บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สาหร่ายแบ่งออกเป็นหลายกลุ่ม นักสาหร่ายวิทยาแต่ละคนมีวิธีการแบ่งกลุ่มของสาหร่ายที่แตกต่างกันออกไป โดยอาศัยหลักเกณฑ์ดังนี้ รงควัตถุที่อยู่ในเซลล์, องค์ประกอบของผนังเซลล์,อาหารที่สะสมในเซลล์, จำนวนและตำแหน่งของแฟลกเจลัม ฯลฯ

นักสาหร่ายวิทยาได้แบ่งกลุ่มของสาหร่ายออกเป็นดิวิชัน (division) หรือบางครั้งอาจเรียกเป็นไฟลัม (phylum) แต่ละคนมีแบบแผนในการจัดที่แตกต่างกัน เช่น Smith (1950), Prescott (1968) แต่ในที่นี้จะแบ่งตามหลักของ Bold and Wynne (1978) ซึ่งแบ่งสาหร่ายออกเป็น 9 กลุ่ม ดังนี้ สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (blue-green algae), สาหร่ายสีเขียว (green algae), สาหร่ายไฟ (stoneworts), สาหร่ายยูกลีนอยด์ (euglenoids), สาหร่ายสีน้ำตาล (brown algae), สาหร่ายคริสโซไฟต์ (chrysophytes), สาหร่ายไดโนแฟลเจลเลต (dinoflagellates), สาหร่ายคริปโตโมแนด (cryptomonads) และ สาหร่ายสีแดง (red algae)

สาหร่ายมีความสำคัญต่อมนุษยชาติในด้านต่างๆทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและการนำมาใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ดังนี้ ด้านระบบนิเวศแหล่งน้ำ, ด้านอาหาร, ด้านอุตสาหกรรม, ด้านเกษตรกรรม, ด้านการแพทย์, ด้านบำบัดน้ำเสีย, ด้านการใช้เป็นสิ่งมีชีวิตติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ, ด้านการผลิตสารที่มีประโยชน์ต่อวงการอุตสาหกรรมหลายชนิด

ธาตุอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของสาหร่าย (ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร,2537)

1. ไนโตรเจน (nitrogen, N) เป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อสาหร่าย เพื่อใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโน (amino acid) และโปรตีน (protein) ซึ่งจะมีอยู่ถึง 1/8 หรือ 1/6 ของน้ำหนักสาหร่าย ถ้าขาดไนโตรเจน สาหร่ายจะไม่สามารถเจริญได้ (ยกเว้นพวกสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้) สาหร่ายใช้ไนโตรเจนได้หลายรูปแบบ เช่น แอมโมเนีย (NH_4^+), ไนเตรท (NO_3^-) และ ไนไตรท์ (NO_2^-) และมีสาหร่ายหลายชนิดสามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนที่ละลายน้ำ เช่น ยูเรีย (urea) กรดอะมิโนอิสระ (free amino acid) และ เปปไทด์ (peptides)

ไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารที่มีปริมาณจำกัด ซึ่งสาหร่ายขาดไม่ได้ มีปริมาณต่ำสุดในเซลล์สาหร่าย คือ 3 - 4 % ของน้ำหนักแห้ง

ในธรรมชาติ บริเวณที่ขาดออกซิเจน พบว่าไนเตรทถูกลดออกซิเจนในกระบวนการรีดักชัน ให้เป็นแอมโมเนีย และไนไตรท์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมี หรือการลดออกซิเจนจากแบคทีเรีย ในทำนองเดียวกัน แอมโมเนียจะถูกเพิ่มออกซิเจนในกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งเป็นไนไตรท์ได้เช่นเดียวกันถ้าบริเวณนั้นมีออกซิเจนต่ำ (< 1 มิลลิกรัม O_2 ต่อลูกบาศก์เมตร) และแอมโมเนียจะได้จากกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์โดยแบคทีเรีย หรือจากมูลสัตว์โดยตรงก็ได้

สาหร่ายจะดูดเอาแอมโมเนียไปใช้ก่อน ต่อเมื่อปริมาณของแอมโมเนียลดลง จึงใช้ไนเตรท และไนไตรท์ โดยทำการลดออกซิเจนให้เป็นแอมโมเนียก่อน จึงค่อยนำไปใช้โดยใช้เอนไซม์ ไนเตรท – ไนไตรท์ รีดักเตรส (Nitrate-nitrite reductase)

2. ฟอสฟอรัส (phosphorus, P) ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิค (nucleic acid) และอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosinetriphosphste, ATP) ในน้ำ ฟอสฟอรัสมักอยู่ในรูปที่เพิ่มออกซิเจน (oxidized state) หรือในรูปอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic orthophosphate ion, HPO_4^{2-} และ $H_2PO_4^-$) หรืออินทรีย์สารซึ่งเป็นแหล่งให้ฟอสฟอรัสแก่แหล่งน้ำ ฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (dissolved phosphate) ได้จากกระบวนการทางเคมีที่ปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่ยึดกับดินมาสู่น้ำ ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.1-1,000 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร

ฟอสฟอรัสมีอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน ทั้งในรูปละลายน้ำ คอลลอยด์ และสารประกอบอินทรีย์ ส่วนใหญ่สาหร่ายจะดูดมาใช้ในรูปของฟอสฟอรัสอิออนที่ละลายน้ำ คือ HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$ และ Po_4^{3-}

ในการศึกษาสมัยใหม่ ได้ใช้ศัพท์เกี่ยวกับฟอสฟอรัส เช่น Soluble Reactive Phosphorus (SRP) ซึ่งหมายถึงฟอสฟอรัสที่สามารถดูดเอาไปใช้ได้ และเรียกปริมาณฟอสฟอรัสที่มีในน้ำทั้งหมดว่า total phosphorus (TP)

