29 mg/l
Nitrate plus nitrite nitrogen	10 mg/l
Quantity discharged from pool 4	
Kjeldahl nitrogen	1.27 lb
Ammonia nitrogen	1.07 lb
Nitrate plus nitrite nitrogen	0.39 lb

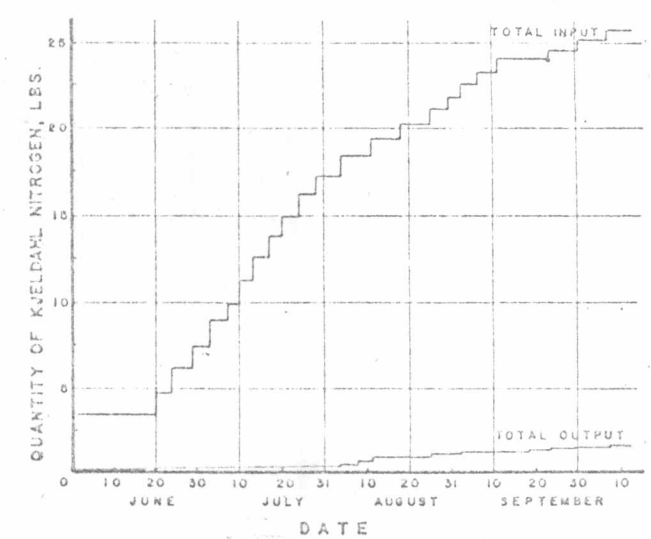
	Nitrogen
Inventory	
Quantity remaining in system 10/10/70	
Kjeldahl nitrogen	2.53 lb
Ammonia nitrogen	2.01 lb
Nitrate plus nitrite nitrogen	0.43 lb

ตารางที่ ๔ Chemical-Oxygen-Demand balance on four water-hyacinth pools for the treatment of anaerobic-lagoon effluent, AMES, IOWA, June 1 to Oct. 1970 (Miner et.al., 1970)

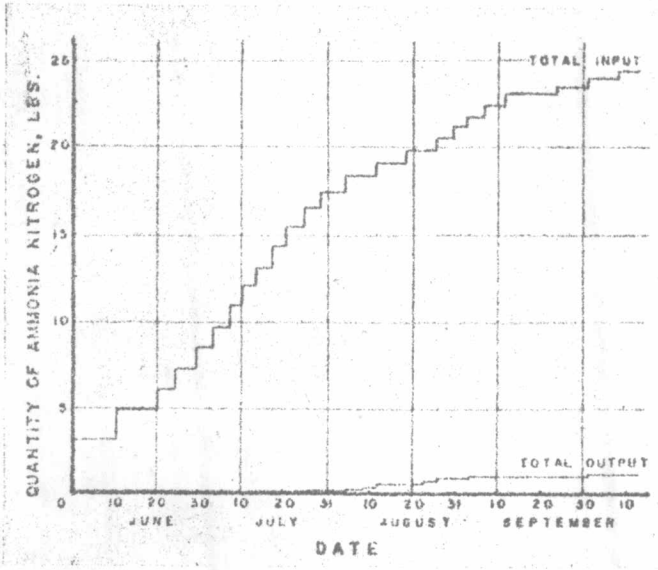
	COD
Input	
Average lagoon supernatant concentration	945 mg/l
Quantity pumped into pool 1	80.18 lb
Output	
Average effluent concentration from pool 4	250 mg/l
Quantity discharged from pool 4	9.62 lb
Inventory	
Quantity remaining in system 10/10/70	11.19 lb



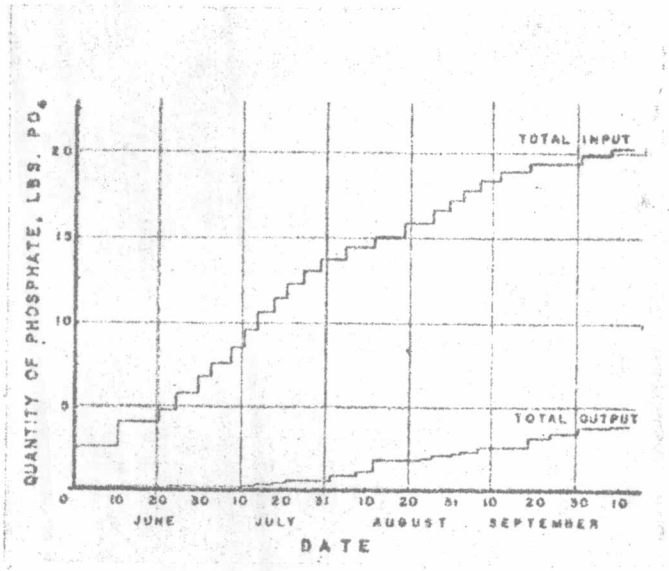
รูปที่ ๑ Total quantity of chemical oxygen demand added to and discharged from a four-pool water hyacinth water renovation system, Ames. Iowa. June 1 to Oct. 10, 1970. (Miner et.al., 1970)



รูปที่ ๒ Total quantity of Kjeldahl nitrogen added to and discharged from a four-pool water hyacinth water renovation system, Ames, Iowa. June 1 to Oct. 10, 1970. (Miner et.al., 1970)



