

การเสื่อมสลายของโบราณสถานโดยทางชีวภาพ*

Biodeterioration of the Ancient Structure

อักษร ศรีปลั่ง**

Aksorn Sripleng

ABSTRACT

A survey of the condition of ancient monuments in Sukhotai Historical Park which was the center of valuable historical sites. Selected sampling sites were Wat Mahathat and Wat Sri Chum. Results of investigation indicate that algae, bacteria and fungi were present in large quantity in almost all samples. All of the monuments were composed of brick, laterite, stucco and soil. The number of bacteria were present in highest amount. The algae were lesser than bacteria and fungi were present in small quantity.

Most of algae found on Sukhothai's monuments are blue-green algae which are closely relation to bacteria and fungi. Some algae are closely associated with some fungi and a new type of plant-lichen-is formed. Most of the lichens found on Sukhothai's monuments are crustose lichen. The Number of lichens is relatively high on the walls and stupas especially those monuments which are at the North. Lichens always completely fill the pores of porous building materials of the laterite structures. Another plants on the monuments and stupas are Bryophyte which include moss and liverwort. Ferns, grasses and dicotyledonous plants are found at various places on the Sukhothai's monuments.

The presence of various types of micro-organisms and higher vegetation, therefore the Buddha images are green colour the stucco and the stupa are dark green or nearly black and some places are dark brown by some kinds of algae. The sulphur-cycle bacteria cause black stain on building materials Lichen and fungi excrete some organic acids which react further with building materials. This is promotive of the disintegration of building materials. The deterioration process of the building materials develop further by soil formation or windborne dust has accumulated on the building material, mosses, ferns, grass and higher plants start to grow and the roots insert themselves into the pores, the pressure occurred and destructive the bricks and laterites which are 700 years old then these building materials are cracked and ruin later.

คำนำ

ความสำคัญของสุโขทัยในแง่ของประวัติศาสตร์นั้นมีมานานมากกว่า 700 ปี ความเจริญรุ่งเรืองของสุโขทัยในอดีตบัดนี้ได้เหลือแต่เพียง

ซากปรักหักพังอยู่ในปัจจุบันเท่านั้น กรมศิลปากรจึงมีนโยบายที่จะพัฒนาบริเวณโบราณสถานต่างๆของสุโขทัยเมืองเก่าให้เป็นอุทยานประวัติศาสตร์ของชาติขึ้นเพื่อสงวนรักษา อนุรักษ์และซ่อมแซมมรดกทางศิลปวัฒนธรรมสืบ

* เสนอต่อที่ประชุมทางวิชาการ ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 19 (สาขาพืช) ระหว่างวันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2524

** รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาชีววิทยา สาขาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่อไป ดังนั้น จึงเกิดโครงการอุทยานแห่งประวัติศาสตร์ขึ้น โครงการนี้ประกอบด้วยโครงการย่อยๆ อีกหลายโครงการ การสงวนรักษาและซ่อมแซมโบราณสถานด้วยกรรมวิธีวิทยาศาสตร์ เป็นโครงการย่อยโครงการหนึ่งของโครงการอุทยานแห่งประวัติศาสตร์

กรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย เคมี ฟิสิกส์ และชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับเชิญจากกรมศิลปากรให้ทำการสำรวจในด้านชีววิทยา ดังนี้

รองศาสตราจารย์อักษร ศรีปลั่ง ดำรงทาง สาหร่าย

อาจารย์พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์ ดำรงทาง เซอรา

อาจารย์ นาวารณ นพรัตน์ ดำรงทาง แบคทีเรีย

ในการเสนอเรื่องเข้าประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 19 นี้ จะเสนอแต่ผลงานทางด้านสาหร่ายเท่านั้น

เนื่องจากบริเวณของโบราณสถานมีจำนวนมากมาย ระยะเวลาทำการสำรวจอันสั้นและมีอุปสรรคในการทำงาน คือ น้ำท่วมทาง จึงเป็นสาเหตุให้ทำการสำรวจได้ไม่ทั่วถึง ดังนั้น กลุ่มผู้สำรวจจึงได้ตกลงเลือก โบราณสถานที่สำคัญเป็นตัวอย่างของการสำรวจดังนี้

1. กลุ่มโบราณสถานในเขตกำแพงเมืองได้แก่ วัดมหาธาตุและวัดศรีสุว

2. กลุ่มโบราณสถานนอกเขตกำแพงเมืองด้านทิศเหนือได้แก่ วัดศรีชุม และวัดพระพายหลวง

3. กลุ่มโบราณสถานนอกเขตกำแพงเมืองด้านทิศตะวันออกได้แก่ วัดช้างล้อม

4. กลุ่มโบราณสถานนอกเขตกำแพงเมืองด้านทิศใต้ได้แก่ วัดเชตุพน

ทั้งหมดนี้ได้แสดงแผนผังไว้ในภาพที่ 1

จากการทำวิจัยร่วมกับกรมศิลปากรนี้ นับได้ว่าเป็นก้าวแรกของงานทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ร่วมกับทางด้านโบราณสถาน ซึ่งนอกเหนือจาก