สาหร่ายหลายชนิดสามารถใช้สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัสได้ โดยการผลิตเอนไซม์ alkaline phosphatase ช่วยในการดึง SRP ออกมาใช้ จะมีการสร้างเอนไซม์ชนิดนี้เมื่อสภาวะแวดล้อมเริ่มมีความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตน้อย ในขณะเดียวกันถ้าน้ำมีพีเอช สูง หรือในสภาวะที่เป็นด่าง จะทำให้ฟอสเฟตยึดกับอนุภาคของดิน และโดยเฉพาะเมื่อดินมีปริมาณเหล็กและอะลูมิเนียมสูง จะทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของเกลือ และสาหร่ายไม่สามารถนำไปใช้ได้ อย่างไรก็ตาม สาหร่ายแต่ละชนิดขณะที่ทำการเพาะเลี้ยงจะมีความต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิด และสภาพแวดล้อม

3. ซิลิคอน (silicon, Si) แม้ว่าสาหร่ายส่วนใหญ่จะต้องการในปริมาณที่เล็กน้อย ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ในพวก crysophytes และไดอะตอมนั้น ซิลิคอนจะเป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ ถ้าขาดซิลิคอนสาหร่ายจะไม่แบ่งเซลล์ ในธรรมชาติ ซิลิคอนอยู่ในรูปของแข็ง หรือในรูปคอลลอยด์ ซิลิเกท ซึ่งได้มาจากดิน หรือกระบวนการย่อยสลายซากไดอะตอม การย่อยซากไดอะตอม จะทำให้ได้ soluble monomeric orthosilicate acid ($SiOH_4$) ซึ่งละลายน้ำและสาหร่ายนำไปใช้ได้ และสามารถทำการวัดได้โดยการเทียบสีกับสารละลายมาตรฐาน

มีการศึกษาจำนวนมากเกี่ยวกับไดอะตอมในด้านสัณฐานวิทยา และชีวเคมี พบว่าเมื่อไดอะตอมดูดซิลิคอนเข้าไป การสร้าง frustules ของไดอะตอมจะเกิดขึ้นทันที หลังจากการแบ่งนิวเคลียส และการแยกเซลล์ออกจากกัน และเป็นที่เด่นชัดว่า ขณะเพาะเลี้ยงไดอะตอมแบบ synchronized culture โดยให้ช่วงเวลาสว่างและมืดที่พอเหมาะ พบว่ามีการดูดซึมซิลิคอนในรูปกรดซิลิซิค (silicic acid) และมีการสร้างฝา (valve) อันใหม่โดยเซลล์ของไดอะตอมจะแบ่งตัวโดยการแบ่งนิวเคลียส และแบ่งไซโตพลาสซึมไปเรื่อย ๆ แล้วสะสมอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยง จึงสรุปได้ว่าซิลิคอนมีความสำคัญต่อการเจริญของไดอะตอมเป็นอย่างมาก

4. คาร์บอน (carbon, C) สาหร่ายใช้คาร์บอนซึ่งได้จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในอากาศ ที่ละลายอยู่ในน้ำในรูปของกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) และแตกตัวให้คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และ ไบคาร์บอเนตอิออน (HCO_3^-) คาร์บอนที่สาหร่ายตรึงไว้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจะมีปริมาณ 50-70 % ต่อน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้สาหร่ายบางชนิด เช่น *Senedesmus* และ *Chlorella* สามารถใช้สารประกอบอินทรีย์คาร์บอนเหล่านี้ ได้แก่ กรดอะซิติค แอลกอฮอล์ เปปโตนส์ และน้ำตาลบางชนิด

การวัดอัตราการเจริญของเซลล์สาหร่ายในอาหารเหลว

ต้องทำให้เซลล์เป็นเนื้อเดียวกับอาหาร (homogenous) และมีการผสมกันดี การเจริญสามารถวัดได้โดยตรงด้วยวิธีการนับจำนวนเซลล์ หรือจำนวนเซลล์ที่เพิ่มขึ้นโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ หรือโดยอ้อม เช่น วัดปริมาณโปรตีน, ไรโบนิวคลีอิกแอซิด (ribonucleic acid : RNA) และ ดีออกซิไรโบนิวคลีอิกแอซิด (deoxyribonucleic acid : DNA) ทั้งนี้ควรมีการศึกษาและเลือก**วิธีการที่เหมาะสมกับสาหร่ายแต่ละชนิด**

การเจริญเติบโตของเซลล์เพิ่มขึ้น (dx) ในรูปต่าง ๆ เช่น โปรตีน, รงควัตถุ, DNA และชีวมวล (biomass) จะเป็นสัดส่วนกับเซลล์เริ่มต้น (x) และช่วงเวลาที่ใช้การเพาะเลี้ยง (dt) **ความสัมพันธ์ระหว่าง ชีวมวล (biomass) กับเวลา เขียนสมการได้ดังนี้**

$$dx = \mu dt \quad \text{_____} \quad (1)$$

เมื่อ dx/dt คือ อัตราการเจริญ

μ คือ อัตราการเจริญจำเพาะซึ่งมีหน่วยเป็นเวลา

จากสมการที่ 1 สามารถแก้สมการ ($x = x_0$ ที่ t_0) ได้ผลลัพธ์ตามสมการดังนี้

$$x = x_0 e^{ut} \quad \text{_____} \quad (2)$$

ความสัมพันธ์ของการเจริญในระยะ exponential หรือ logarithmic phase จากสมการที่ 2 เมื่อแก้สมการได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$\ln x/x_0 = \mu t \quad \text{_____} \quad (3)$$

เมื่อ $x = 2x_0$

จะได้ว่า $\ln 2 = \mu t_2$ _____ (4)

และ $t_2 = \ln 2/\mu = 0.693/\mu$ _____ (5)

เมื่อ t_2 คือ เวลาการแบ่งเซลล์จาก 1 เป็น 2 เท่า (doubling time) ของชีวมวล

สมการที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญจำเพาะ กับ เวลาการแบ่งเซลล์จาก 1 เป็น 2 เท่า (doubling time)