รูปที่ 3 TOtal quantity of ammonia nitrogen added to and discharged from a four-pool water hyacinth water - renovation system,Ames,Iowa.June 1 to Oct.10,1970. (Miner et.al., 1970)



รูปที่ 4 Total quantity of phosphate, PO_4, added to and discharged from a four-pool water hyacinth water - renovation system, Ames,Iowa.June 1 to Oct.10,1970. (Miner et.al., 1970)

ตารางที่ ๔ Phosphate balance on four water-hyacinth pools for the treatment of anacrobic-lagoon effluent, AMES, IOWA, June 1 to Oct. 10, 1970 (Miner et.al;(1970)

	Phosphate
Input	
Average lagoon supernatant concentration	234 mg/l
Quantity pumped into pool 1	19.91 lb
Output	
Average effluent concentration from pool 4	97 mg/l
Quantity discharged from pool 4	3.59 lb
Inventory	
Quantity remaining in system 10/10/70	4.30 lb

จากข้อมูลในรูปที่ ๑, ๒, ๓ และ ๔ จะเห็นว่าสามารถกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3 - N)ได้ ๒๓ ปอนด์ต่อเอเคอร์ ฟอสฟอรัสได้ ๑๗ ปอนด์ต่อเอเคอร์ ซีโอดีได้ ๗๕ ปอนด์ต่อเอเคอร์ และไนโตรเจนได้ ๒๕ ปอนด์ต่อเอเคอร์ อัตราเหล่านี้จึงใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบสระขนาด ๑ เอเคอร์ของผักตบชวาที่มีความลึก ๑๘ นิ้ว จะสามารถทำน้ำให้ดีขึ้น ๔๐๐๐ แกลลอนต่อวัน

จากการทดลองครั้งนี้นับว่าสามารถจะนำเอาผักตบชวามาใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำในระบบกำจัดแบบไม่ใช้อ๊อกซิเจนได้ น้ำที่ได้จะไม่มีสี และมีสารอินทรีย์ต่ำ รวมทั้งปริมาณสารอาหารที่สามารถปล่อยลงสู่แม่น้ำลำธารได้

๒.๒. <u>การศึกษาเรื่องการปลูกผักตบชวาในบ่อผึ่งเพื่อกำจัดน้ำเสียจากน้ำตาลและน้ำทิ้งจากถังเกรอะ</u> (Studies on use of water-hyacinth culture in oxidation ponds treating digested sugar waste and effluent of septic Tank) Sinha,et.al; (1969) ได้ทำการทดลองเพื่อประเมินผลความสามารถของผักตบชวาในการทำน้ำให้สะอาดและใสขึ้นของน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลและน้ำทิ้งจากถังเกรอะ ผลการทดลองพอสรุปได้ดังนี้

๑. เพิ่มพลังงานศักยภาพ ในปฏิกิริยา Redox

๒. เกิดการตกตะกอนและกำจัดความขุ่นได้

๓. กำจัดกลิ่น

ผลของผักตบชวาในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาล (Effect of water hyacinth on the treatment of digested sugar waste)โดยเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์หาค่า บีโอดี, พีเอช.ความขุ่น กลิ่นและพลังงานศักยภาพอ๊อกซิเดชั่น-รีดักชั่น (Oxidation - reduction potential)ดังแสดงไว้ในตารางที่ ๖

ผลของผักตบชวาในการกำจัดน้ำทิ้งจากถังเกรอะ (Effect of water hyacinth on stabilization of septic tank effluent) โดยดำเนินการเช่นเดียวกับน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาล โดยเก็บน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาค่า บีโอดี, พีเอช. ความขุ่น และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ดังแสดงไว้ตามตารางที่ ๗ และรูปที่ ๕ และ ๖

Sinha.et.al;(1969)ได้ทำการทดลองวัดค่าศักยภาพอ๊อกซิเดชั่น-รีดักชั่นเพื่อให้เข้าใจถึงกลไกการทำน้ำให้สะอาดของน้ำเสีย ผลปรากฏว่าเกิดศักยภาพอ๊อกซิเดชั่น-รีดักชั่นในการทำน้ำให้สะอาด ดังรูปที่ ๕ และ ๖ และปรากฏว่าทุกตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ ไม่มี ดีโอ (Dissolved oxygen) ยกเว้น ๑ ตัวอย่างที่มีผักตบชวาที่มีช่วงเวลาย่อยสลายตัว ๗ วัน และสังเกตได้ว่าผักตบชวาจะเจริญงอกงามในน้ำเสียที่ย่อยสลายแล้ว ผักตบชวาที่ใส่ลงไปในน้ำเสียจากน้ำตาลใหม่ ๆ จะเฉาและเน่าเปื่อยไม่งอกงาม การทดลองครั้งนี้ทำในภาวะการย่อยสลายแบบไม่ใช้อ๊อกซิเจน ซึ่งมีค่า