ทางด้านชีววิทยาแล้วยังมีทางด้านเคมีและฟิสิกส์อีกด้วยที่จะร่วมงานกัน เพื่อเหตุผลร่วมกันคือทำอย่างไรจึงจะสงวนรักษาซ่อมแซมบูรณะรักษาโบราณสถานซึ่งเป็นประวัติศาสตร์ของประเทศไทยให้เป็นไปด้วยดี ดังนั้น จะเห็นได้ว่างานในทุกด้านทุกสาขาสามารถนำมาใช้ร่วมกันได้เป็นอย่างดี

การตรวจเอกสาร

สาหร่าย เป็นพืชที่ไม่มีราก ลำต้น และใบที่แท้จริง ส่วนใหญ่จะมีคลอโรฟิลล์อยู่ในเซลล์ ด้วยเหตุนี้จึงมีชีวิตแบบ autotrophic พวกที่ไม่มีคลอโรฟิลล์น้อย จะมีชีวิตแบบ heterotrophic ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสภาพและสิ่งแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ (Smith, 1950) เซลล์ของสาหร่ายถึงแม้จะคล้ายคลึงกับเซลล์ของพืชชั้นสูงก็ตาม แต่สาหร่ายยังไม่มีเนื้อเยื่อที่แท้จริง อวัยวะสืบพันธุ์ ยังประกอบด้วยเซลล์เดียว ไม่มีเซลล์อื่นๆ ห่อหุ้ม ยกเว้นในกลุ่มพวก Characeae สาหร่ายยังไม่มีระบบวาสคิวลาร์ (vascular system) สาหร่ายเจริญเติบโตได้ในสถานที่ต่างๆ เช่น ในน้ำ ดิน ทราย ก้อนหิน ท่อนไม้ กำแพงและอิฐหินๆ (Scargel) บางชนิดก็มีชีวิตอยู่ร่วมกับราก่อให้เกิดเป็นพืชก่อชนิดหนึ่ง ได้แก่ ไลเคน บั๊กจี้ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายก็ได้ แก่สิ่งแวดล้อมทั้งหลาย เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิ องค์ประกอบของสารเคมี และ pH ของสถานที่ซึ่งเป็นที่อยู่ของสาหร่ายนั้นๆ จะเห็นได้ว่าบั๊กจี้เหล่านี้ก็คล้ายคลึงกับบั๊กจี้ที่ส่งผลต่อพืชชั้นสูง แกละเข็มและแมงกานีสเข็มเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะก่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ ในการสังเคราะห์แสง สาหร่ายบางชนิดก็ต้องการเหล็กบ้างเล็กน้อยโดยเฉพาะ Fe_2O_3 แต่ถ้ามากเกินไปก็จะเป็นพิษได้ (Smith)

สาหร่ายบางชนิดจะเติบโตได้ดีเมื่อได้ไนโตรเจนจากไนเตรท ไนไตรท์ หรือสารประกอบแอมโมเนียม แต่ก็มีสาหร่ายบางชนิดที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศได้เช่นเดียวกับแบคทีเรียพวกไรโซเบียม (Smith)

สารประกอบอินทรีย์ (organic compound) นั้นสาหร่ายจะได้มาจากการนำเปื่อย
ผุพังของแบคทีเรียและรา รวมทั้งวิตามินซึ่งได้
จากแบคทีเรีย แร่ธาตุและสารประกอบต่างๆ
อาจมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อสาหร่ายชนิดหนึ่ง
ก็ได้ แต่อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตและการ
สืบพันธุ์ของสาหร่ายจะขาดธาตุเหล่านี้ไม่ได้เลย
(Fritsch)

เซลล์ของสาหร่ายก็เช่นเดียวกับเซลล์ของพืช
ทั่วไป คือ ประกอบด้วยผนังเซลล์และโปรโต-
พลาสซึม นิวเคลียสของสาหร่ายทุกชนิดเป็นแบบ
eukaryotic ยกเว้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
ซึ่งมีนิวเคลียสแบบ prokaryotic สัตว์มีอยู่ใน
เซลล์แล้วแต่ชนิดของสาหร่าย แต่ส่วนใหญ่จะ
ได้แก่ กลอโรฟิลล์ สาหร่ายสีเขียวจะมีสีของ
กลอโรฟิลล์ เอและบี แคโรทีนอยด์ซึ่งประกอบ
ด้วยแคโรทีนและแซนโทฟิลล์ สาหร่ายสีเขียวแกม
น้ำเงิน (blue-green algae) มีรงควัตถุที่แตก
ต่างจากสาหร่ายสีเขียว คือ มีแต่เฉพาะกลอโรฟิลล์
เอเท่านั้น ไม่มีกลอโรฟิลล์ บี แคโรทีนอยด์
ไฟโคไซยานิน (phycocyanin) และไฟโค-
อีริทริน (phycoerythrin) โปรโตพลาสต์แบ่ง
ออกเป็น chromatoplasm และ centroplasm
(Desikachary) ผนังเซลล์นอกจากจะมีเซลล์ลูโลส
เป็นผนังชั้นในแล้วยังมีเจลาตินเป็นชั้นที่หนาอยู่
ด้านนอกด้วย บางชนิดจะมีสารเมือกหนายื่น
นอกเซลล์ สารเมือกจะเป็นที่เก็บน้ำเพื่อประ-
โยชน์ในขณะที่สาหร่ายพวกนี้อยู่ในที่แห้ง ใน
บางชนิดก็มีสารเมือกในแต่ละเซลล์ก็ได้ (Desi-
kachary) ลักษณะพิเศษของสาหร่ายสีเขียวแกม
น้ำเงินอีกประการหนึ่งที่สาหร่ายชนิดอื่นๆ ไม่มี
นั่นก็คือ โครงสร้างที่เรียกว่า heterocyst มักจะ
มีในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีรูปร่างเป็นสาย
และได้พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มี
heterocyst จะสามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศ
ได้ (Smith)