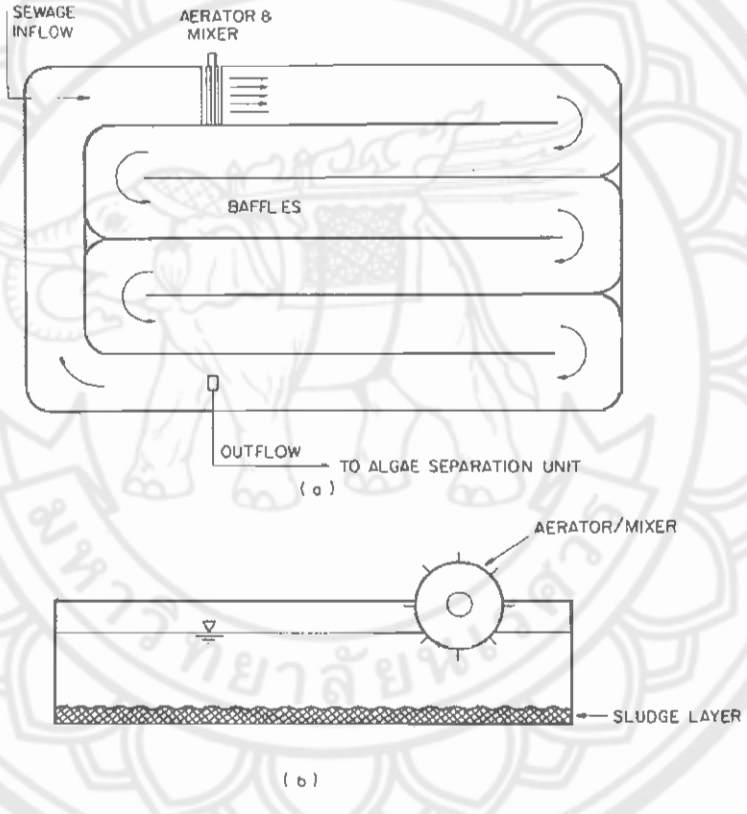
สมการที่ 1 ถึง 5 สามารถคาดคะเนอัตราการเจริญของสาหร่าย ในระบบสมดุลย์ซึ่งมีอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญคงที่ สมการดังกล่าวจะไม่คล้อยตามกันเมื่อการเจริญของเซลล์ในระยะ exponential เข้าสู่ stationary phase

ระบบเพาะเลี้ยงสาหร่าย High - Rate Algal Pond (HRAP) (Chongrak Polprasert, 1988)

ระบบ High-Rate Algal Pond (HRAP) คือระบบที่สามารถลดสารประกอบอินทรีย์ และธาตุอาหาร โดยการย่อยสลายของแบคทีเรีย และจะถูกนำไปใช้โดยสาหร่ายโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ระบบมีลักษณะดังภาพที่ 1 มีการติดตั้งใบพัดเพื่อใช้กวนเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำในระบบ ระบบมีความต้องการพื้นที่ต่อปริมาณของน้ำเสียมาก โดยที่มีลักษณะตื้นประมาณ 0.2 - 0.6 เมตร เพื่อให้แสงสามารถส่องได้ทั่วทั้งความลึก มีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างมากกว่า 2:1 การใช้งานสามารถใช้งานได้ทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ควรมีแสงสว่าง 12 ชั่วโมงต่อวัน ระบบสามารถรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในแต่ละวันได้ น้ำเสียหลังจากผ่านระบบแล้ว คาดว่าจะมี บีโอดี 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ดีโอ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียที่ได้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ นำไปใช้ในการเกษตร ใช้เป็นน้ำหล่อเย็นในอุตสาหกรรม

ข้อดีของระบบ HRAP

1. เหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนสารอินทรีย์สูง (ขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย) เช่น น้ำเสียจากฟาร์มสุกร
2. การดำเนินการไม่ยุ่งยาก
3. ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี
4. มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง
5. ได้ชีวมวลของสาหร่าย ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้



ภาพ 1 ระบบ High rate algae pond (a) ภาพด้านบน (b) ภาพตัด

ที่มา : Chongrak Polprasert,1988

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จงกล พรมยะ (2543) ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* (Nordstedt Geiteler) ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร เพาะเลี้ยงในน้ำเสียที่ความเข้มข้น 10%, 30%, และ 50% เป็นเวลา 30 วัน ศึกษาผลผลิตเบื้องต้น การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ และวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสาหร่าย พบว่าผลผลิตเบื้องต้นของสาหร่าย *Spirulina platensis* ในน้ำเสีย 10%, 30% และ 50% ได้ ชีวมวล 0.02 - 0.19, 0.02 - 0.22, และ 0.05 - 0.32 กรัมต่อลิตร (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ที่น้ำเสียความเข้มข้น 50% ให้ ชีวมวลมากที่สุด คุณภาพของน้ำเสีย 10%, 20% และ 50% ตลอดการเพาะเลี้ยงมีค่าตามลำดับดังนี้ บีโอดี 0.68 - 101.03, 1.76 – 10.50 และ 2.4 - 10.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอดี 110 – 1,074.00, 95.30 – 1,048.00 และ 137.00 – 1,943.00 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียไนโตรเจน 0.05 – 27.00, 0.07 – 71.10 และ 0.09 – 71.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท - ไนโตรเจน 0.01 – 0.74, 0.01 – 0.73 และ 0.06 – 1.51 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส 2.74 – 22.10, 10.50 – 26.67 และ 28.40 – 54.40 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าน้ำเสีย 10 % ซีโอดี, ฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส, แอมโมเนียไนโตรเจน และ ไนเตรท - ไนโตรเจน ลดลง 86.24%, 58.92%, 99.81% และ 93.33% ตามลำดับ น้ำเสีย 30% ซีโอดี, ฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส, แอมโมเนียไนโตรเจน และ ไนเตรท - ไนโตรเจน ลดลง 90.90%, 58.38%, 99.00% และ 52.94% ตามลำดับ และน้ำเสีย 50% ฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส และแอมโมเนียไนโตรเจน ลดลง 47.80% และ 99.87% แต่ค่า ซีโอดี และ ไนเตรท - ไนโตรเจน เพิ่มขึ้น 92.95% และ 200% ตามลำดับ คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *Spirulina platensis* พบว่าในน้ำเสีย 50% จะมีค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนและความชื้นมากกว่าในน้ำเสีย 10 และ 30% ขณะที่ไขมันในน้ำเสีย 50% มีมากกว่าในน้ำเสีย 10% แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในน้ำเสีย 50% จะน้อยกว่า 10% และ 30%