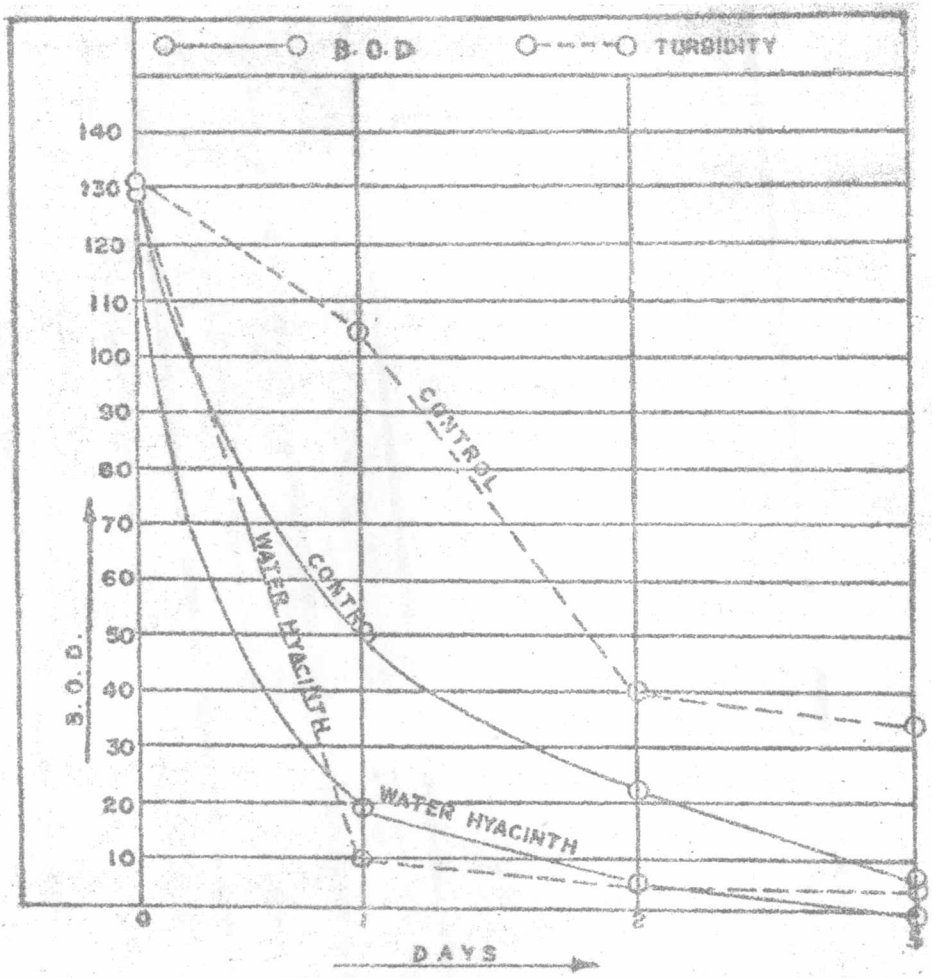
ตารางที่ ๖ Effect of Water Hyacinth on Digested Sugar Wastes (Sinha et.al., 1969)

DAYS OF DETENTION	BOD mg/l		TURBIDITY mg/l		ODOUR mg/l		OXIDATION-REDUCTION POTENTIAL		pH	
	Digested sugar waste	Digested sugar & water hyacinth	Digested sugar waste	Digested sugar waste & water hyacinth	Digested sugar waste	Digested sugar waste & water hyacinth	Digested sugar waste	Digested sugar waste & water hyacinth	Digested sugar waste	Digested sugar waste & water hyacinth
Zero	258	258	150	150	24	24	-129 mv.	-129 mv.	7.05	7.05
One	257	197	140	100	20	4	-49 "	+229 "	7.05	7.26
Two	206	94	130	70	18	1	+ 9 "	+308 "	7.10	7.30
Four	200	32	125	40	10	1	+98 "	+412 "	7.15	7.25
Five	174	17	100	10	2	1	+216 "	+598 "	7.20	7.30
Seven	116	16	90	5	2	1	+302 "	+784 "	7.30	7.35

ตารางที่ ๗ Effect of Water Hyacinth on Septic Tank Effluent (Sinha et.al., 1969)