ทั้งสาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีเขียวแกม
น้ำเงิน จะมีการสืบพันธุ์โดยการแบ่งเซลล์เป็น

ส่วนใหญ่ ถ้าเป็นเซลล์เดี่ยวๆ ก็จะแบ่งเซลล์
จาก 1 เซลล์เป็น 2 และ 4 เซลล์เรื่อยไป ถ้าเป็นพวก
ที่มีรูปร่างเป็นสาย ก็จะใช้วิธี fragmentation
คือสายเซลล์ขาดออกเป็นท่อนๆ แล้วแต่ละท่อนก็
สามารถเติบโตเป็นสายเซลล์ใหม่ต่อไปได้ (Scar-
gel) แต่ถ้าสภาวะแวดล้อมที่สาหร่ายอาศัยอยู่ไม่
เหมาะสม สาหร่ายก็จะสร้างสปอร์ (spore) ขึ้น
มา โดยเซลล์ภายในสายเซลล์นั้นจะขยายตัวมีขนาด
ใหญ่กว่าเซลล์ธรรมดา พร้อมทั้งมีผนังหนา ภาย
ในเซลล์นั้นก็มีอาหารเก็บอยู่มาก กลายเป็นสปอร์
ซึ่งจะมีชีวิตอยู่ได้นาน จนกว่าสภาพแวดล้อมจะ
เหมาะสม จึงจะเปลี่ยนแปลงเป็น endospore
แล้วงอกเป็นสายเซลล์ใหม่ได้ สปอร์นั้นจะมีชีวิตอยู่
ได้หลายปี (Smith)

ไลเคน เป็นพืชชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการ
อยู่ร่วมกันแบบ symbiosis ของสาหร่ายและรา
ไลเคนสามารถทนต่อความแห้งแล้งหรือความ
ชุ่มชื้นได้เป็นอย่างดี ไลเคนมีความสามารถคล้าย
รา คือสามารถสืบสารบางชนิดพวกกรดออกมา
ทำให้พื้นที่เป็นอิฐและหินที่มันชื้นอยู่นั้นผุกร่อน
ไปและหลังจากที่ไลเคนตายไป ซากของมันก็จะ
เน่าเปื่อยผุพังกลายเป็นอินทรีย์สารที่ถมปนกับ
อนุภาคของอิฐและหินที่ผุกร่อนนั้นกลายเป็นดิน
เคลือบจับผิวหน้าของอิฐและหินนั้นไว้

มอส และลิเวอร์เวอร์ท เป็นกลุ่มพืชอีก
กลุ่มหนึ่งที่จัดอยู่ในพวก Bryophyte เมื่อซาก
ของไลเคน สาหร่าย แบคทีเรีย และรา ก่อให้
เกิดดินขึ้นมาและสามารถเก็บน้ำและความชื้นไว้
ได้มากยิ่งขึ้น พืชพวกมอสและลิเวอร์เวอร์ท ซึ่ง
มีขนาดใหญ่กว่าไลเคนก็เจริญเติบโตขึ้นมาหนา
แน่นอาจจะมีสาหร่ายอาศัยอยู่ใต้ต้นมอสด้วยก็ได้
(สง่า สรรพศรี 2509)

เฟิร์นและพืชชนิดอื่นๆ เฟิร์น Selag-
inella กล้วยาและพืชพวกไบเลียงคู่ มีขนาดใหญ่
กว่าพืชพวก Bryophyte ซากของมอสรวมทั้ง
ฝุ่น ละอองที่ติดอยู่บนต้นมอสจะทำให้มีจำนวน
ดินความชื้นและแร่ธาตุเพิ่มมากกว่าเดิม โดย