ประดิษฐา ชื่นจำรูญ (2547) ศึกษาการคัดแยกสาหร่ายจากคลองแม่ข่าเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โดยทำการคัดแยกสาหร่ายจากคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าสาหร่ายที่คัดแยกได้คือ *Phormidium* sp.1 นำสาหร่ายที่คัดแยกได้มาศึกษาปริมาณที่เหมาะสมที่ใช้ในการบำบัด พบว่าความหนาแน่นเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อน้ำเสีย 100 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดค่า ซีโอดี, บีโอดี โดยสามารถลดค่า ซีโอดี ได้ร้อยละ 73.16 จากค่า ซีโอดี เริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับการเพาะเลี้ยง *Phormidium* sp.1 แบบต่อเนื่องโดยใช้ปริมาณเซลล์สาหร่ายเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อ น้ำเสีย 100 มิลลิลิตร ใช้ระยะเวลากักเก็บ 3 วันอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบ194.4 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงเป็นระยะเวลา 9 วันพบว่าประสิทธิภาพในการลดค่า ซีโอดี เท่ากับร้อยละ 70.41 และทำการเลี้ยง *Phormidium* sp.1 ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเลี้ยงเซลล์

แบบต่อเนื่อง ค่า ซีโอดี เริ่มต้นที่ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 9 วัน สาหร่ายมีประสิทธิภาพในการลดค่า ซีโอดี, บีโอดี, TS, ไนเตรท, แอมโมเนีย และฟอสเฟต เท่ากับร้อยละ 76.34, 76.26, 39.17, 50.92, 44.47 และ 13.24 ตามลำดับ

ยุวดี พีรพรพิศาล (2548) ศึกษาความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* ระดับน่ำร่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อบำบัดแบบก๊าซชีวภาพของฟาร์มเลี้ยงสุกรโดยใช้สาหร่าย *Spirulina platensis* CMU1 และ CMU2 ที่คัดแยกจากบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองนครราชสีมาและสกลนครตามลำดับ ใช้น้ำเสียเจือจางจากบ่อปรับเสถียรภาพระบบก๊าซชีวภาพฟาร์มเลี้ยงสุกร เติมอนินทรียสาร คือ $NaHCO_3$ 8.5, $NaNO_3$ 1.5, K_2HPO_4 0.5 และปุ๋ย N:P:K = 16:16:16 0.6 กรัมต่อลิตร ใช้ปริมาตรในการเพาะเลี้ยง 7 ลิตร ในการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าสาหร่าย *S.platensis* CMU2 มีการเจริญเติบโตและให้น้ำหนักเซลล์สูงกว่า *S. Platensis* CMU1 และเจริญได้ดีที่สุดในน้ำเสียที่มีความเข้มข้น 3% และเติมอนินทรีย์สาร

วิโรจน์ น้อยมี และปฐม ชื่นบาล (2548) ได้ศึกษาการนำสาหร่ายมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อหมักแบบไร้ออกซิเจนของฟาร์มสุกร โดยคัดแยกสาหร่ายจากคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ คือ *Phormidium* sp. ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้สาหร่ายที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อน้ำเสีย 100 มิลลิลิตร ทำการศึกษาความเข้มข้นของน้ำเสียจากบ่อหมักฟาร์มสุกรที่เหมาะสม โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำเสียเริ่มต้น 6 ระดับ คือ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100% เป็นระยะเวลา 18 วัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเสียจาก บ่อหมักของฟาร์มสุกร 100% มีประสิทธิภาพในการลดค่า ซีโอดี และ บีโอดี สูงสุด ร้อยละ 82.29 และ 83.03 ตามลำดับ และทำการศึกษาระดับความลึกของน้ำเสียที่เหมาะสมในการใช้สาหร่ายบำบัด ที่ 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำเสีย 100% ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 18 วัน พบว่าที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพการลดค่า ซีโอดี และ บีโอดี สูงสุด ร้อยละ 77.08 และ 77.47 เมื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อหมักแบบไร้ออกซิเจนด้วยระบบบ่อสาหร่าย โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำเสีย 100% และ ความลึก 30 เซนติเมตร ระยะเวลาเก็บกัก 12 วัน พบว่าประสิทธิภาพในการลดค่า ซีโอดี, บีโอดี, ของแข็งทั้งหมด, ไนเตรท, แอมโมเนีย และฟอสเฟต ได้ร้อยละ 78.18, 78.86, 36.54, 46.39, 79.49 และ 48.08 ตามลำดับ

สุธิดา ชื่นเจริญ (2544) ศึกษาการใช้สาหร่าย *Spirulina* บำบัดน้ำทิ้งจากการหมักมูลสุกร ทำการศึกษาโดยใช้สาหร่าย *Spirulina* 2 สายพันธุ์ Sp5 และ Sp6 ทำการศึกษา 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย Sp5 และ Sp6 ในน้ำทิ้งจากการหมักมูลสุกรที่มีความแตกต่างของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของสาหร่าย ได้แก่ ความเข้มข้นของ

