บทที่ 4

วิจารณ์ผลการศึกษา

ปัจจัยสภาพแวดล้อม

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมจากป่าทั้ง 3 ป่า และทั้ง 2 ฤดูกาลไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นอุณหภูมิของดินซึ่งจากแต่ละป่าและแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยความเข้มแสงและอุณหภูมิของดินมีลักษณะคล้ายกันคือในป่าสงวนมีค่าสูงกว่าในป่าสมบูรณ์และป่าที่ถูกรบกวน อาจจะเนื่องมาจากในป่าสงวนต้นไม้มีขนาดเล็กและเรือนยอดไม่หนาแน่นทำให้แสงแดดสามารถส่องถึงพื้นล่างได้มากกว่า ดังนั้นอุณหภูมิดินจึงมีค่าสูงตามไปด้วยเพราะอุณหภูมิดินภายในชั้นหน้าดินขึ้นอยู่กับปริมาณแสง อย่างไรก็ตามอุณหภูมิดินก็ยังขึ้นอยู่กับช่วงเวลาว่ามีแสงนานเท่าใด หรือรังสีแสงที่กระทบผิวดินในช่วงเวลากลางวันว่ามีมากน้อยเพียงใดและนานเท่าไร รวมทั้งขึ้นอยู่กับความสามารถในการส่งผ่านความร้อนของหน้าตัดดินเอง จึงเป็นเหตุให้ดินแต่ละพื้นที่ในแนวนอนได้รับพลังงานแสงที่แตกต่างกันออกไป ผลคือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในชั้นหน้าตัดดินจะไม่มีความสม่ำเสมอ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2521)

เมื่อพิจารณาถึงค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ พบว่าค่า pH ของดินในป่าที่ทำการศึกษาทุกป่ามีค่าเป็นกรดใกล้เคียงกัน โดยค่า pH ในป่าสมบูรณ์อยู่ระหว่าง 4.41-6.52 ป่าที่ถูกรบกวนมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.09-6.52 จัดเป็นป่าที่มีสภาพเป็นกรดแก่ถึงกรดเล็กน้อย (strongly acid to slightly acid) ส่วนป่าสงวนมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.41-5.98 จัดเป็นป่าที่มีสภาพเป็นกรดมากถึงกรดปานกลาง (extremely acid to moderately acid) (ภาคผนวก ง) จะเห็นได้ว่าป่าทั้ง 3 บริเวณมีค่า pH ของดินเป็นกรดในระดับที่ใกล้เคียงกันและมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ ประกาศ สว่างโชติ (2541) ซึ่งทำการศึกษาในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้างเช่นเดียวกัน พบว่าดินมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.93-6.61 และการศึกษาในพื้นที่บริเวณอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา ที่ปล่อยทิ้งไว้ให้เป็นป่าอายุ 9 ปี พบว่าค่า pH ของดินค่อนข้างเป็นกรดคือ 4.83 (สินธุ แก้วสินธิ์, 2544) ที่เป็นดังนี้เพราะค่า pH ของดินขึ้นกับการถูกชะล้าง เนื่องจากน้ำจะชะล้างเอาเกลือที่ละลายน้ำได้และประจุบวกที่เป็นด่างเช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียมออกไปและให้ไฮโดรเจนซึ่งเป็นประจุบวกแตกตัวมาจากน้ำเข้าแทนที่ ทำให้ลดปริมาณประจุบวกที่เป็นด่างลงและเพิ่มประจุบวก

ไฮโดรเจนมากขึ้น เป็นการเพิ่ม potential acidity ให้แก่ดิน (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2527) นอกจากนี้ ค่า pH ของดินยังขึ้นอยู่กับการผุสลายของอินทรียวัตถุ หากบริเวณผิวดินมีการผุสลายของอินทรียวัตถุอยู่เสมอจะทำให้เกิดกระบวนการ nitrification และ sulfofication เกิดกรดไนตริก (HNO_3) และกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ซึ่งจะแตกตัวให้ H^+ และสะสมอยู่ที่ผิวดิน ดังนั้นในเขตร้อนชื้นซึ่งมีอุณหภูมิสูงและมีความชื้นมาก การผุสลายและการชะล้างธาตุอาหารพืชเป็นไปในอัตราสูง มีผลให้ดินมีสภาพเป็นกรด (ผการัตน์ รัฐเขต, 2535)

ในป่าไม้ส่วนใหญ่จะมี ค่า pH ค่อนข้างเป็นกรดเนื่องจากมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ในขณะที่พื้นที่ที่มีการเพาะปลูกหรือมีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่มักจะมีค่า pH สูงกว่าบริเวณที่เป็นป่าไม้ (King and Ward, 1977; Hunt *et al.*, 1979) แต่การศึกษาในครั้งนี้ป่าสมบูรณ์ ป่าที่ถูกรบกวน และป่าสงวนมีค่า pH ใกล้เคียงกัน ทั้งๆ ที่ ป่าสงวนมีสภาพป่าแตกต่างจากป่าสมบูรณ์และป่าที่ถูกรบกวนค่อนข้างมากและในปัจจุบันยังมีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ ที่เป็นดังนี้เพราะในเขตร้อนชื้นปริมาณอินทรียวัตถุในป่าแต่ละป่าไม่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพป่าเพียงอย่างเดียวแต่ยังขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ที่ทำการศึกษา (ผการัตน์ รัฐเขต, 2535) และนอกจากค่า pH ของดินจะขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรียวัตถุและการชะล้างแล้วยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีก เช่น กรดที่เกิดตามธรรมชาติในดิน การแลกเปลี่ยนประจุบวกระหว่างพืชกับดิน (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2527) จากผลการศึกษาพบว่าค่า pH ของดินในฤดูฝนมีค่าเป็นกรดมากกว่าฤดูร้อนเล็กน้อย สาเหตุอาจเนื่องจากในฤดูฝนมีอัตราการชะล้างมากกว่าฤดูร้อน