ขบวนการเช่นนี้จึงทำให้พืชเล็กๆหลายชนิด เช่น Selaginella หย่อนและเฟิร์น รวมทั้งพืชพวกใบเลี้ยงคู่เกิดขึ้นได้ (Fuller & Tippo, 1954) รากของพืชเหล่านี้จะแทงลึกเข้าไปตามสิ่งก่อสร้างซึ่งประกอบด้วยอิฐ หิน และมีดินอยู่ภายในก็จะทำให้สิ่งก่อสร้างเหล่านั้นแตกแยกออก นอกจากนั้นลำต้นและใบของพืชเหล่านี้จะทำให้เกิดร่มเงาขึ้น ช่วยให้บรรยากาศในบริเวณนั้นชุ่มชื้น ไม่แห้งแล้งเหมือนเดิม เมื่อดินและความชื้นสะสมมากขึ้น มีแร่ธาตุเพิ่มพูนขึ้นก็จะเป็นผลให้ไม้พุ่ม ไม้ยืนต้นเกิดขึ้นตามมา (อักษร ศรีเป็ล, 2520)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างของสาหร่ายที่เก็บมาจากวัดมหาธาตุ และวัดศรีชุม ตามจุดต่างๆ
2. spatular มีด เสียมมือใช้ขุดผิวบนบริเวณที่มีการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ
3. ถังพลาสติก ขางรด
4. ขวดแก้วมีฝาเกลียวซึ่งล้างมาเช็ดแล้ว
5. กระดาษหนังสือพิมพ์ ซึ่งพับตามวิธีการเก็บสาหร่าย
6. กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอุปกรณ์ในการถ่ายรูปจากกล้องจุลทรรศน์
7. อาหารเลี้ยงสาหร่าย 2 ชนิด คือ modified bristal solution และ specific medium culture
8. petri dishes
9. อุปกรณ์ในการเลี้ยงสาหร่าย
10. สไลด์ coverglass
11. บีเปตต์ที่มีขนาดเฉพาะ .01 มิลลิเมตร

วิธีการ

I. การเก็บตัวอย่าง

ก. สถานที่ สถานที่ที่ได้ไปสำรวจและเก็บตัวอย่างนั้นได้เลือกวัดที่ใหญ่เป็นตัวแทนในการตรวจวิเคราะห์ชนิดของจุลินทรีย์ดังได้แสดงไว้ในภาพที่ 1 สถานที่เหล่านั้นได้แก่

1. วัดมหาธาตุ เป็นวัดที่ใหญ่ที่สุด ตั้งอยู่ใจกลางเมืองเก่า
2. วัดศรีชุม เป็นวัดที่กำลังอยู่ในสภาวะพังทลาย
3. วัดพระพายหลวง
4. วัดช้างล้อม
5. วัดศรีสวาย

ตัวอย่างที่เก็บ ทำการเก็บอย่างละเอียดที่วัดมหาธาตุและวัดศรีชุม ส่วนวัดพระพายหลวง วัดช้างล้อมและวัดศรีสวาย มีตัวอย่างน้อย ไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์หาสาหร่ายและเชื้อรา

ข. จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างของแต่ละวัด

1. วัดมหาธาตุ จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างมีดังนี้ คือ (ภาพที่ 2)

- 1.1 ดินด้านตะวันออก (ดิน 1)
ดินด้านทิศใต้ (ดิน 2)
ดินด้านตะวันตก (ดิน 3)