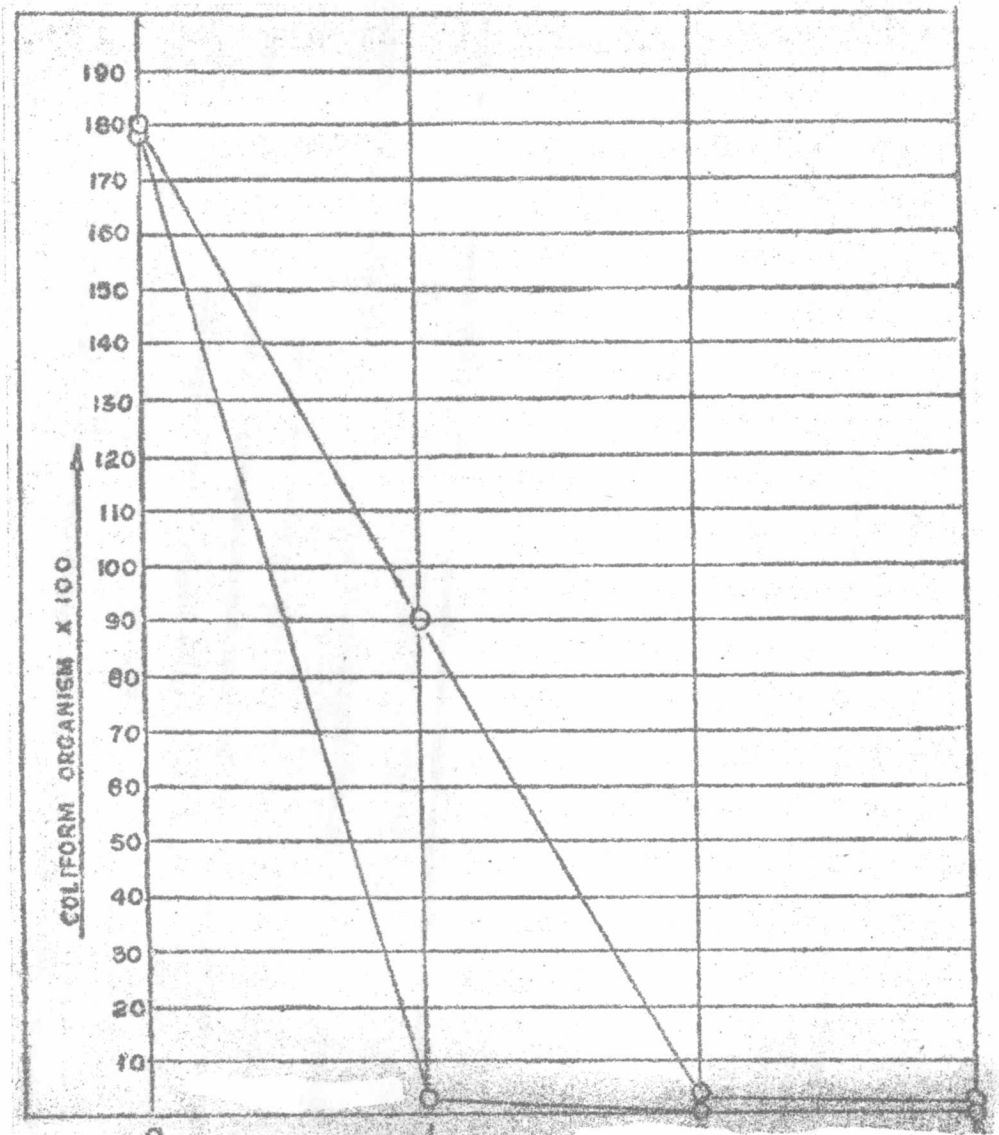
DAYS OF DETENTION	BOD mg/l			TURBIDITY mg/l			pH			COLIFORM COUNT PER 100 ml		
	Septik tank effluent	Septic tank effluent & water hyacinth	Septic tank effluent with only roots of W. H.	Septic tank effluent	Septik tank effluent & water hyacinth	Septic tank effluent with only roots of W. H.	Septic tank effluent	Septic tank effluent & water hyacinth	Septic tank effluent with only roots of W. H.	Septic tank effluent	Septic tank effluent & water hyacinth	Septic tank effluent with only roots of W. H.
Zero	130	130	130	130	132	132	7.2	7.2	7.2	180000	179000	180000
One	48	18	40	105	10.0	100	7.5	7.1	7.5	90000	200	25000
Two	22	6	32	40	5.0	55	7.85	7.15	7.75	2000	200	2000
Three	6	nil	34	35	5.0	60	7.9	7.3	7.8	1000	120	140

3 8 6 0 0 0 3 4 3 6 0



รูปที่ ๔ Effect of Water Hyacinth on Reduction BOD and Turbidity of Septic Tank Effluents

(Sinha et.al., 1969)



Effect of Water Hyacinth on Coliform Count of Septic Tank Effluents

(Sinha et.al., 1969)

ค่า บีโอดี ในช่วง ๒๐๐ - ๔๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการตรวจสอบการลดไฮโดรเจน ในรากของผักตบชวา (Detections of dehydrogenases in roots of water hyacinth)โดยทดลองกับ Methylene blue ปรากฏว่าผักตบชวาทำให้เพิ่มอัตราของอ๊อกซิเดชั่นทางชีวเคมี (Biochemical oxidation) ในน้ำเสียที่กำลังย่อยสลาย และจะทำให้ไม่มีดีโอ จากการทดลองพบว่ารากผักตบชวามีการลดไฮโดรเจน

Sinha et.al; (1969) พบว่าตะกอนและตะกอนแขวนลอย ของน้ำเสียที่ถูกย่อยสลาย มีผลต่อผักตบชวา ซึ่งสามารถจะลดความขุ่นได้จาก ๑๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร คงเหลือ ๑๐ มิลลิกรัมต่อลิตร ในเวลาประมาณ ๔ วันจากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าการตกตะกอนอาจจะลดลง เนื่องจากการดูดซึมของของเหลวผ่านผิวของรากพืช ซึ่งจะดูดซึมพวกสารบางอย่างที่ทำหน้าที่เหมือน Peptising agent ของตะกอน และระหว่างการดูดซึมพวกตะกอนของน้ำเสียจะสัมผัสกันบนผิวและจับตัวกันเป็นก้อนภายหลังสูญเสียประจุไฟฟ้าไป พวกตะกอนที่จับกันเป็นก้อนก็จะจมลงสู่ก้นสระและก็จะพาตะกอนอื่น ๆ จมลงไปด้วย

ความสามารถในการลด โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งมีความสำคัญต่อการกำจัดน้ำทิ้งจากถังเกรอะ จะลดลงได้จาก ๑,๗๐๐,๐๐๐-๑๐,๐๐๐,๐๐๐ ตัวต่อ ๑๐๐ มิลลิลิตร ในเวลา ๑ วัน