สำหรับค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ พบว่าแต่ละป่ามีความแปรผันค่อนข้างมาก สังเกตได้จากค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละปัจจัยมีค่าค่อนข้างสูง อาจจะเนื่องมาจากปัจจัยสภาพแวดล้อมเหล่านี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพป่าเพียงอย่างเดียว แต่อาจจะได้รับผลจากปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย โดยปริมาณอินทรียวัตถุในป่าสมบูรณ์มีค่าอยู่ระหว่าง 17.87-114.30 g kg^{-1} จัดเป็นป่าที่มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลางถึงสูงมาก (medium to very high) (ภาคผนวก ง) โดยป่าสมบูรณ์แปลงที่ 2 และ 5 มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าแปลงที่ 1, 3 และ 4 ค่อนข้างมาก เนื่องจากป่าสมบูรณ์แปลงที่ 1 3 และ 4 พื้นที่มีความลาดเอียงค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับแปลงที่ 2 และ 5 ความลาดเอียงของพื้นที่อาจเป็นสาเหตุให้หน้าดินที่อุดมสมบูรณ์และอินทรียวัตถุถูกชะล้างสูญเสียไปโดยฝน (ผการัตน์ รัฐเขต, 2535) ปริมาณอินทรียวัตถุในป่าที่ถูกรบกวนมีค่าอยู่ระหว่าง 13.70-106.60 g kg^{-1} จัดเป็นป่าที่มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำถึงสูงมาก (moderately low to very high) (ภาคผนวก ง) โดยในป่าที่ถูกรบกวนแปลงที่ 2 4 และ 5 มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าแปลงที่ 1 และ 3 ค่อนข้างมาก เนื่องจากแปลงที่ 1 และ 3 อยู่บริเวณขอบป่าที่ถูกรบกวนซึ่งในช่วงที่ยังไม่

ประกาศเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้างเป็นพื้นที่ที่ถูกชาวบ้านบุกรุกซ้ำซาก ส่วนแปลงที่ 2 4 และ 5 ตั้งอยู่ลึกเข้ามาใกล้กับป่าสมบูรณ์การเดินทางเข้ามาทำลายป่าทำได้ยากกว่าแปลงที่ 1 และ 3 ป่าบริเวณนี้จึงถูกบุกรุกจากชาวบ้านน้อยกว่าแปลงที่ 1 และ 3 การหักร้างถางพง การเผาป่าทำให้พื้นที่ขาดสิ่งปกคลุมส่งผลให้หน้าดินที่อุดมสมบูรณ์และอินทรียวัตถุถูกชะล้างสูญเสียไปโดยฝน น่าจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อินทรียวัตถุถูกทำลายไป นอกจากนี้ในป่าที่ถูกรบกวนแปลงที่ 1 และ 3 ยังมีเนื้อดินเป็นทรายเป็นส่วนใหญ่ ทำให้บริเวณนี้มีอินทรียวัตถุต่ำ (ผการัตน์ รัฐเขต, 2535) อนึ่งในดินที่มีการระบายอากาศดี เช่นในดินที่มีเนื้อหยาบจะมีอัตราการสลายตัวของสารอินทรียวดเร็วและมีระดับอินทรียวัตถุเหลืออยู่ในดินค่อนข้างต่ำ ในทางตรงกันข้ามกับดินที่อยู่ในสภาพที่ขาดอากาศหรือมีน้ำท่วมขัง อัตราการสลายตัวจะลดลงอย่างมากมายจึงมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเหลือมากกว่า (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2521)

ส่วนในป่าสงวนปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าอยู่ระหว่าง 28.1-76.03 g kg^{-1} จัดเป็นป่าที่มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างสูงถึงสูงมาก (moderatly high to very high) (ภาคผนวก ง) โดยป่าสงวนแปลงที่ 3 และ 5 มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าแปลงอื่นๆ ซึ่งป่าสงวนแปลงที่ 3 เป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับแหล่งที่มีน้ำขังและดินมีลักษณะเนื้อดินละเอียดคล้ายดินเหนียวน่าจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ส่วนป่าสงวนแปลงที่ 5 เป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับป่าสมบูรณ์และป่าที่ถูกรบกวนมากที่สุด นอกจากนี้ยังเป็นพื้นที่ที่มีความลาดเอียงน้อยและอยู่ใกล้บริเวณที่มีน้ำขังจึงน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดปริมาณอินทรียวัตถุดังที่ได้กล่าวไปแล้ว จะเห็นได้ว่าปริมาณอินทรียวัตถุในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูร้อนเกือบทุกบริเวณ อาจจะเนื่องมาจากในฤดูร้อนมีอุณหภูมิสูงกว่าฤดูฝนเล็กน้อย ทำให้อินทรียวัตถุสลายตัวสูญหายไปได้มากกว่า (ผการัตน์ รัฐเขต, 2535)

ความชื้นในดินในแต่ละป่ามีลักษณะเหมือนกับปริมาณอินทรียวัตถุกล่าวคือ แปลงที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงก็จะมีความชื้นของดินสูงด้วยเช่นเดียวกัน เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในเขตร้อนจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณ clay, silt, fine sand และอินทรียวัตถุ (ผการัตน์ รัฐเขต, 2535)

ส่วนค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมคือปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ จะมีค่าแปรผันตามปริมาณอินทรียวัตถุและความชื้นในดิน กล่าวคือบริเวณที่มีปริมาณอินทรียวัตถุและความชื้นในดินสูงจะมีค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมที่กล่าวมาสูงตามไปด้วย โดยปริมาณไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่ได้มาจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน (Landon, 1991) อินทรียวัตถุได้มาจากเศษของพืชและ

สัตว์ซึ่งเมื่อย่อยสลายกลายเป็นสารอินทรีย์ในดินแล้วจะมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนค่อนข้างคงที่ ที่ประมาณ 10 : 1 (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2527)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในป่าสมบูรณ์มีค่าอยู่ระหว่าง 2.22-17.62 mg kg^{-1} ป่าที่ถูกรบกวนมีค่าอยู่ระหว่าง 1.57-23.39 mg kg^{-1} จัดเป็นบริเวณที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมากถึงค่อนข้างสูง (very low to moderately high) ส่วนป่าสงวนมีค่าอยู่ระหว่าง 2.94-8.91 mg kg^{-1} จัดเป็นป่าที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ (very low to moderately low) (ภาคผนวก ง) โดยแหล่งสำคัญซึ่งเป็นที่มาของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมี 4 ประเภทคือ ซากพืชซากสัตว์ที่อยู่ในดิน อินทรียวัตถุ แร่ฟอสเฟตดั้งเดิมในดินและปุ๋ยฟอสเฟต ปริมาณของฟอสฟอรัสในดินจะแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดิน ระยะเวลาของการผุพังสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดินและการชะล้าง ในกรณีที่ไม่มีการเพิ่มฟอสฟอรัสให้กับดินเป็นระยะเวลายาวนาน อินทรีย์ฟอสฟอรัสในอินทรียวัตถุเป็นแหล่งที่สำคัญต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน เพราะจะมีการเปลี่ยนรูปไปเป็น อนินทรีย์ฟอสฟอรัสอย่างช้าๆ อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นในบริเวณที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงและพื้นที่มีความลาดเอียงต่ำไม่ถูกชะล้างจากน้ำฝนจึงมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าบริเวณอื่น (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2527)

ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียมและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ จะมีค่าแปรผันตามปริมาณอินทรียวัตถุและความชื้นในดินกล่าวคือบริเวณที่มีปริมาณอินทรียวัตถุและความชื้นในดินสูงจะมีค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมที่กล่าวมาสูงตามไปด้วย (Landon, 1991) นอกจากนี้ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ยังมีแหล่งที่มาจากหินและแร่ต่างๆ ที่ให้กำเนิดดิน และระดับของการผุพัง (degree of weathering) ของหินและแร่ที่ให้กำเนิดดินนั้น (เอิบ เขียวรื่นรมณ์, 2533)

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าป่าสมบูรณ์ ป่าที่ถูกรบกวน และป่าสงวน มีค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษาแตกต่างกันไม่มากนัก แม้ว่าจะมีองค์ประกอบของพืชแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากป่าทั้ง 3 ป่าอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน ดินและหินมีแหล่งกำเนิดและลักษณะคล้ายกันจึงทำให้มีปริมาณธาตุอาหารใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ในพื้นที่ป่าที่ถูกรบกวนแม้ในอดีตจะมีการบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์จากพื้นที่ แต่ในปัจจุบันถูกทิ้งร้างไม่มีการบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์มานานหลายสิบปีจึงเกิดการแทนที่จนมีความอุดมสมบูรณ์คล้ายกับป่าสมบูรณ์ ส่วนป่าสงวนแม้ว่ายังมีชาวบ้านเข้าไปใช้ประโยชน์จากพื้นที่อยู่บ้างแต่ส่วนใหญ่เป็นการตัดต้นไม้ขนาดเล็กเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในครัวเรือน ไม่มีการหักร้างถางพงเพื่อเพาะปลูกพืชอื่นๆ เป็นสาเหตุให้ปัจจัยสภาพแวดล้อมไม่แตกต่างกันมากนัก

สาหร่าย

จากการศึกษาปริมาณสาหร่ายในดินด้วยวิธี dilution method ซึ่งทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหาร NSIII และ BG11 ที่อุณหภูมิ 25 °C และอุณหภูมิห้อง พบสาหร่ายทั้งหมด 29 สกุล โดยในแต่ละป่ามีจำนวนสกุลของสาหร่ายใกล้เคียงกัน คือ ป่าสมบูรณ์พบสาหร่ายทั้งหมด 23 สกุล ป่าที่ถูกรบกวน 20 สกุล และป่าสงวน 18 สกุล สกุลที่พบปริมาณมากในแต่ละป่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก โดยสาหร่ายในดินที่พบปริมาณมากในการศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายที่มีการแพร่กระจายกว้าง โดยเฉพาะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายสีเขียวกล่าวคือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Anabaena* และ *Nostoc* เป็นสกุลที่มีการแพร่กระจายทั่วโลก (Venkataraman, 1975 อ้างโดย Metting, 1981) และพบได้ทั่วไปในเขตร้อน (Singh, 1961 อ้างโดย Metting, 1981) โดยเฉพาะสกุล *Nostoc* ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายในดิน (Shield and Durrell, 1964) สกุล *Phormidium* พบมากในบริเวณที่แห้งแล้ง (Fogg *et al.*, 1973) ป่าไม้ และพื้นที่ที่มีการพัฒนาในประเทศสหรัฐอเมริกา (King and Ward, 1977) และในฟาร์ม ทุ่งหญ้า ภูเขา และป่าไม้ใน Colorado (Durrell, 1959 อ้างโดย Shield and Durrell, 1964) Willson และ Forest (1957) ทำการศึกษาใน Oklahoma พบว่าสาหร่ายในสกุล *Anabaena, Nostoc, Phormidium* และ *Plectonema* เป็นสกุลที่พบได้บ่อย

สาหร่ายสีเขียวสกุล *Chlorella* และ *Chlorococcum* เป็นสกุลที่มีการแพร่กระจายกว้าง (Hoffmann, 1989) โดยเฉพาะ *Chlorococcum humicola* จัดเป็นสาหร่ายในดินที่มีการแพร่กระจายทั่วโลก (Shield and Durrell, 1964) สำหรับสาหร่ายสีเขียวในสกุล *Chlamydomonas* และ *Chlorosarcinopsis* ซึ่งพบปริมาณมากในการศึกษาครั้งนี้ ในประเทศสหรัฐอเมริกาก็สามารถพบสาหร่ายทั้ง 2 สกุลได้บ่อย (King and Ward, 1977; Hunt *et al.*, 1979)

สาหร่ายในกลุ่มยูกลีนอยด์พบเพียง 1 สกุล คือ *Trachelomonas* ซึ่งเป็นสกุลที่มีรายงานว่าพบเฉพาะในป่าไม้ที่ไม่ถูกบุกรุก ส่วนในพื้นที่มีการพัฒนาไม่พบสาหร่ายสกุลนี้เลย (King and Ward, 1977) สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบสาหร่ายในสกุลนี้เฉพาะบริเวณป่าสมบูรณ์เท่านั้น

สาหร่ายในกลุ่มไดอะตอมซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบเพียง 6 สกุล มีความหลากหลายน้อยกว่าการศึกษาของ King และ Ward (1977) ในประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งพบไดอะตอม 11 สกุล มีเพียง 1 สกุล คือ *Navicula* ที่พบในการศึกษาครั้งนี้และในการศึกษาของ King และ Ward (1977)