- 1.2 ผนังวิหาร
ด้านทิศตะวันออก
ด้านทิศเหนือ
ด้านทิศตะวันตก
ด้านทิศใต้

รวมเป็น
1
ตัวอย่าง

- 1.3 ผนังวิหาร
- 1.4 ฐานปูนปั้นของเจดีย์ใหญ่ทั้ง 4

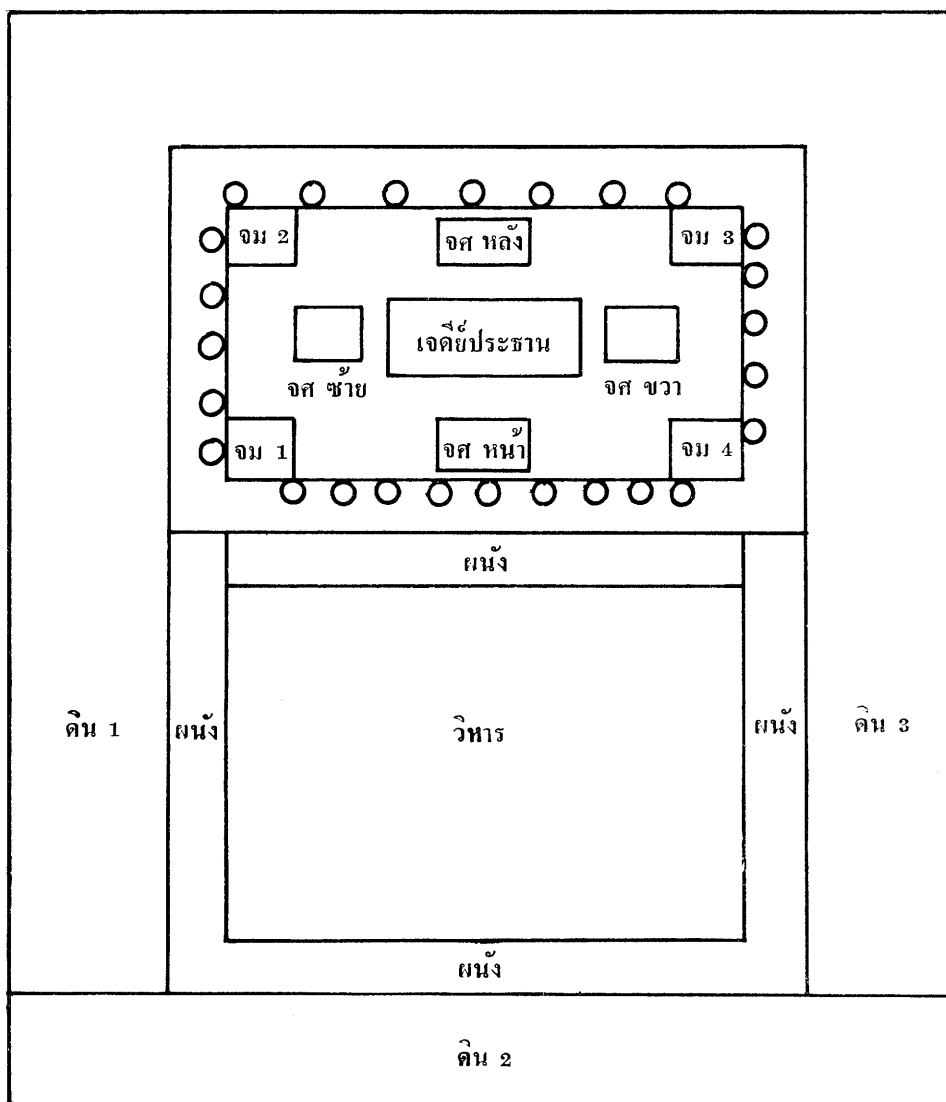
ด้าน

- ด้านตะวันออก
ด้านเหนือ
ด้านใต้
ด้านตะวันตก

รวมเป็น
1
ตัวอย่าง

- 1.5 เจดีย์มุม ซึ่งก่อด้วยอิฐ 4 องค์ แต่ละองค์อยู่ที่มุมของเจดีย์ใหญ่

- เจดีย์มุมหน้าซ้าย (จม. 1)
- เจดีย์มุมหน้าขวา (จม. 4)
- เจดีย์มุมหลังซ้าย (จม. 2)
- เจดีย์มุมหลังขวา (จม. 3)



ภาพที่ 2 แผนผังแสดงจุดเก็บตัวอย่างของวัดมหาธาตุ ○ = เจดีย์ใหญ่ฐานปูปูน

- 1.6 เจดีย์ช่งก่อด้วยศิลาแลง 4 องค์
เจดีย์ศิลาแลงซ้าย
เจดีย์ศิลาแลงขวา
เจดีย์ศิลาแลงหน้า
เจดีย์ศิลาแลงหลัง

1.7 เจดีย์ประธาน ซึ่งก่อด้วยอิฐฉาบปูนภายนอก

2. วัดศรีชุม จุดที่เก็บตัวอย่างคือ

2.1 ดิน 4 ด้านรอบวัด รวมเป็น 1 ตัวอย่าง

2.2 ผนังชั้น 1 มี 4 ด้าน รวมเป็น 1 ตัวอย่าง

2.3 ผนังชั้น 1 มี 4 ด้าน รวมเป็น 1 ตัวอย่าง

2.4 ผนังชั้น 2 มี 4 ด้าน รวมเป็น 1 ตัวอย่าง

2.5 ผนังชั้น 2 มี 4 ด้าน รวมเป็น 1 ตัวอย่าง

2.6 ผนังชั้น 4 มี 4 ด้าน รวมเป็น 1 ตัวอย่าง

2.7 องค์พระ

2.8 ปูนฉาบที่พัง

3. วัดพระพายหลวง จุดที่เก็บตัวอย่างคือ

3.1 โพรงเสาศิลาแลง

3.2 ตัวอย่างปูน

4. วัดช้างล้อม ตัวอย่างเก็บจาก

4.1 ปูนบนรอบเจดีย์

4.2 องค์เจดีย์

5. วัดศรีสวาย ตัวอย่างที่เก็บคือ

5.1 องค์เจดีย์

5.2 นาขังใต้องค์เจดีย์

ทำการเก็บตัวอย่างในวันที่ 11-12 กันยายน 2528 วัดอุณหภูมิจากความชื้นส่วน pH วัดไม่ได้

ก. วิธีเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างจากองค์เจดีย์ องค์พระ ผนังวิหาร ผนังวิหาร โพรงเสา กำแพง ปูนบน เก็บโดยใช้ spatular มีด และเสียมมือชุดผิวบน ที่มีลักษณะการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เก็บ

ในถุงพลาสติกมัดด้วยยางรัด แล้วเก็บรักษาในกล่องเก็บความเย็น ซึ่งมีน้ำแข็งแช่อยู่ อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส) ตลอดระยะการเดินทาง บางชนิดก็เก็บรักษาในกระดาดหนังสือพิมพ์ที่พับตามวิธีการเก็บสาหร่าย ตัวอย่างที่เป็นน้ำ ใช้ขวดแก้วฝาเกลียวชงนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว เก็บตัวอย่างน้ำเต็มขวด ปิดฝาเกลียวให้แน่น แช่ในกล่องเก็บความเย็นตลอดระยะการเดินทาง

เมื่อกลับมาถึงห้องปฏิบัติการได้ทำการแบ่งตัวอย่างเหล่านี้ออกเป็น 3 ส่วนเพื่อวิเคราะห์สาหร่าย แบคทีเรีย และรา