๒.๓ <u>การทดลองและรวบรวมรายงานเกี่ยวกับการกำจัดสารอาหารโดยใช้ผักตบชวา</u> (Water hyacinth for nutrient removal) Sheffield (1967) ได้กล่าวว่าในการกำจัดน้ำเสียด้วยวัชพืชนั้นได้มีผู้ค้นคว้าและได้รายงานผลการดำเนินงานไว้มากพอสมควร แต่การดำเนินงานในด้านนี้ยังมีผู้สนใจไม่มากนัก ในการกำจัดสารอาหารจากน้ำเสียก็เนื่องด้วยเกิดปัญหาที่ปรากฏขึ้นเสมอในแหล่งน้ำที่รับน้ำทิ้งแล้วทำให้เกิด "Eutrophication"

Sheffield (1970) ได้กล่าวว่า Eutrophication เป็นศัพท์ใหม่ ซึ่งหมายถึงอายุหรือความเสื่อมลงของพืชน้ำและเป็นสาเหตุที่ทำให้ทะเลสาป แม่น้ำ เกิด Eutrophic มีสารอาหารอาหารมากเกินพอ และ Nutrification อันเป็นคำที่เกือบจะเหมือนกับ Eutrophication ที่ทำให้เกิดปัญหากับน้ำเช่นเดียวกัน

รัตสุขและกลิ่นสุคนธ์ (๒๕๑๘) ได้อธิบายคำว่า Eutrophication ไว้ดังนี้ คือ การระบายน้ำทิ้งที่มีสารประกอบไนเตรทและฟอสเฟตลงไปในน้ำเป็นจำนวนมาก อาจทำให้ไนเตรทและฟอสเฟตสะสมเพิ่มพูนอยู่ในน้ำจนเป็นผลช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชน้ำ การที่น้ำมีความอุดมสมบูรณ์ด้วยไนเตรทและฟอสเฟตที่เป็นปุ๋ยของพืชน้ำ เรียกว่า Eutrophication ผลที่ติดตามมาคือ พืชน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แอลจีจะเกิดขึ้นอย่างมากมาย (Algal bloom) จนน้ำมีสีเขียวเข้มข้นและมีกลิ่นเหม็นไม่เหมาะแก่การอุปโภคบริโภค จัดว่าเป็นน้ำเสียอีกประเภทหนึ่งที่พบกันอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำนิ่ง เช่น หนอง, บึง, อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาป ลำน้ำที่ไหลช้า ๆ

Sheffield (1967) ได้กล่าวว่าเมื่อน้ำได้รับสารอาหารจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเร่งเร้าให้เกิด Eutrophication ซึ่งทำให้เกิดปัญหา ๓ ประการคือ

๑. ทำให้แอลจี เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

๒. ทำให้เกิดพืชลอยน้ำอย่างมากมายผิดปกติ

๓. รากของพืชน้ำเกิดขึ้นอย่างหนาแน่น

Sheffield (1967)ได้รวบรวมรายงานถึงสารอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นอย่างมากมายจากแอลจีและการเจริญของวัชพืช ในการกำจัดน้ำเสียแบบบ่อเชียวสามารถจะกำจัดเอาสารละลาย โอร์โท ฟอสเฟต ออกได้ ๙๙ % ไนเตรท - ไนโตรเจนได้ ๖๗ % และ แอมโมเนีย - ไนโตรเจนได้ ๘๘ % และยังได้อ้างถึงรายงานของคนอื่น ๆ อีก เช่น Rudolfs (1947) ได้พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฟอสเฟตที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจากการกำจัดแบบชีววิทยา เป็น ๐.๒๒

มิลลิกรัมต่อลิตร Mc.Kenney (1965) พบว่าลานกรอง (Trickling filters) สามารถที่จะลดจำนวนฟอสเฟตในน้ำเสียได้ Moore (1949) พบว่าลานกรองที่มีอัตราการกรองสูงสามารถกำจัดจำนวนไนโตรเจนได้อย่างคร่าว ๆ ๑๐ % และการกำจัดแบบเลี้ยงตะกอน (Activated sludge) สามารถกำจัดไนโตรเจนได้ ๑๐-๔๐ % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอัตราส่วนของของเสียโรงงานกำจัดน้ำเสียใน Texas ได้รายงานว่าระบบ Modified activated sludge สามารถกำจัดฟอสเฟตได้ถึง ๔๕ % Sawyer (1945) ชี้ให้เห็นว่าจากการศึกษาทะเลสาปหลายแห่งใน Wisconsin พบว่ามีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ไนโตรเจน ๐.๓ มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายฟอสเฟต ๐.๐๑ มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นผลให้แอลจีเกิดขึ้นอย่างมากมาย Van vuran(1948) กล่าวว่าผักตบชวาเป็นพืชที่เหมาะสมมาก พบว่าในเนื้อที่ ๑ เอเคอร์ สามารถกำจัดไนโตรเจนได้ ๓๐๗๕ ปอนด์ต่อปี ในดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม Kuln (1965) พบว่า Air strip - ping สามารถกำจัดแอมโมเนียได้ถึง ๙๒ % แต่ต้องเติมอากาศลงไปในน้ำเสีย ๕๒๐- ๕๕๐ ลูกบาศก์ฟุตต่อแกลลอน เมื่อเปรียบเทียบกับการกำจัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอน จะใช้อากาศเพียง ๐.๒-๒.๕ ลูกบาศก์ฟุตต่อแกลลอน เท่านั้น Owen (1953) ใช้ Unslaked lime (666 mg/l $Ca(OH)_2$) เพื่อให้พีเอช. สูงถึง ๑๑.๐ และเหมือนกับการเติมสารส้มให้ค่า พีเอช. ๔.๕๗ $\pm$๐.๒๕ จำนวน ๒๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถที่จะกำจัดจำนวนฟอสเฟตได้ ๔๕ %