ผลการศึกษาในครั้งนี้แตกต่างจากการศึกษาของ King และ Ward (1977) ซึ่งพบว่าในป่าไม้ที่ไม่ถูกบุกรุกมีความหลากหลายของสาหร่ายมากกว่าพื้นที่ที่มีการพัฒนาโดยเฉพาะในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวซึ่งมีความหลายหลายมากที่สุด เนื่องมาจากป่าที่ไม่ถูกบุกรุกมีค่า pH ของดินต่ำกว่าพื้นที่ที่มีการพัฒนามาก และ Hunt *et al.* (1979) พบว่าพื้นที่เพาะปลูกอายุ 1 ปี ซึ่งมีปริมาณแสงมากกว่าพื้นที่เพาะปลูกอายุ 11 ปี และป่าสมบูรณ์ มีความหลากหลายของสาหร่ายมากที่สุด โดยแสงน่าจะเป็นปัจจัยที่กำหนดความหลากหลายของสาหร่ายในดินบริเวณนี้

ป่าสมบูรณ์มีปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด รองลงมาคือสาหร่ายสีเขียวซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และไดอะตอมซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าสาหร่ายทั้งสองกลุ่มมาก ส่วนป่าที่ถูกรบกวนพบว่ามีปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียว และไดอะตอมในปริมาณใกล้เคียงกัน ในขณะที่ในป่าสงวนบางสภาวะที่ทำการศึกษาให้ผลคล้ายคลึงกับในป่าที่ถูกรบกวนคือปริมาณสาหร่ายทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีบางสภาวะที่เพาะเลี้ยงพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือสาหร่ายสีเขียว และไดอะตอมซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามพบว่าผลการศึกษาจากป่าทั้ง 3 บริเวณให้ผลคล้ายกันกล่าวคือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือสาหร่ายสีเขียวซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในขณะที่สาหร่ายในกลุ่มไดอะตอมมีปริมาณต่ำกว่าสาหร่าย 2 กลุ่มแรกค่อนข้างมาก แตกต่างจากการศึกษาในป่าสมบูรณ์ที่มีอายุ 250 ปี และพื้นที่เพาะปลูกที่มีอายุ 1 ปี และ 11 ปี (Hunt *et al.*, 1979) การศึกษาในป่าที่ไม่ถูกบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์และพื้นที่ที่มีการพัฒนา เช่น สนามกอล์ฟ สนามหญ้า ริมถนน ในประเทศสหรัฐอเมริกา (King and Ward, 1977) ซึ่งพบว่าในทุกบริเวณมีปริมาณสาหร่ายในกลุ่มยูคาริโอตสูงกว่าโปรคาริโอต เช่นเดียวกับการศึกษาในประเทศอังกฤษซึ่งพบว่าสาหร่ายสีเขียวมีการแพร่กระจายมากกว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและไดอะตอม (Fritsch, 1922 อ้างโดย Sheild and Durrell, 1964) อาจจะเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันส่งผลให้ปัจจัยสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน (Lund, 1962b) โดยบริเวณที่ทำการศึกษาครั้งนี้ซึ่งมีค่า pH และอุณหภูมิของดินสูงกว่าการศึกษาของ Hunt *et al.* (1979) แต่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่า จึงพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการแพร่กระจายมากกว่า เนื่องจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นกลุ่มที่เจริญได้ดีในช่วงที่มีอุณหภูมิ ค่า pH ของดินสูง (Shield and Durrell, 1964) และในบริเวณที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ (Lund, 1945 อ้างโดย Shield and Durrell, 1964) ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในเขตอบอุ่นและเขตร้อนมีความแตกต่างกัน (Metting, 1981) โดยในเขตร้อนมีปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำ

เงินมากกว่าในเขตอบอุ่น (Watanabe and Yamamoto, 1971 อ้างโดย Metting, 1981) ส่วนสาหร่ายสีเขียวเจริญได้ดีในช่วงที่มีอากาศเย็นกว่าและมี pH ต่ำกว่า (Shield and Durrell, 1964)

อย่างไรก็ตามปริมาณสาหร่ายในดินยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีก เช่น การศึกษาใน Bereke *farm* ที่มีอายุ 14 ปีในประเทศคาซัคสถานซึ่งเป็นบริเวณที่มีดินเค็ม พบว่ามีปริมาณสาหร่ายสีเขียวถึงประมาณ 80% ในขณะที่พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและไดอะตอมเพียงเล็กน้อย ทั้งๆ ที่บริเวณที่ทำการศึกษามี pH เป็นด่าง (pH=8.12-9.93) ดังนั้นความเค็มเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อสาหร่ายในดินบริเวณนี้ (Tsujimura *et al.*, 1998b)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสาหร่ายจากทั้ง 3 ป่า พบว่าปริมาณสาหร่ายทุกกลุ่มจากทั้ง 3 ป่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Noskova (1968) อ้างโดย Archibald (1990) และ Pomelova (1970)) อ้างโดย Archibald (1990) ซึ่งพบว่าในบริเวณที่ไม่มีการบุกรุกและพื้นที่ที่ถูกบุกรุกหรือใช้ประโยชน์มีสาหร่ายในดินไม่แตกต่างกัน แต่จากการศึกษาของ King และ Ward (1977) พบว่าปริมาณสาหร่ายจากป่าที่ไม่ถูกบุกรุกและพื้นที่ที่มีการพัฒนามีค่าแตกต่างกัน โดยในป่าไม้ที่ไม่ถูกบุกรุกมีปริมาณสาหร่ายทุกกลุ่มต่ำกว่าพื้นที่ที่มีการพัฒนา เนื่องจากป่าที่ไม่ถูกบุกรุกมีค่า pH ต่ำ ส่วนป่าที่มีการพัฒนาได้รับปุ๋ยต่างๆ เพิ่มลงในดินทำให้ค่า pH ของดินสูงขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Hunt *et al.* (1979) ที่พบปริมาณสาหร่ายพวกยูคาริโอติกในพื้นที่เพาะปลูกมีค่าสูงกว่าในป่าสมบูรณ์