II. การตรวจวิเคราะห์ทางสาหร่าย

1. นำตัวอย่างทุกตัวอย่างมาวิเคราะห์ดูชนิดของสาหร่าย ดังนี้

1.1 นำมาเลี้ยงในอาหาร 2 ชนิด คือ modified bristal solution และ specific medium culture เพื่อสังเกตการเจริญเติบโตและสีของสาหร่าย

ทำการวิเคราะห์ชนิดของสาหร่ายจากตัวอย่างที่เก็บมาได้โดยตรงโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ของ Olumpus และ Zeiss ใช้หลักเกณฑ์ของ Prescott, Smith และ Lesikachary

2. ทำการตรวจนับจำนวนของสาหร่ายแบบ direct count จากตัวอย่างน้ำหนัก 1 กรัม

ผลการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างทุกตัวอย่างของวัดมหาธาตุและวัดศรีชุมพบว่า มีสาหร่ายเจริญเติบโตอย่างหนาแน่น ทั้งนเพราะเป็นสถานที่ที่มีความชื้นสูง สำหรับวัดมหาธาตุวัดความชื้นได้ 69.5 ส่วนวัดศรีชุมวัดได้ 74 สถานที่เหล่านี้เมื่อฝนตกจะมีน้ำขังหรือมีน้ำฝนไหลผ่านอยู่เสมอ เช่น ตามกำแพงองค์พระ และเจดีย์ ตลอดจนดินสถานที่รอบๆเหล่านี้ นอกจากนี้ในเวลากลางวันยังมีน้ำค้างลงอย่างแรง เนื่องจากเป็นสถานที่กลางแจ้งไม่มีสิ่งปกคลุม ด้วยเหตุนี้จึงมีความชื้นสูงในเวลากลางวันและเวลาเช้า ถึงแม้อุณหภูมิจะค่อนข้างสูงในตอนกลางวันก็ตาม แต่ก็

สาหร่ายอยู่เต็มไปหมด และมีพวกที่สามารถสร้างสปอร์เพื่อทนต่อความแห้งแล้งได้ในฤดูแล้ง เมื่อถึงฤดูฝนสปอร์เหล่านี้ก็จะงอกให้สาหร่ายได้ใหม่ต่อไป

สาหร่ายที่อยู่ใน Division Cyanophyta (Blue-green algae) จะมีมากกว่าสาหร่ายชนิดอื่น ๆ ดังนี้

Family Chroococcaceae :

Gloeocapsa punctata
Chroococcus minutus
Chroococcus montanus
Synechocystis sp.

สาหร่ายเหล่านี้เป็นชนิดเซลล์เดี่ยว (unicellular algae) มักอยู่แทรกกับสาหร่ายชนิดอื่น ๆ ที่มีรูปร่างเป็นสาย

Family Nostocaceae :

Nostoc punctiforme
Nostoc calcicola
Nostoc ellipsosporum
Nostoc muscorum
Anabaena anomala
Anabaena fertilissima
Anabaena sp.
Aulosira sp.

Family Scytonemataceae :

Scytonema hofmanni
Scytonema mirabile
Scytonema sp.
Tolypothrix campylonemoides

Family Oscillatoriaceae :

Oscillatoria sp.
Phormidium sp.

Family Stigonemataceae :

Stigonema hormoides

Family Entophysalidaceae :

Heterohormogonium sp.

Family Pleurocapsaceae :

Myxosarcina sp.

พวก Division Chlorophyta (green algae) พบน้อยมากเมื่อเทียบกับ blue-green algae เท่าที่พบมี *Chlorococcum* sp., *Protochococcus* sp., *Scenedesmus* sp.

สาหร่ายพวก Diatom มีน้อย รวมทั้ง *Netrium* ด้วย นอกจากนั้นยังมีพืชชนิดอื่น ๆ ดังนี้

Bryophyta มีพืชพวก มอส (moss) จำนวนมากจนอยู่ทั่วไป แต่ก็มีเพียงชนิดเดียวพบ *Hepaticae* ชนิดเดียวที่พบในวิหารของวัดมหาธาตุ จำนวนน้อยเมื่อเทียบกับมอส

Lichen มีอยู่ทุกหนแห่งทั้งวัดมหาธาตุและวัดศรีชุม และมีจำนวนมาก เป็นพวก crustose lichen

Pteridophyte พบว่ามีเฟิร์นชนิด *Adiantum* sp. ขึ้นอยู่ พืชที่ต่ำกว่าพวก Pteridophyte มีอยู่หนึ่งชนิดคือ *Salaginella* sp. ซึ่งพบขึ้นเฉพาะเป็นบางแห่งบนก้อนอิฐ

Spermatophyte มีพืชขึ้นอยู่ตามองค์เจดีย์ต่างๆ และมีพืชชนิดใบเลี้ยงคู่ (dicot) ขึ้นอยู่ด้วย