Sheffield (1967) ได้ทำการทดลองถึงความสามารถในการกำจัดสารอาหารจากบ่อวัชพืช (Aquatic pond) ประกอบด้วยโรงงานบ่อวัชพืช (Aquatic plant pond) เครื่องเป่าอากาศ (Air stripping) และระบบการตกตะกอน เปรียบเทียบกับบ่อเขียวซึ่งปรากฏว่าบ่อวัชพืช, เครื่องเป่าอากาศ และระบบการตกตะกอน สามารถกำจัดสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ได้ดีกว่าบ่อเขียวมาก ตามตารางที่ ๘

ตารางที่ ๙ Summary of algal and aquatic plant studies (Sheffield 1967)

Type of process	Nitrate - N		Ammonia - N		Phosphate	
	Final Effluent Conc. mg/l	percent removal	Final Effluent Conc. mg/l	percent removal	Final Effluent Conc. mg/l	percent removal
Algal pond* Effluent	5.0	67	7.0	88	1.0	99
Aquatic pond** Effluent	0.2	99	0.1	99^{+}	0.7	99^{+}
Differences in Processes	4.8	33	6.9	11	0.3	0

* Only maximum removal data for the algal pond

** Average removal data for the aquatic plant pond

๒.๔ <u>การทดลองเกี่ยวกับการระเหยของน้ำเสียโดยใช้ผักตบชวา</u> (Evapotranspiration and pollution of water by water hyacinth) Timmer et.al; (1967) ได้กล่าวว่า การระเหยคือการกลายเป็นไอจากเซลล์มีชีวิตผ่านผิวเยื่อของพืชนั่นเอง การระเหยจากใบไม้มี ๒ ชนิด คือการระเหยจากปากใบ และการระเหยที่ผ่านใบโดยตรงจากเซลล์ชั้นผิว (Epidermal cells) ผ่านผิวชั้นนอก (Cuticle) การระเหยเป็นขบวนการที่กลายเป็นไอ เมื่อน้ำได้สัมผัสกับอากาศจำนวนโมเลกุลของน้ำก็จะถูกพลังงานแสงเข้ามาทำปฏิกิริยาจนทำให้กลายเป็นไอขึ้นสู่อากาศ ขณะที่อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น อัตราส่วนของน้ำที่ระเหยก็จะเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้น สภาวะอื่น ๆ เช่นความชื้นและกระแสลม มีอิทธิพลต่อการกลายเป็นไอเช่นกัน

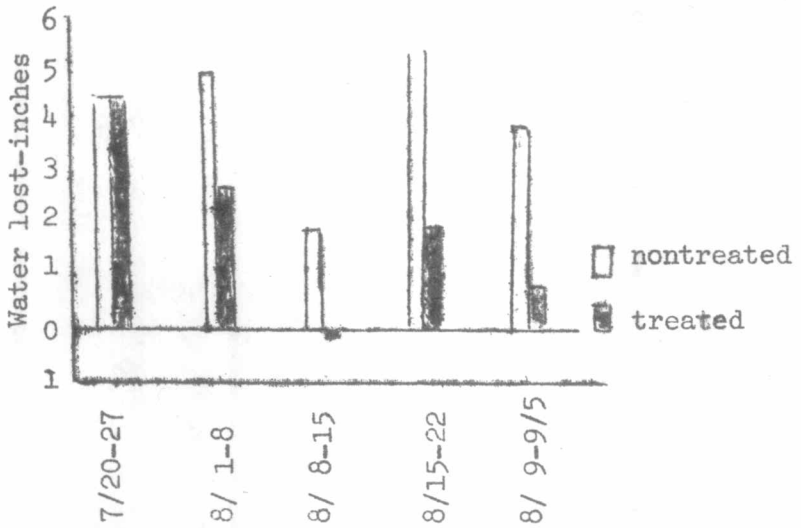
Timmer et. al; (1967) ได้ศึกษาเรื่องนี้คือ (๑) พิจารณาจำนวนน้ำที่สูญเสียไปเนื่องจากการระเหยของน้ำที่ผ่านจากผักตบชวาและเปรียบเทียบกับการระเหยโดยรังสีความร้อน (๒) พิจารณาถึงผลของ ๒,๔ - D (Dichlorophenoxy acetic) ต่ออัตราการกลายเป็นไอโดยผักตบชวา (๓) วัดความสกปรกและสาเหตุของการตกตะกอนโดยผักตบชวา และเปรียบเทียบกับสาเหตุที่ตกตะกอนโดยใช้ผลของ ๒,๔ - D ต่อการเสื่อมโทรมตามธรรมชาติของเนื้อเยื่อพืช