ชนิดและปริมาณของสาหร่ายในบริเวณป่าสมบูรณ์ ป่าที่ถูกรบกวนและป่าสงวน ที่ทำการศึกษาไม่มีความแตกต่างกัน แม้ว่าพื้นที่ทั้ง 3 บริเวณจะมีชนิดและขนาดของพันธุ์ไม้แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด อาจจะเนื่องมาจากป่าทั้ง 3 ป่าอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน นอกจากนี้พื้นที่ป่าที่ถูกรบกวนแม้ในอดีตจะมีการบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์แต่ในปัจจุบันถูกทิ้งร้างไม่มีการใช้ประโยชน์มานานหลายสิบปี จึงเกิดการแทนที่จนมีความอุดมสมบูรณ์คล้ายกับป่าสมบูรณ์ ส่วนป่าสงวนแม้ว่าจะยังมีชาวบ้านเข้าไปใช้ประโยชน์จากพื้นที่บ้างแต่ส่วนใหญ่เป็นการตัดไม้ขนาดเล็กไปใช้ประโยชน์ในครัวเรือน ไม่ได้มีการหักร้างถางพงเพื่อทำการเพาะปลูกพืชอื่นๆ เป็นสาเหตุให้ปัจจัยสภาพแวดล้อมในดินจากป่าทั้ง 3 บริเวณไม่แตกต่างกันมากนักดังได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อปัจจัยสภาพแวดล้อม ส่งผลให้ชนิดและปริมาณสาหร่ายในดินจากทั้ง 3 ป่าไม่แตกต่างกัน โดยปัจจัยสภาพแวดล้อมทั้งทางกายภาพและทางเคมีเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดโครงสร้างสังคมของสาหร่ายในดิน (Shield and Durrell, 1964; Metting, 1981; Hoffmann, 1989)

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณสาหร่ายทุกกลุ่มในแต่ละฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาใน Oklahoma Tennessee (Willson, 1975 อ้าง

โดย Metting,1981; Willson and Forest, 1957 อ้างโดย Metting,1981) และ Washington (Metting, 1979 อ้างโดย Metting, 1981) ซึ่งพบว่าองค์ประกอบสังคมสาหร่ายบริเวณผิวดินในช่วงต่างๆ ของปีไม่มีความแตกต่างกัน แต่แตกต่างจากการศึกษาในสหรัฐอเมริกาซึ่งพบว่าปริมาณสาหร่ายในดินในแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกัน (Hunt *et al.*, 1979) อาจจะเนื่องมาจากในพื้นที่ป่าโตนงาช้างตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งมีเพียง 2 ฤดูกาลคือฤดูร้อนและฤดูฝน ในภาคใต้ทั้งฤดูร้อนและฤดูฝนสภาพภูมิอากาศไม่แตกต่างกันมากนักเนื่องจากมีฝนตกชุกเกือบทั้งปี โดยเฉพาะในช่วงที่ทำการศึกษาพบว่าในฤดูร้อนมีฝนตกชุกเช่นเดียวกับในฤดูฝน ส่งผลให้ปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ทำให้สาหร่ายในแต่ละฤดูกาลแตกต่างกันไม่มากนัก โดยในเขตร้อนชื้นปริมาณน้ำฝนจัดเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสาหร่ายในแต่ละฤดูกาล (Lund, 1962a) แต่เมื่อพิจารณาถึงชนิดสาหร่ายที่พบในแต่ละฤดูกาลพบว่ามีความแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากสาหร่ายบางสกุลพบได้เฉพาะบางฤดูกาลเท่านั้น คือ *Calothrix, Dermocarpa, Synechocystis, Ulothrix* และ *Trachelomonas* เป็นสาหร่ายที่พบเฉพาะในฤดูร้อน *Mougeotiopsis, Bractaecoccus*, Unidentified genus2, *Caloneis bacillum, Eunotia faba* และ *Punctastriata pinnata* พบเฉพาะฤดูฝน นอกจากนี้สาหร่ายบางสกุลพบปริมาณมากในฤดูร้อนหรือฤดูฝนแต่อาจจะไม่พบเลยในอีกฤดูกาลหนึ่ง จึงเป็นสาเหตุให้ความหลากหลายของสาหร่ายในแต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน แต่สาหร่ายที่พบปริมาณมากมักพบได้ในทั้ง 2 ฤดูกาล ดังนั้นส่วนใหญ่สาหร่ายที่แตกต่างกันจึงเป็นสาหร่ายที่พบในปริมาณน้อย

ผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อสาหร่ายในดิน

จากการศึกษาผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อสาหร่ายในดินที่นับจำนวนโดยวิธี dilution method ซึ่งทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหาร NSIII และ BG11 ที่อุณหภูมิ 25°C และอุณหภูมิห้อง ผลการวิเคราะห์ CCA แสดงให้เห็นว่าปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษามีผลต่อสาหร่ายในดิน โดยพิจารณาผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมจากการศึกษาทั้ง 4 สภาวะร่วมกัน เนื่องจากผลการศึกษาจากทั้ง 4 สภาวะส่วนใหญ่มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Anabaena, Chroococcus, Nostoc* และ *Plectonema* เป็นกลุ่มที่พบได้มากในบริเวณที่มี ค่า pH ความชื้นในดิน แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมดในปริมาณสูง แต่มีอุณหภูมิต่ำและความเข้มแสงปานกลาง สอดคล้องกับการศึกษาของ King และ Ward (1977) ที่พบว่าในบริเวณที่มีค่า pH สูงจะมีการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากกว่าบริเวณที่มี pH ต่ำ และการศึกษาในพื้นที่ป่าและพื้นที่เพาะปลูกในประเทศสหรัฐอเมริกาที่พบว่า pH เป็นปัจจัยที่มีผลทางบวกต่อปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Hunt *et al*., 1979) โดยค่า pH ของดินจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการแพร่กระจายและความชุกชุมของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในดิน (Fogg *et al*., 1973) ในดินที่มีสภาพเป็นด่างเหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากกว่าในดินที่เป็นกรด (Metting, 1981) โดยการศึกษาทั้งในห้องปฏิบัติการและในธรรมชาติโดยตรงให้ผลเหมือนกัน คือ ในสภาวะที่มีค่า pH ต่ำกว่า 6 จะมีการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพียงเล็กน้อย ในแปลงที่มีความชื้นประมาณ 40-60% มีการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากกว่าแปลงที่มีความชื้นต่ำกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Stokes (1940) ที่พบว่าความชื้นของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายบริเวณผิวดินเท่ากับ 40, 60 และ 100 % โดยความชื้นของดินมีผลต่อการตรึงไนโตรเจนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Jones, 1977)

ในแปลงที่มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมดสูงจะมีการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่กล่าวมาข้างต้นสูงกว่าแปลงที่มีธาตุอาหารเหล่านี้ต่ำกว่า เนื่องจากแร่ธาตุในดินจะไปมีผลต่อทั้งความหลากหลายของชนิดและปริมาณมวลชีวภาพของสาหร่ายในดิน (Pipe and Shurbert, 1984) ในบริเวณที่มีค่า pH และความชื้นของดินเหมาะสมแร่ธาตุจะเป็นปัจจัยที่กำหนดชนิดและปริมาณสาหร่ายในดิน (Sheild and Durrel, 1964) โดยแร่ธาตุ