ตารางที่ 1 การแพร่กระจายของorganisms ตามสถานที่ต่าง ๆ ของวัดมหาธาตุและวัดศรีชุม

สถานที่	จำนวนของ roganism			
	A	M	H	L
I. วัดมหาธาตุ				
1. ผิวดินข้างวิหารแหล่งที่ 1	++	-	-	-
2. ผิวดินข้างวิหารแหล่งที่ 2	+	-	-	-
3. ผนังวิหาร	+	+	+	++
4. พื้นวิหาร	++	-	+	-
5. เจดีย์ประธาน	++	++	-	++
6. เจดีย์มุม				
(1) หน้าขวา	++	-	-	+
(2) หน้าซ้าย	++	-	-	+
(3) หลังขวา	++	-	-	+
(4) หลังซ้าย	++	-	-	+
7. เจดีย์ฐานปูนปน	++	+	+	+
8. เจดีย์ศิลาแลงด้านหน้า	++	++	-	++
9. เจดีย์ศิลาแลงด้านขวา	++	++	-	++
10. เจดีย์ศิลาแลงด้านหลัง	++	++	-	++
11. เจดีย์ศิลาแลงด้านซ้าย	++	++	-	++
12. ดินตัวอย่างที่ 1	+	-	-	-
13. ดินตัวอย่างที่ 2	++	-	-	-
14. ดินตัวอย่างที่ 3	+	-	-	-
II. วัดศรีชุม				
1. นาในบาตร	++	-	-	-
2. องค์พระ	++	++	-	+
3. พนชน 1	++	+		++
4. พนชน 2	++	+		++
5. ผนังชน 1	++	+		++
6. ผนังชน 2	++	+		++
7. ผนังชน 4	+	+		++
8. ตัวอย่างปูนฉาบที่พัง	++	-		-
9. ดินรอบมณฑปทางทิศเหนือของพระอจันนะ	++	-		-
10. ดินรวม	++	-	-	-
11. ดินรอบนอกวิหาร 1	++	-	-	-
12. ดินรอบนอกวิหาร 2	++	-	-	-

A = สาหร่าย (algae) M = มอส (Moss) H = Hepaticae L = Lichens
 + = มีแต่ไม่มาก ++ = มีจำนวนมาก - = ไม่มี
 สำหรับจำนวนของสาหร่ายที่ทำการตรวจนับจะอยู่ในตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ปริมาณของสาหร่ายทั้งหมด จากตัวอย่างของวัดมหาธาตุ

จุดเก็บตัวอย่าง	จำนวนเซลล์ของสาหร่ายต่อตัวอย่างหนัก 1 กรัม
1. ดิน 1	2.3×10^4
2. ดิน 2	1.3×10^5
3. ดิน 3	9.3×10^4
4. ผนังวิหาร	1×10^5
5. พนวิหาร	4.8×10^5
6. ฐานปูนบนของเจดีย์ใหญ่	3.7×10^5
7. เจดีย์มุมหน้าซ้าย	3×10^5
8. เจดีย์มุมหน้าขวา	3.4×10^5
9. เจดีย์มุมหลังซ้าย	3.3×10^5
10. เจดีย์มุมหลังขวา	3.9×10^5
11. เจดีย์ศิลาแลงองค์ซ้าย	1.5×10^5
12. เจดีย์ศิลาแลงองค์ขวา	2.6×10^5
13. เจดีย์ศิลาแลงองค์หน้า	2.0×10^5
14. เจดีย์ศิลาแลงองค์หลัง	2.5×10^5
15. เจดีย์ประธาน	3.7×10^5

ตารางที่ 3 ปริมาณของสาหร่ายทั้งหมด จากตัวอย่างของวัดศรีชุม

จุดเก็บตัวอย่าง	จำนวนเซลล์ของสาหร่ายต่อตัวอย่างหนัก 1 กรัม
1. ดิน	2.0×10^5
2. ผนังชั้น 1	5.3×10^4
3. พนชั้น 1	1.8×10^5
4. ผนังชั้น 2	1.4×10^5
5. พนชั้น 2	2.0×10^5
6. ผนังชั้น 4	4.7×10^4
7. องค์พระ	1.7×10^5
8. ปูนฉาบที่พัง	3.6×10^5

วิจารณ์ผล

ตัวอย่างที่เก็บมาทุกตัวอย่างจะมีแบคทีเรียสาหร่ายและราอยู่ทุกตัวอย่างในปริมาณที่มาก แบคทีเรียและสาหร่ายมีพวกที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศมาเป็นสารประกอบไนโตรเจนได้ ดังนั้น ทั้งแบคทีเรีย สาหร่ายและรา จึงอยู่ร่วมกันได้ สาหร่ายได้รับคาร์บอนไดออก-

ไซด์จากบรรยากาศและจากผลของการหายใจของแบคทีเรียและรา ได้รับแสงสว่างและความชื้นจากน้ำฝน น้ำค้าง จากอิฐและศิลาแลง ซึ่งเป็นวัสดุที่เก็บความชื้นได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นพืชพวกมอส (moss) ที่ขึ้นปกคลุมอยู่ก็สามารถดูดน้ำและความชื้นไว้ได้มาก คุณสมบัติของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ขึ้นของสารเมือกก็