ผลการทดลองของ Timmer et.al; (1967) พบว่า อัตราส่วนเฉลี่ยของการระเหยกลายเป็นไอของผักตบชวาเท่ากับ ๓.๙๖ นิ้วต่อสัปดาห์ อัตราส่วนเฉลี่ยการระเหยของน้ำโดยอิสระเป็น ๑.๐๘ นิ้วต่อสัปดาห์ ตามตารางที่ ๙ หรือผักตบชวาระเหยกลายเป็นไอได้เป็น ๓.๗ เท่าของการระเหยของน้ำโดยอิสระ

ผลที่นำ ๒,๔ - D มาใช้กำจัดผักตบชวา ปรากฏว่าการระเหยกลายเป็นไอของน้ำน้อยกว่าการระเหยกลายเป็นไอของน้ำที่ไม่ได้กำจัดผักตบชวา ตามรูปที่ ๗ ผลการนำน้ำในสระทดลองที่กำจัดผักตบชวาและไม่ได้กำจัดผักตบชวามาตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธีการต่าง ๆ ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ ๑๐

ตารางที่ ๙ การเปรียบเทียบ ความชื้น อากาศ อุณหภูมิ และรังสีของการระเหย กลายเป็นไอของผักตบชวา (Timmer et.al; 1967)

Interval of measurement	Evapotranspiration of water hyacinth		Solar radiation total per week	Average weekly mean air temperature	Relative humidity
	Inches	Evaporation	Langley's	°F	%
4/23-4/30	4,55	1.68	3,938	74	74
4/30-5/7	4.00	0.69	3,444	76	81
5/14-5/21	5.08	1.30	4,169	78	79
5/28-6/4	2.96	0.22	2,690	78	87
6/13-6/20	4.63	0.92	3,478	80	87
6/20-6/27	2.42	0.35	3,115	79	87
7/20-7/27	4.30	1.30	3,225	83	85
8/ 1-8/8	4.78	2.15	3,528	82	88
8/ 8-8/15	1.85	0.19	3,436	80	86
8/15-8/22	5.20	2.20	4,076	82	81
8/29-9/5	3.80	0.83	3,454	81	85
Total	43.57	11.83	38,553	873	920
Average per week	3.96	1.08	3,505	79.4	83.6



รูปที่ ๗ ผลของ ๒,๔ -D ที่มีต่อการระเหยของน้ำโดยผ่านผักตบชวา (Timmer et.al; 1967)

ตารางที่ ๑๐ การวิเคราะห์น้ำในการศึกษาการระเหยกลายเป็นไอในขั้นสุดท้าย (Timmer et.al; 1967)

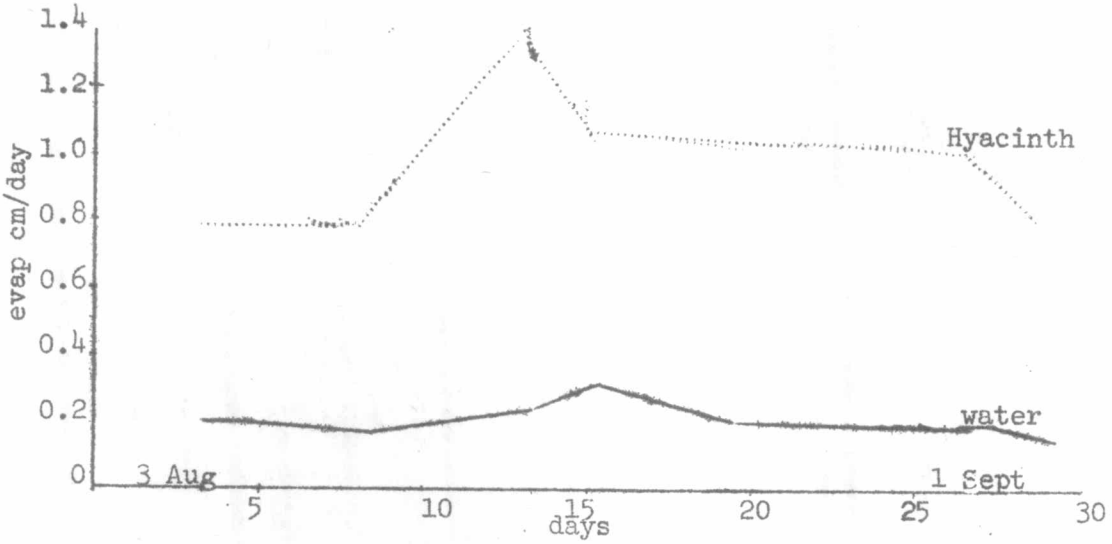
	Open water	Water hyacinth	
		Untreated	Treated
Optical density	0.00	0.05	0.08
Percent transmittance of light	100	90	83
Turbidity (silica standard)	0	5	10
Color (APHA Platinum-Cobalt Standard)	0	260	390
Tannin and lignin (ppm)	0.1	5.5	7.0
Depth of decayed plant material (inches)	0	7	12