น้ำทิ้งจากการหมักมูลสุกร ส่วนผสมของอากาศที่ให้ และปริมาณสารเคมีที่เติมในน้ำเสีย โดยเพาะเลี้ยงสาหร่ายในหลอดทดลองขนาด 200 มิลิลิตร ในตู้เลี้ยงสาหร่ายแบบควบคุมอุณหภูมิ และความเข้มแสง คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายแต่ละสายพันธุ์ ขั้นตอนที่สอง ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย และประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของสาหร่าย โดยทำการทดลองเลี้ยงสาหร่ายในโหลแก้ว ความจุ 2,500 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง ความเข้มแสงประมาณ 5,000-6,000 ลักซ์ ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ วัดการเจริญของสาหร่ายและศึกษาคุณภาพน้ำทุก 2 วัน ระยะเวลา 14 วัน พบว่า สายพันธุ์ Sp5 สามารถสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่า สายพันธุ์ Sp6 โดยที่สาหร่ายสายพันธุ์ Sp6 ตายหมดในวันที่ 8 ของการทดลอง จากผลการทดลอง สาหร่ายสายพันธุ์ Sp5 มีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้น 208.4-214.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 867.3-1,105.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 14 และมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดระหว่าง 0.71-0.82 ต่อวัน แต่ยังเจริญเติบโตได้น้อยกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ ประสิทธิภาพของสาหร่าย Sp5 ในการลดค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในวันที่ 8 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 99.16% ประสิทธิภาพในการลดค่าฟอสเฟตทั้งหมด ในวันที่ 14 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 88.65% สำหรับค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ลดลงในช่วง 2 วันแรก โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 44.18% จากนั้นประสิทธิภาพการลดค่าไนเตรท-ไนโตรเจนจะลดลงตั้งแต่วันที่ 4 ถึงวันที่ 10 และประสิทธิภาพการลดค่าไนเตรท-ไนโตรเจนจะเพิ่มสูงขึ้นช่วงวันที่ 12 ถึงวันที่ 14 มีค่าเฉลี่ย 88.06% ส่วนค่า ซีโอดี พบว่าสาหร่ายทั้ง 2 สายพันธุ์ ไม่ได้ช่วยลดค่า ซีโอดี แต่ยังทำให้ค่า ซีโอดี มีปริมาณเพิ่มขึ้น 10-20%

อรุณวรรณ บุญก่อสร้าง (2529) ศึกษาความสามารถของสาหร่ายชนิดต่างๆ ในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน เพื่อเปรียบเทียบความสามารถ ในการกำจัดสารประกอบ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในน้ำทิ้งที่ผ่านการกำจัดขั้นที่สองของโรงกำจัดน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน เพื่อนำไปใช้กับระบบ Fixed Bed ต่อไป เปรียบเทียบความสามารถของสาหร่ายชนิดต่างๆ ได้แก่ *Uronema* sp. 80, *Ulothrix* sp. 81, *Chlorella* sp. K3 และ *Spirulina* sp. SP-1 ในการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการกำจัดขั้นที่สองแล้ว โดยการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในระบบเบ็ดเสร็จในห้องทดลอง พบว่า ภายหลังการเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้ 5 วัน *Ulothrix* sp. 81, *Uronema* sp. 80 และ *Chlorella* sp. K3 มีค่าเฉลี่ยของอัตราการกำจัดฟอสฟอรัสได้ 0.78 0.94 และ 1.08 กรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อวัน ตามลำดับและมีค่าเฉลี่ยของอัตราการผลิตตะกอน 0.75, 0.95 และ 0.90 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน (หน่วยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ สำหรับ *Spirulina* sp. SP-1 พบว่าไม่มีการเจริญเติบโตตลอดการทดลอง

Banat, *et al* (1989) ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียและการผลิตสาหร่ายภายใต้สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ในการบำบัดน้ำเสียของ High-Rate Ponds จะทำการปรับเปลี่ยนความลึกของน้ำ ปริมาณสารอินทรีย์และระยะเวลากักเก็บน้ำ ทำการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ประสิทธิภาพของระบบ สามารถกำจัดสารประกอบอินทรีย์จากน้ำเสียชุมชนสามารถลด บีโอดีได้มากกว่า 95%, ซีโอดี 85%, แอมโมเนีย 90 % สามารถผลิตสาหร่ายได้ 150 – 300 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อวัน ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้

Bashan, *et al* (2001) ศึกษาการกำจัดแอมโมเนียไอออนและฟอสฟอรัสไอออนจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ *Chlorella Valgaris* ที่ถูกตรึงในเม็ดอัลจิเนทร่วมกับแบคทีเรีย *Azospirillum brasilense* พบว่าในการเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะกึ่งต่อเนื่องประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียและฟอสฟอรัสไอออนสามารถลดได้ถึง 93% และ 75%ตามลำดับซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการใช้สาหร่ายเพียงอย่างเดียวซึ่งสามารถลดแอมโมเนียได้เพียง 53% และไม่สามารถลดฟอสฟอรัสได้ โดยที่ในการทดลองแบบต่อเนื่องหรือแบบแบทช์ก็ได้ผลที่เหมือนกัน แต่ประสิทธิภาพยังต่ำกว่าการเพาะในสภาวะแบบกึ่งต่อเนื่อง

Cañizares-Villanueva, *et al* (1993) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ผ่านการหมักแบบไม่ใช้อากาศ โดยศึกษาความสามารถในการนำสาหร่าย *Phormidium* sp. มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียขั้นที่สาม ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารซึ่งเป็นของเสียจากฟาร์มสุกรที่ผ่านการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศในถังปฏิกิริยาทรงกระบอกและถังปฏิกิริยาแบบ Carrousel ทำการวัดการเจริญเติบโต, วัดประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสรวม, ออโธฟอสเฟส, ไนเตรท และแอมโมเนียทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียจากระบบบำบัดขั้นที่สองเจือจาง 50 – 10% ทดสอบและเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Dauta ซึ่งเป็นชุดควบคุมผลการทดลองของการเจือจาง 25% ในขวดทรงกระบอกที่แบ่งเป็น 21 ระดับ พบว่าสามารถกำจัดออโธฟอสเฟตได้ 100% ไนเตรท 87% ฟอสฟอรัสรวม 63% และแอมโมเนียมไอออน 48% ผลการกำจัดในถังปฏิกิริยาแบบ Carrousel พบว่าสามารถกำจัดออโธฟอสเฟตได้ 48% ไนเตรท 30% ฟอสฟอรัสรวม 63% และแอมโมเนียมไอออน 100% การกำจัดในถังปฏิกิริยาทั้งสองแบบมค่าสูงกว่า ในอาหารสเพาะเลี้ยง Dauta ปริมาณการกำจัดแอมโมเนียมรวมของ *Phormidium* ที่การเจือจาง 25% เท่ากับ 7.65 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน ในขวดแก้วทรงกระบอกและเท่ากับ 19.93 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน ในถังปฏิกิริยาแบบ Carrousel