แต่ละชนิดมีผลต่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินแตกต่างกันไป แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่สำคัญซึ่งส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase) (Metting, 1981) จึงทำให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินต้องการแคลเซียมในปริมาณสูง (Aleksandrova, 1956 อ้างโดย Shield and Durrell, 1964) แมกนีเซียมมีความสำคัญต่อกระบวนการเมตาบอลิซึม (Hunt *et al.*, 1979) สารประกอบอินทรีย์มีผลต่อการแบ่งเซลล์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และการเติมไนโตรเจนลงไปในดินเพียงอย่างเดียวหรือเติมลงไปร่วมกับโพแทสเซียมหรือฟอสฟอรัสจะมีผลให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้มีจำนวนเพิ่มขึ้น (Metting, 1981)

ส่วนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Phormidium* และ *Synechococcus* พบในปริมาณมากบริเวณที่มีความเข้มแสง ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ แตกต่างจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั่วไป มีรายงานว่า *Phormidium* เจริญได้ทั้งในดินที่เป็นกรด ซึ่งมีปริมาณแร่ธาตุต่ำ (Lund, 1947 อ้างโดย Shield and Durrell, 1964) และในดินที่มีความแห้งแล้งซึ่งมีค่า pH และปริมาณแร่ธาตุต่างๆ สูง (Fogg *et al.*, 1973) ส่วนสาหร่ายสกุล *Synechococcus* เคยมีรายงานว่าพบเฉพาะในพื้นที่เพาะปลูกอายุ 11 ปี ในประเทศสหรัฐอเมริกา และพบเพียงครั้งเดียว (Hunt *et al.*, 1979) เช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งพบเพียงครั้งเดียวในฤดูฝนแต่พบในปริมาณมาก

สาหร่ายสีเขียวสกุล *Chlamydomonas, Chlorella, Chlorococcum, Chlorosarcinopsis* และ *Nephrocytium* พบมากในบริเวณที่ค่า pH ความชื้นในดิน ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจนทั้งหมดต่ำ แต่มีปริมาณแสงสูงกว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียวจัดเป็นกลุ่มที่เจริญได้ใน pH ค่อนข้างกว้าง แต่เจริญได้ดีในดินที่เป็นกรดเนื่องจากมีการแก่งแย่งกับสาหร่ายในกลุ่มอื่นน้อย เพราะสาหร่ายกลุ่มอื่นเช่นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและไดอะตอมเจริญได้น้อยหรือไม่เจริญเลย (Lund, 1962b; Hoffman, 1989; Metting, 1981) ความชื้นในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายมีค่าประมาณ 40-60% (Stokes, 1940) แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าในดินที่มีความชื้นต่ำกว่า 40% มีการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวมากกว่าในบริเวณที่มีความชื้นของดินสูงกว่า อาจจะเนื่องจากแปลงที่มีความชื้นและปริมาณแร่ธาตุสูงเหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ทำให้สาหร่ายสีเขียวเจริญได้ไม่ดีเพราะเกิดการแก่งแย่งกัน แต่ในดินที่มีความชื้นต่ำซึ่งมี pH และแร่ธาตุต่ำไม่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายในกลุ่มอื่นจะพบสาหร่ายสีเขียวเจริญได้ดี เนื่องจากสาหร่ายสีเขียวสามารถสร้างเซลล์ในระยะพัก

ระยะพัก (resting spore) เมื่อสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น แห้งแล้ง หรือปริมาณแร่ธาตุน้อย (Geitler, 1932 อ้างโดย Shield and Durrell, 1964)

สาหร่ายในกลุ่มยูกลีนอยด์ซึ่งพบเพียง 1 สกุลคือ *Trachelomonas* พบมากในบริเวณที่มีปัจจัยสภาพแวดล้อมคือ ความจุความชื้นในดิน ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด และค่า pH สูง เช่นเดียวกับการศึกษาในห้องปฏิบัติการที่พบว่าสาหร่ายในกลุ่มยูกลีนอยด์จากดินเจริญได้ดีเมื่อมีสารอินทรีย์ในปริมาณสูง (Pringsheim, 1950 อ้างโดย Metting, 1981) โดยการศึกษาผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อสาหร่ายในกลุ่มนี้ยังมีอยู่น้อยมากเมื่อเทียบกับสาหร่ายในกลุ่มอื่นๆ

สาหร่ายในกลุ่มไดอะตอมสกุล *Diadesmis* และ *Navicula* พบปริมาณมากในบริเวณที่มีความเข้มแสง และ อุณหภูมิของดินปานกลาง แต่ค่า pH ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมดสูง สาหร่ายในกลุ่มไดอะตอมเป็นกลุ่มที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อพื้นที่เช่นเดียวกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Shield and Drovet, 1957 อ้างโดย Shubert and Stark, 1980) โดยสาหร่ายในกลุ่มไดอะตอมพบมากในดินที่เป็นด่าง เนื่องจากมีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์สูงกว่าในดินที่เป็นกรด (Metting, 1981) ไดอะตอมจะมีการเจริญได้เฉพาะเมื่อมีปริมาณฟอสเฟตและไนเตรตที่เหมาะสมเพียงพอกับความต้องการ (Lund, 1954 อ้างโดย Shield and Durrell, 1964) สำหรับการศึกษาผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อสาหร่ายในกลุ่มไดอะตอมพบว่ายังมีอยู่น้อยเช่นเดียวกับสาหร่ายในกลุ่มยูกลีนอยด์

ไดอะตอมสกุล *Caloneis* และ *Cavinula* พบปริมาณมากในบริเวณที่มีความเข้มแสง อุณหภูมิของดิน ค่า pH ความชื้นในดิน ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจนทั้งหมด ค่อนข้างต่ำ โดยสาหร่ายในกลุ่มไดอะตอมพบได้ในดินหลายแบบ แต่ส่วนใหญ่เจริญได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ (Lund, 1945 อ้างโดย Shield and Durrell, 1964) ดังนั้นแม้ว่าจะมีค่า pH และแร่ธาตุต่ำก็อาจจะพบว่ามีการเจริญของไดอะตอมบางชนิดได้

อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาในครั้งนี้ไม่สามารถบอกได้แน่ชัดว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสาหร่ายในดินเนื่องจากปัจจัยสภาพแวดล้อมส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันดังได้กล่าวไปแล้วโดยหลายๆ ปัจจัยมีผลร่วมกันในการกำหนดชนิดและปริมาณสาหร่ายในดิน การศึกษาผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อสาหร่ายในดินในธรรมชาติ ทำได้ยากเนื่องจากในธรรมชาติมีปัจจัยสภาพ

แวดล้อมต่างๆ มากมายซึ่งอาจจะมีผลต่อสาหร่ายในดินได้ทุกปัจจัย และบางปัจจัยอาจจะมีผลร่วมกันในการกำหนดชนิดและปริมาณสาหร่ายในดิน เช่นการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งพบว่ามีปัจจัยหลายๆ ปัจจัยที่มีผลต่อสาหร่ายในดิน แต่ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษามีผลต่อสาหร่ายในดินไม่มากนักเนื่องจาก % variance explained จากการวิเคราะห์ CCA มีค่าต่ำ แต่ผลการศึกษาสามารถใช้พิจารณาได้ในขั้นต้นว่าในดินที่มีปัจจัยสภาพแวดล้อมเป็นแบบต่างๆ จะพบสาหร่ายในกลุ่มใดเจริญอยู่มาก

สภาวะที่ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อศึกษาปริมาณสาหร่ายโดยวิธี dilution method

ปริมาณสาหร่ายแต่ละสกุลที่พบในการศึกษาครั้งนี้มีค่าตั้งแต่ 8.0 $x10^3$ ถึง 1.0 $x10^9$ เซลล์/กรัม ซึ่งพบว่าสาหร่ายมีปริมาณสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาสาหร่ายในดินจากบริเวณอื่นๆ โดยทั่วไปปริมาณสาหร่ายในดินที่พบมีค่าอยู่ระหว่าง 10^3 และ 10^4 เซลล์/กรัม แต่อาจจะมีปริมาณสูงถึง 10^8 เซลล์/กรัม (Metting, 1981) โดยในบริเวณที่เป็นป่าไม้ปริมาณสาหร่ายในดินมีค่าระหว่าง 10^4- 10^5 เซลล์/กรัม (Texas 10^4 เซลล์/กรัม ;King and Ward, 1977 New Jersey 10^5 เซลล์/กรัม; Hunt *et al.*, 1979) สำหรับการศึกษาในแถบเอเชียคือในประเทศญี่ปุ่น พบว่าปริมาณสาหร่ายในดินมีค่าอยู่ระหว่าง 10^2-10^6 เซลล์/กรัม (Tsujimura *et al.*, 1998a)

อย่างไรก็ตามในการเปรียบเทียบปริมาณสาหร่ายในดินจากรายงานแต่ละเรื่องทำได้ยาก เนื่องจากจะต้องคำนึงถึงความลึกของดินที่เก็บตัวอย่าง อาหารเลี้ยงสาหร่าย อุณหภูมิที่เพาะเลี้ยง ระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง วิธีการนับจำนวนและจำแนกชนิดสาหร่าย (Archibald, 1990) ซึ่งถ้าใช้วิธีแตกต่างกันจะทำให้ได้ข้อมูลแตกต่างกัน เช่น การนับจำนวนสาหร่ายในดินโดยวิธี direct และ indirect count ให้ผลแตกต่างกันถึง 44% และปริมาณสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงสาหร่ายมากกว่า 1 ชนิดจะมีความแตกต่างกัน (Metting, 1981) ในการศึกษาปริมาณสาหร่ายในดินด้วยวิธี dilution method การเขย่าให้ดินกระจายก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อชนิดและปริมาณสาหร่ายในดิน (Peterson, 1935 อ้างโดย Metting, 1981) นอกจากนี้ขั้นตอนการเตรียมดินก็มีผลต่อปริมาณสาหร่ายเช่นเดียวกัน เช่น การนำดินไปผึ่งลมให้แห้งก่อนนำไปเพาะเลี้ยงสาหร่ายจะทำให้สาหร่ายบางกลุ่มถูกกำจัดออกไปโดยเฉพาะสาหร่ายในกลุ่มไดอะตอม (Tsujimura *et al.*, 1998a)

การศึกษาในครั้งนี้พบสาหร่ายในปริมาณสูงเนื่องจากนับจำนวนสาหร่ายจนถึงระดับสกุล ไม่ได้ใช้วิธีการประมาณเป็นกลุ่มเหมือนกับการศึกษาปริมาณสาหร่ายในดินส่วนใหญ่ ทำให้ได้ข้อมูลที่ค่อนข้างละเอียดกว่า อย่างไรก็ตามสาหร่ายที่พบในปริมาณสูงส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีลักษณะเป็นเส้นสาย เช่น *Nostoc, Phormidium* และ *Plectonema* ซึ่งเป็นสาหร่ายที่มีเมือกและมักจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ดังนั้นการนับจำนวนจึงอาจจะเกิดความผิดพลาดได้มาก เพราะการสุ่มตัวอย่างอาจจะพบหรือไม่พบกลุ่มสาหร่ายเหล่านี้ การนับจำนวนจึงมีความเป็นไปได้ที่จะมีค่าสูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริง อย่างไรก็ตามการนับจำนวนจนถึงระดับสกุลนับว่าเป็นวิธี

การที่ให้รายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณสาหร่ายในดินและองค์ประกอบสาหร่ายในดินได้ดีกว่าการประมาณเป็นกลุ่ม แม้ว่าจะสิ้นเปลืองเวลามากกว่าก็ตาม

การศึกษาปริมาณสาหร่ายในดินนอกจากจะต้องเลือกวิธีการนับจำนวนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณที่แท้จริงแล้ว การเลือกใช้อาหารเลี้ยงสาหร่ายและอุณหภูมิที่เหมาะสมก็มีความสำคัญเพื่อให้ได้ชนิดและปริมาณสาหร่ายที่แท้จริงที่มีอยู่ในธรรมชาติ (Hunt *et al.*, 1979) สำหรับการศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้อาหาร NSIII และ BG11 และทำการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 °C และอุณหภูมิห้อง เพื่อให้สาหร่ายในดินที่มีอยู่ในธรรมชาติเจริญได้มากที่สุด เนื่องจากอาหาร NSIII เป็นอาหารที่สาหร่ายหลายกลุ่มสามารถเจริญเติบโตได้ดี (Keowsurat *et al.*, 1988; เกศยา นิลวานิช, 2538) ส่วนอาหาร BG11 เหมาะสำหรับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Rippka *et al.*, 1979) แต่จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าในอาหารชนิดนี้พบจำนวนสกุลของสาหร่ายสีเขียว และไดอะตอมสูงเท่ากับในอาหาร NSIII นอกจากนี้ในอาหาร BG11 ที่อุณหภูมิ 25 °C ยังพบสาหร่ายในกลุ่มยูกลีนอยด์ด้วย ในขณะที่สภาวะอื่นๆ ไม่พบสาหร่ายในกลุ่มนี้