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

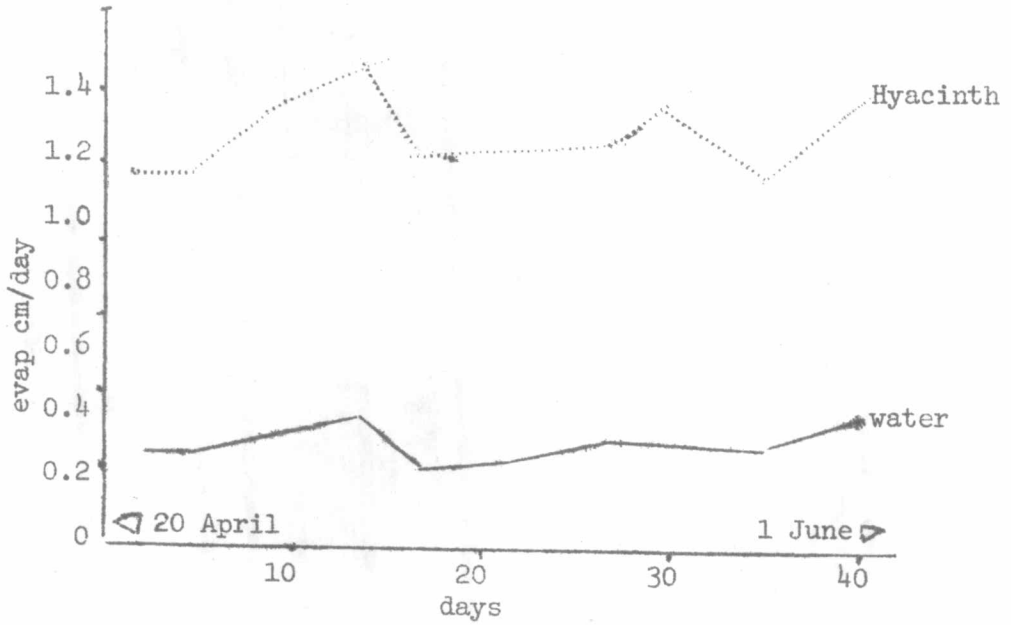
๒.๕ <u>รายงานความก้าวหน้าเกี่ยวกับการระเหยกลายเป็นไอ โดยพืชน้ำเขตร้อนบางชนิด</u> (Progress report on tropical water weeds) Little (1967) ได้ทำการทดลองเพื่อวัดหาอัตราการสูญเสียของน้ำที่ปราศจากวัชพืชกับน้ำที่มีวัชพืช เพื่อให้ได้ข้อมูลในทางอุตุนิยมวิทยา

ในการทดลองครั้งนี้ Little (1967) ได้ทำในเรือนกระจกที่มีการควบคุมความร้อนไม่ต่ำกว่า ๒๐ องศาเซ็นเซียส ที่ The Weed Research Oganization พืชที่ใช้ในการทดลองคือ ผักตบชวามีใบยาว ๓๐-๔๐ เซ็นติเมตร โดยเอาผักตบชวาปลูกในอ่างน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๒๔ เซ็นติเมตร จุน้ำได้ ๑๔ ลิตร ในอ่าง ๔ ใบต่อเชื่อมกันด้วยท่อที่ก้นถังมีท่อวัดระดับเพื่อความสะดวกต่อการจดบันทึก การทดลองแบ่งออกเป็น ๒ ชุด ชุดแรกปลูกผักตบชวาลงไปในอ่าง ๔ ใบ ชุดที่สองบรรจุน้ำอย่างเดียวในอ่าง ๔ ใบ แล้วอ่านผลการระเหยของน้ำในอ่างทดลองทั้ง ๒ ชุดโดยสม่ำเสมอ ซึ่งได้ผลตามรูปที่ ๘ และ ๙

ผักตบชวาที่ระเหยน้ำได้เร็วเป็น ๔-๕ เท่าของการระเหยแบบธรรมดา ซึ่งอัตราการระเหยเป็น ๖ เท่า (โดย Penfound และ Earle (1948) แต่ไม่ได้บันทึกไว้ ซึ่งพืชเหล่านี้จะสมบูรณ์และใหญ่มากในเขตร้อน และคาดว่าปริมาณการระเหยจะมากกว่า ๖ เท่าของการระเหยแบบธรรมดา)



รูปที่ ๘ อัตราส่วนการระเหยของน้ำ ที่มีผักตบชวาลอยอยู่ กับน้ำที่ไม่มีผักตบชวาในเรือนกระจกทดลอง ตลอดเวลา ๔๐ กว่าวัน ตั้งแต่ฤดูใบไม้ผลิถึงฤดูร้อนปี ๑๙๖๖ พบว่า ค่ากลางการระเหย ผักตบชวาเท่ากับ ๑.๐๙๕ ซม./วัน น้ำเท่ากับ ๐.๒๖ ซม./วัน ค่ากลางเป็นอัตราส่วน ผักตบชวาต่อน้ำ เท่ากับ ๔.๒ ต่อ ๑.๐ (Little, 1967)



รูปที่ ๙ ปริมาณการระเหยจากผักตบชวาที่ปกคลุมผิวน้ำ เปรียบเทียบกับน้ำที่ไม่มีพืชปกคลุมในเรือนกระจกทดลองมากกว่า ๒๙ วัน ในฤดูร้อนปี ๑๙๖๖ ค่ากลางการระเหย ผักตบชวา เท่ากับ ๑.๐๘ ซม./วัน น้ำเท่ากับ ๐.๒๐ ซม./วัน ค่ากลางเป็นอัตราส่วน ผักตบชวาต่อน้ำ เท่ากับ ๕.๔ ต่อ ๑.๐ (Little,1967)