Gantar, Obreht and Dalmacija (1990) ศึกษาการกำจัดสารอาหารของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Spirulina platensis* และสาหร่ายสีเขียว *Scenedesmus guadricauda* ในน้ำเสีย

จากฟาร์มสุกร ทำศึกษาแบบ batch culture ในขณะเดียวกันก็ศึกษาผลที่ได้จากสาหร่ายชนิดอื่นๆ ที่เจริญเติบโตขึ้นมาด้วย น้ำเสียจากฟาร์มจะนำมาเจือจางที่ 10% 20% 30% 40% และ 50% กรณีการใช้ *S. platensis* มีการเติม $NaHCO_3$ 1% ในน้ำเสียที่เจือจางแล้ว (น้ำเสียที่ยังไม่ได้เจือจาง จะมีค่าไนโตรเจนรวม 4,745 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส 17.0มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียไนโตรเจน 4,650 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าซองแข็งรวม 2.1 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นในทุกการทดลอง จะขึ้นกับระยะเวลาการเพาะและการเจือจางน้ำเสีย ในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ จะมีความสามารถในการใช้สารอาหารได้ดี และทำให้สาหร่ายขยายพันธุ์ได้ดี โดยเฉพาะสาหร่ายที่ขยายพันธุ์ได้ ในน้ำเสียที่มีการเจือจาง 50% พบว่า สาหร่าย *S. plantesis* ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตโดยสาหร่ายสายพันธุ์ที่อื่น ในวันที่ 11 หลังการเพาะ การขยายพันธุ์ของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวจะเติบโตช้าเมื่อเทียบกับสาหร่ายสีเขียว สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อมีการเติม $NaHCO_3$ ในการเจือจาง จะเป็นการเติมสารที่สร้างสภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดสาหร่าย สาหร่ายสายพันธุ์ที่มีความเด่น คือ สาหร่ายเซลล์เดียว *Chlorella*

González, *et al* (1997) ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากถังตกตะกอนขั้นที่สองของการบำบัดแบบชีวภาพ จากโรงงานผลิตภัณฑ์นมและฟาร์มสุกร ซึ่งเป็นน้ำเสียอุตสาหกรรมทางการเกษตร โดยใช้สาหร่าย *Chlorella vulgaris* และ *Senedesmus dimorphus* ที่ทำการคัดแยกจากบ่อปรับเสถียรในบริเวณ Santafé de Bogotá ประเทศโคลัมเบีย มาทำการเพาะเลี้ยงแบบแบทช์ภายในถังปฏิกิริยาทรงกระบอกขนาด 4 ลิตร ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายประมาณ 2 ลิตร และถังปฏิกิริยาทรงสามเหลี่ยม ขนาด 50 ลิตร ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายประมาณ 30 ลิตร ทำการทดลอง 3 การทดลองเป็นเวลา 216 ชั่วโมง ทั้งสองสายพันธุ์ ในทุกถังปฏิกรณ์ พบในถังปฏิกิริยาทรงกระบอก *S. dimorphus* มีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียสูงกว่า *C. vulgaris* แต่ประสิทธิภาพโดยรวม ในตอนท้ายของการทดลองพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ในถังปฏิกิริยาทรงกระบอก พบว่าสาหร่ายทั้งสองชนิดสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้ในปริมาณใกล้เคียงกัน ประมาณ 50% การใช้ *C. vulgaris* ในถังปฏิกิริยาทรงสามเหลี่ยม พบว่าสามารถกำจัดแอมโมเนียได้มากกว่า และถ้าใช้ในถังทรงกระบอกจะกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีกว่าถังปฏิกิริยาทรงสามเหลี่ยมซึ่งพบว่าไม่มีการกำจัดฟอสฟอรัสเลย

Jiménez-Pérez, *et al* (2003) ศึกษาการเจริญเติบโตและการกำจัดสารอาหารของสาหร่ายสีเขียวที่ทำการคัดแยกจากน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ในสภาวะอิสระและในสภาวะที่ถูกตรึงทำการคัดแยกสาหร่ายสีเขียว 2 สายพันธุ์ คือ *Scenedesmus intermedius* chod. และ *Nannochloris* sp.จากน้ำทิ้งฟาร์มสุกร แหล่งกำเนิดต่างกัน ทำการทดลองโดยสร้างสภาวะอิสระและตรึง ทำการ

ทดลอง 3 ครั้ง ในแต่ละสายพันธุ์ สาหร่ายในสภาวะที่ถูกตรึงจะถูกตรึงในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนจ (Calcium alginate beads) พบว่าอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัส และไนโตรเจนของ *S. intermedius* มีค่า 0.014 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อชั่วโมง และ 0.022 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อชั่วโมง ในสภาวะอิสระ และ 0.012 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อชั่วโมง และ 0.009 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อชั่วโมง ในสภาวะที่ถูกตรึง และอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสและไนโตรเจนของ *Nannochloris* sp. มีค่า 0.006 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อชั่วโมง และ 0.011 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อชั่วโมง ในสภาวะอิสระ และมีค่า 0.009 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อชั่วโมง และ 0.006 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อชั่วโมง ในสภาวะที่ถูกตรึง อัตราการกำจัดฟอสฟอรัส และไนโตรเจนจากสายพันธุ์ที่คัดจากน้ำทิ้งฟาร์มสุกรนี้ พบว่ามีอัตราการกำจัดสูงกว่าสายพันธุ์ในการค้า เนื่องจากสามารถสร้างตัวและปรับตัวให้เข้ากับสภาพที่มีความเข้มข้นของสารอาหารสูงได้ การใช้สายพันธุ์ที่มีอยู่ในของเสียอยู่แล้วมาบำบัดน้ำเสียอาจเป็นวิธีที่ง่ายในการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหารได้ดีขึ้น