อุณหภูมิที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงได้ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่อุณหภูมิ 25 °C และอุณหภูมิห้อง (27-33 °C) โดยในอาหาร BG11 อุณหภูมิ 25 °C พบจำนวนสกุลสาหร่ายทุกกลุ่มมากที่สุด คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 8 สกุล สาหร่ายสีเขียว 8 สกุล ยูกลีนอยด์ 1 สกุล และไดอะตอมพบทั้งหมด 5 สกุล สอดคล้องกับการศึกษาในอาหารเลี้ยงสาหร่ายที่ไม่ได้เฉพาะเจาะจงสำหรับสาหร่ายกลุ่มใดพบว่าอุณหภูมิ 25 °C เหมาะสำหรับการเจริญของสาหร่ายทุกกลุ่ม และการเจริญของสาหร่ายในกลุ่มยูคาริโอติกจะลดลงถ้าเลี้ยงที่อุณหภูมิ 35 °C ในขณะที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเจริญได้ดี (Allen and Stainer, 1968) แต่จากการศึกษาในครั้งนี้ในอาหารทั้ง 2 ชนิดที่เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 °C มีจำนวนสกุลสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสูงกว่าในการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง อาจเนื่องมากจากที่อุณหภูมิประมาณ 35 °C เป็นอุณหภูมิที่สูงเกินไปสำหรับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางกลุ่มคือ กลุ่มที่สร้าง gas vacuole และสาหร่ายที่สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25 °C (Allen and Stainer, 1968) แม้ว่าในอาหาร BG11 ที่เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 °C จะมีจำนวนสกุลสาหร่ายสูงที่สุด แต่พบว่ามีสาหร่ายในดินบางสกุลที่พบเฉพาะในบางสภาวะที่ทำการเพาะเลี้ยง โดยสาหร่ายที่พบเฉพาะในอาหาร NSIII อุณหภูมิ 25 °C คือ *Calothrix* และ *Synechocystis* สาหร่ายที่พบเฉพาะในอาหาร NSIII ทั้งที่อุณหภูมิ 25 °C และอุณหภูมิห้องคือ *Phormidium* และ *Eunotia faba* สาหร่ายที่พบเฉพาะในอาหาร BG11 อุณหภูมิ 25 °C คือ *Dermocarpa, Ulothrix* และ *Punctastriata pinnata* สาหร่ายที่พบเฉพาะในอาหาร BG11 อุณหภูมิห้องคือ *Mougeotiopsis*

ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียว ยูกลีนอยด์และไดอะตอมที่พบจากการเพาะเลี้ยงทั้ง 4 สภาวะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องมาจากอาหารเลี้ยงสาหร่ายที่ไม่มีความเฉพาะเจาะจงส่วนใหญ่มีปริมาณธาตุอาหารหลักไม่แตกต่างกัน และการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิห้องมีอุณหภูมิไม่แตกต่างจากการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 °C มากนักเนื่องจากในช่วงที่ทำการศึกษามีฝนตกชุกตลอดทั้งปี ส่งผลให้ปริมาณสาหร่ายในดินที่ทำการเพาะเลี้ยงใน 4 สภาวะไม่มีความแตกต่างกัน

การแยกสาหร่ายเป็นชนิดเดี่ยว

แยกสาหร่ายเป็นชนิดเดี่ยวได้ 19 ชนิด โดยในป่าสมบูรณ์แยกได้มากที่สุด ในขณะที่ป่าที่ถูกรบกวนและป่าสงวนแยกได้น้อยกว่า แต่ไม่สามารถใช้ข้อมูลส่วนนี้ระบุได้ว่าบริเวณไหนมีความหลากหลายของสาหร่ายในดินมากกว่า เนื่องจากการแยกสาหร่ายเป็นชนิดเดี่ยวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนในการแยกสาหร่ายซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธี streak plate ในบางครั้งจะเป็นการทำลายเซลล์สาหร่ายบางชนิดที่มีความบอบบาง หรือสภาวะที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้อาหารเลี้ยงสาหร่ายเพียง 2 ชนิด คือ อาหาร NSIII และ BG11 การเจริญของสาหร่ายอาจจะถูกจำกัดโดยอาหารเลี้ยงสาหร่าย โดยเฉพาะไดอะตอมพบเพียงชนิดเดียว อาจเนื่องจากอาหารเลี้ยงไม่มีซิลิกาซึ่งสาหร่ายกลุ่มนี้ใช้ในการเจริญเติบโต ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในดินควรใช้อาหารเลี้ยงสาหร่ายหลายๆ ชนิด และอาจจะปรับค่า pH ของอาหารเลี้ยงสาหร่ายให้อยู่ในช่วงที่เป็น กรด กลาง และเป็นด่าง เพื่อให้เหมาะสมต่อการการเจริญของสาหร่ายในดินแต่ละชนิด (Archibald, 1990) เนื่องจาก pH เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการแพร่กระจายและความชุกชุมของสาหร่ายในดิน (Shields and Durrell, 1964; Fogg *et al.*, 1973)

การจำแนกชนิดสาหร่ายในดินใช้ระยะเวลาค่อนข้างมากและจำเป็นต้องใช้สาหร่ายที่แยกเป็นชนิดเดี่ยว โดยศึกษาการเจริญของสาหร่ายตั้งแต่ระยะเริ่มต้น เพื่อศึกษาการสร้างชีท การสร้างเซลล์พิเศษต่าง ๆ เช่น อะคีเนต เฮเทอโรซีสต์ ฯลฯ โดยเฉพาะสาหร่ายสีเขียวกลุ่มที่สร้าง zoospore ซึ่งจะต้องพิจารณารูปร่างของพลาสติด รูปแบบของ zoospore ไพรีนอยด์ และลักษณะของเซลล์ที่เลี้ยงไว้เป็นระยะเวลานาน