ทำให้สาหร่ายสามารถเก็บความชื้นไว้ได้ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สาหร่าย ราและแบคทีเรียเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้จึงปรากฏผลว่าจำนวนของสาหร่ายและจุลินทรีย์อื่น ๆ มีมาก

สาหร่ายที่พบส่วนใหญ่เป็นพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) ซึ่งจัดอยู่ใน Division Schizophyta สาหร่ายบางชนิดเช่นพวก Nostocaceae และ Scytonemataceae สามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศมาเป็นสารประกอบไนโตรเจนได้เช่นเดียวกับแบคทีเรีย ซากของสาหร่ายเป็นแหล่งคาร์บอนและอาหารที่สมบูรณ์ของแบคทีเรียและรา และเมื่อมีปริมาณมาก ซากนั้นจะเปลี่ยนเป็นอิมัวส์อย่างดี เป็นเหตุให้พืชชั้นต่ำเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี เช่น พืชพวกมอส เป็นต้น ดังที่ได้พบว่า พระพุทธรูปบางองค์จะมีมอสขึ้นปกคลุมองค์พระจนมีสีเขียวไปทั้งองค์

สาหร่ายบางชนิดจะมีความสัมพันธ์กับราบางชนิด ก่อให้เกิดพืชชนิดที่เรียกว่า “ไลเคน” (Lichen) ขึ้น พืชพวกไลเคนพบว่ามีอยู่ชนิดเดียวเป็นพวก crustose lichen และมีเป็นจำนวนมากตามผนังวิหารและกำแพง ตลอดจนเจดีย์ต่าง ๆ สังเกตได้ว่ามักจะมี lichen เกิดขึ้นทางด้านทิศเหนือ วัสดุที่เป็นศิลาแลงจะมีพวกไลเคนเข้าไปอยู่ตามรู โพลง เต็มไปหมด ไลเคนเหล่านี้มีบทบาทที่สำคัญมากก่อให้เกิด biodeterioration ได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากไลเคนเป็นพืชที่ทนความแห้งแล้งได้ประการหนึ่ง ประการที่สองไลเคนมีคุณสมบัติพิเศษ กล่าวคือสามารถหลั่งกรดบางชนิดออกมาย่อยอิฐ หินที่ไลเคนขึ้นอยู่นั้นให้แตกสลายที่ละน้อยได้ ฟันผุของอิฐที่สลายนี้รวมกับฝุ่นละอองในบรรยากาศ ซากของไลเคน สาหร่าย ราและแบคทีเรีย ก็จะก่อให้เกิดเป็นดินเคลือบที่ผิวของโบราณสถานเหล่านั้น เป็นเหตุให้พืชต่างๆ เช่น มอส ชีแฉก จินเลตา เฟิร์น หญ้าและพืชชั้นสูงอื่นๆ เจริญเติบโตได้

จะเห็นได้ว่า การย่อยสลายของอิฐและหินที่ก่อสร้างเป็นปูชนียสถานซึ่งมีอายุถึง 700 ปีนั้นก็เกิดจากจุลินทรีย์ส่วนหนึ่ง ส่วนอื่นๆ ที่ช่วยทำให้อิฐและหินพังทลาย ได้ก็อาจจะเกิดจากการเสื่อมสภาพของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง นอกจากนี้อาจจะเกิดจากแรงดันภายในที่เกิดจากรากพืชที่ซอนไซเข้าไปทำให้เกิดรอยร้าวและหักพังได้ในเวลาต่อมา

จากคำบอกเล่าถึงการก่อสร้างโบราณสถานเหล่านี้ เนื่องจากในสมัยนั้นยังไม่มีซีเมนต์ที่จะเชื่อมแผ่นอิฐแต่ละแผ่นให้คงรูปอยู่ได้ตามต้องการ จึงใช้น้ำอ้อยผสมกับดินและหนั่งสัตว์มาเคลือบด้วยกันจากวัสดุที่นำมาใช้เหล่านี้จะเป็นแหล่งอาหารที่ดีของจุลินทรีย์ทั้งหลาย ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี ดังนั้น ในการบูรณะซ่อมแซมโบราณสถานจึงไม่ควรใช้วัสดุดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

- สง่า สรรพศรี. 2509. นิเวศน์วิทยาป่าไม้ พระพนธ์/พิมพ์
- อักษร ศรีเปล่ง. 2520. แบบเรียนชีววิทยาเล่ม 4 ประโยชน์มัธยมศึกษาตอนปลายของกระทรวงศึกษาธิการ บทที่ 31 การเปลี่ยนแปลงแทนที่. ผู้จัดทำ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. จัดพิมพ์โดยองค์การคำของคุรุสภา พิมพ์ที่ โรงพิมพ์ คุรุสภาลาดพร้าว.
- Desikachary, T.V. 1959. Cyanophyta. New Delhi, Indian Council of Agricultural Research.
- Prescott, G.W. 1968. The Algae. New York. Houghton Mifflin Company.
- Prescott, G.W. 1970. How to know The Fresh Water Algae. Dubuque Iowa. W.M.C. Brown Company Publishers.
- Smith, Gilbert M. 1950. The Fresh-Water Algae of The United States. New York. McGraw-Hill Book Company, Inc.,