Lau, *et al* (1994) ศึกษาผลของปริมาณสาหร่ายเริ่มต้นในการเพาะเลี้ยงและความสามารถของสาหร่ายต่อการบำบัด และศึกษาการลดลงของปริมาณสารอาหารในน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการตกตะกอนขั้นแรก ทำการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องในระดับปฏิบัติการ (lab scale) โดยนำสาหร่าย *Chlorella vulgaris* มาเพาะเลี้ยงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ 4 ชุด คือ superconcentrated ($1x10^7$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) concentrated ($5x10^6$เซลล์ต่อมิลลิลิตร) medium ($1x10^6$เซลล์ต่อมิลลิลิตร) และ low ($5x10^5$เซลล์ต่อมิลลิลิตร) นำมาเพาะในน้ำเสียที่ต้องการบำบัด จำนวนเซลล์และปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เกิดขึ้นในทุกการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอในสัปดาห์แรกและมีอัตราการเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน ในช่วงการทดลอง พบว่า ไม่เกิดปัญหาปริมาณเซลล์หนาทึบจนเกิดการบดบังแสง (self-shading) เนื่องจากมีการกวนผสมที่ดี ยกเว้นใน superconcentrated เมื่อทดลองจนกระทั่งผ่านไป 10 วัน พบว่า มีการกำจัดแอมโมเนียมในน้ำเสียมากกว่า 90% และมีการกำจัดฟอสเฟตมากกว่า 80% ทุกชุดการทดลอง ยกเว้นชุด low ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียม ฟอสเฟต ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสรวม ที่เหลือในน้ำเสียมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับจำนวนเซลล์และปริมาณคลอโรฟิลล์ จากการทดลองเห็นว่าประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดพิษทางน้ำด้วยระบบการใช้สาหร่ายมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปฏิกิริยาทาง เคมีกายภาพ และการเติบโตของเซลล์ *Chlorella* ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณสาหร่ายเริ่มต้นที่ใช้เพาะ ในระบบที่ใช้สาหร่ายเข้มข้นระดับ superconcentrated มีประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหารได้ดีที่สุดในช่วง 7 วันแทนที่จะเป็น 10 วัน ขณะเดียวกันการลดลงของ ซีโอดี (>50%) และไนโตรเจนอินทรีย์รวม (>60%) ที่เกิดขึ้น พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับ

จำนวนเซลล์สาหร่ายและปริมาณคลอโรฟิลล์ ซึ่งประสิทธิภาพในชุดควบคุม (ชุดที่ไม่มีเซลล์สาหร่าย) มีค่าใกล้เคียงกับชุดอื่น ๆ แสดงว่า การกำจัด ซีโอดี และ อินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดส่วนใหญ่เกิดจากแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในน้ำเสีย ภายใต้ระบบเปิด พบว่าปฏิกิริยาระหว่างเซลล์สาหร่ายกับแบคทีเรียมีนัยสำคัญต่อการกระตุ้นการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และสารอินทรีย์อื่น ๆ ในน้ำเสียชุมชนให้เพิ่มขึ้นได้

NoÜe and Bassères (1988) ศึกษาการบำบัดของเสียจากฟาร์มสุกรที่ย่อยสลายแบบไร้อากาศทางชีวภาพ โดยการใช้สาหร่าย สาหร่ายที่นำมาใช้มี 3 ชนิด ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว 2 สายพันธุ์คือ *Chlorella* sp.และ *Scenedesmus obliquus* และ Cyanobacterium ,*Phormidium bohneri* เพื่อใช้ในการกำจัดไนโตรเจนอนินทรีย์ และออโธฟอสเฟต และผลิตชีวมวลจากของเสียที่ย่อยสลายแบบไร้อากาศ ซึ่งนำมาจากถังย่อยของฟาร์มในปริมาณ 3 ลูกบาศก์เมตร น้ำเสียที่นำมาบำบัดมีลักษณะดังนี้ ซีโอดี 7.7 กรัมต่อลิตร, แอมโมเนียม - ไนโตรเจน 3.3 กรัมต่อลิตร, ฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส 0.3 กรัมต่อลิตร และพีเอชมีค่า 8.0 เจือจางด้วยน้ำกลั่นเพื่อให้ได้ความเข้มข้นสุดท้าย 0.6-3.0% ในการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องจะใส่น้ำเสียในขวดแก้วขนาด 1 ลิตร มีระยะเวลาเก็บกัก 12 วัน ที่ความเข้มแสง 228 ไมโครไอน์สไตน์ต่อตารางเมตรต่อวินาที (สว่าง:มืด, 12:12) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และ 20 องศาเซลเซียส เริ่มเพาะสาหร่ายที่ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการทดลองแบบกึ่งต่อเนื่องใช้สาหร่าย *Phormidium bohneri* ในการทดลอง (ของเสีย 1.0%, อัตราการเจือจาง 50% ต่อ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ระยะเวลาเก็บกัก 14 วัน) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในการผลิตชีวะมวลให้ผลดีในทุกสายพันธุ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (มากกว่า 500-750 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อลิตร หลังจาก 12 วัน) โดยมีค่าเฉลี่ยแต่ละสายพันธุ์คือ *Phormidium bohneri* 31 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน, *Chlorella* sp. 37 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน, และ *Scenedesmus obliquus* 53 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน การกำจัดแอมโมเนียม - ไนโตรเจนเกิดขึ้นในทุกสายพันธุ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (ของเสีย 2.0%) ภายในเวลา 12 วัน ให้ค่าการกำจัด ฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส มากกว่า 90% และการกำจัด ซีโอดี 60-90 % ขึ้นกับชนิดของสายพันธุ์ ภายใต้สภาวะธรรมชาติตัวเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการบำบัดแบบไม่ต่อเนื่อง คือ *Chlorella* sp. และในระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง *Phormidium bohneri* จะสะดวกในการเก็บเกี่ยวและมีอัตราการบำบัดสารอาหารใกล้เคียงกับการใช้สาหร่าย *Chlorella* sp. (ในการทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียเริ่มต้นเท่ากัน ซึ่งมีค่าดังนี้ อัตราการกำจัด แอมโมเนียมไนโตรเจน 10.4 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อวัน และอัตราการกำจัด ฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส 0.6 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อวัน

Pouliot, *et al* (1988) ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว เพื่อบำบัดน้ำเสียขั้นที่สามและผลิตชีวมวลของสาหร่ายในระดับห้องปฏิบัติการ โดยศึกษาผลของการเติมอากาศและการกวนผสมที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพของการบำบัด ผลการทดลองเห็นได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดต่อประสิทธิภาพการบำบัดและอัตราการเติบโต คือสภาวะที่มีการเติมอากาศ 14/24 ชั่วโมง ซึ่งทำให้มีอัตราการกำจัดแอมโมเนีย 95% และมีการกำจัดฟอสเฟต 62% (ในการบำบัดต่อวัน) มีอัตราการเติบโต 0.34 ต่อวัน และการใช้แท่งกวนในการกวนผสมไม่มีความเหมาะสมต่อระบบที่มีสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวแบบเส้นสาย (filamentous cyanobacteria)

Tam and Wong (1988) ศึกษาการกำจัดสารอาหารในน้ำเสียโดยใช้ *Chlorella pyrenoidosa* และ *Scenedesmus* sp. โดยนำมาเพาะเลี้ยงในน้ำเสียที่ผ่านการตกตะกอน โดยเติมสาหร่ายเริ่มต้นที่ปริมาณต่างกัน และมีวัตถุประสงค์เพื่อลดภาระบรรทุกสารอาหารจากน้ำเสีย อัตราการเติบโตของสาหร่ายจะมีค่าสูงเมื่อมีปริมาณสาหร่ายเริ่มต้นสูง และเซลล์สาหร่ายจะมีการเติบโตในน้ำเสียที่ตกตะกอนได้ดีกว่าน้ำเสียที่ผ่านการกระตุ้น ในขณะที่สาหร่ายเริ่มเติบโตและขยายพันธุ์ ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสีย ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อัตราการกำจัดจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์แรกของการเติบโต ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะลดลงมากกว่า 2/3 ของปริมาณที่มีในน้ำเสียเดิม หลังจากช่วงแรกอัตราการกำจัดจะช้าลง และในตอนท้ายของการทดลองพบว่า ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรวมอนินทรีย์ในน้ำเสียที่ตกตะกอนแล้วมีค่าลดลงมากกว่า 80% แต่มีอัตราการลดลงต่ำกว่าในน้ำเสียที่มีการกระตุ้น โดยปกติเมื่อเริ่มต้นเพาะด้วยสาหร่ายปริมาณมาก ย่อมทำให้เกิดการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้มากกว่าเมื่อเริ่มเพาะด้วยสาหร่ายปริมาณน้อย และพบว่าสาหร่าย *Chlorella pyrenoidosa* จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดดีกว่า *Scenedesmus* sp.

Voltolina, *et al* (2004) ศึกษาการกำจัดและการหมุนเวียนไนโตรเจนโดยสาหร่าย *Scenedesmus obliguus* ในการเพาะเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการเจือจาง 30% และ 40% ภายใต้การส่องสว่างสลับมืด: สว่าง เท่ากับ 14: 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25.5°C ขณะมีแสงสว่าง และ 17°C ขณะมืด ที่น้ำเสียเจือจาง 30% ได้ชีวมวล 39.3 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีโปรตีนเซลล์เดี่ยว 24.9 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน ที่น้ำเสียเจือจาง 40% ได้ชีวมวล 25.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีโปรตีนเซลล์เดี่ยว 16.7 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน การกำจัดไนโตรเจนจะเกิดสูงสุดขณะมีแสงโดยใน 24 ชั่วโมง พบว่ามีการกำจัดอนินทรีย์ไนโตรเจน จากน้ำเสียสังเคราะห์ 30% และ 40% มีค่า 9.27 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 8.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ไนโตรเจนที่กำจัดได้ 43.7% จะ

ถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปโปรตีนและสารอินทรีย์ในเซลล์แต่ประสิทธิภาพนี้จะลดลงเหลือ 26.4% ในน้ำเสียเจือจาง 40%

Wilkie and Mulbry (2001) ศึกษาการหมุนเวียนสารอาหารจากของเสียจากผลิตภัณฑ์นม กลับมาใช้โดยสาหร่ายน้ำจืด ทำการศึกษาโดยใช้ถังปฏิกิริยาในการเพาะสาหร่ายน้ำจืด เดินระบบแบบกึ่งไม่ต่อเนื่องโดยมีการหมุนเวียนน้ำเสียแบบต่อเนื่องและมีการเติมของเสียจากสัตว์ทุกวัน ผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อใช้อัตราภาระไนโตรเจน (TN) 0.64-1.03 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน พบว่ามีผลผลิตสาหร่ายแห้ง 5.30-5.5 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน โดยสาหร่ายมีองค์ประกอบของฟอสฟอรัส 1.5-2.1 % ฟอสฟอรัส และมีองค์ประกอบของไนโตรเจน 4.9-7.1%ไนโตรเจน เมื่อใช้อัตราภาวะไนโตรเจน 1.03 กรัมต่อตารางเมตร พบว่าชีวมวลของสาหร่ายมีองค์ประกอบไนโตรเจน 7.1 % ไนโตรเจน ขณะที่อัตราภาระที่ 0.64 กรัมต่อตารางเมตร มีองค์ประกอบไนโตรเจนเพียง 4.9 %ไนโตรเจน ในกรณีที่ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด พบว่าชีวมวลของสาหร่ายมีองค์ประกอบโปรตีน 44 % เทียบกับโปรตีนในข้าวโพดซึ่งมีค่า 7 % เมื่อพิจารณา น้ำหนักแห้งสาหร่ายพบว่าสาหร่ายมีผลผลิต 5.5 กรัมต่อตารางเมตร เทียบเป็นอัตราการจับใช้ไนโตรเจนต่อปีเท่ากับ 1,430 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการหมุนเวียนปลูกข้าวโพดและข้าวไรน์ พบว่า อัตราการผลิตสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตแบบยึดเกาะจะต้องการพื้นที่ 26% ของพื้นที่ที่ต้องการสำหรับอัตราการใช้ไนโตรเจนสมดุลและต้องการพื้นที่ 23% ของพื้นที่ที่ต้องการสำหรับอัตราการใช้ฟอสฟอรัสสมมูล