ORIGINAL ARTICLE

ความหลากหลายของสาหร่ายในดินบริเวณป่าสมบูรณ์ ป่าที่ถูกรบกวน ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้างและป่าสงวนใกล้เคียง

เบญจวรรณ แก้วเดิม[1] พิมพรรณ ตันสกุล[2] และ เสาวภา อังสุภานิช[3]

Abstract

Kaewderm, B.[1], Tansakul, P.[2] and Angsupanich, S.[3]

Diversity of soil algae in undisturbed and disturbed forests at Ton Ngachang Wildlife Sanctuary and reserved forests

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2003, 25(4) : 451-465

Species diversity of soil algae and environmental relationship were studied from undisturbed and disturbed forests at Ton Ngachang Wildlife Sanctuary and nearby reserved forests. Soil samples were collected in both dry and rainy seasons, in May and October 1999 respectively. Soil algal density was estimated by the dilution-culture method, using NSIII medium. The cultures were incubated at 25ºC and room temperature. Twenty-two genera of soil algae in Cyanophyta, Chlorophyta and Bacillariophyta divisions were identified: 17 genera from undisturbed forests, 16 genera from disturbed forests and 17 genera from reserved forests. Cyanophyta showed live highest. Comparison of soil algae from 3 sites and 2 seasons were analyzed using multivariate analysis of variance (MANOVA). The results indicated no significant difference between sites and seasons. A detrend correspondence analysis (DCA) ordination of sites and seasons revealed

[1]Wetlands International-Thailand Programme, Faculty of Environmental Management [2]Department of Biology, Faculty of Science [3]Department of Aquatic Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112 Thailand.

[1]วทม.(นิเวศวิทยา), องค์การพื้นที่ชุ่มน้ำนานาชาติประจำประเทศไทย คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม [2]M.S.(พฤกษศาสตร์), รองศาสตราจารย์, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ [3]Ph.D.(Aquatic Environmental Science), รองศาสตราจารย์, ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

รับต้นฉบับ 25 ธันวาคม 2545 รับลงพิมพ์ 12 พฤษภาคม 2546

no distinct cluster. Environmental variables were related to the species composition of soil algae by mean of canonical correspondence analysis (CCA). The significant factors that showed a relationship with the soil algae were pH, organic matter, available P, total N, exchangeable K, Ca and Mg, moisture content, light intensity and soil temperature. However, percent variance explained by CCA ordination was very low.

Key words : soil algae, diversity, Ton Ngachang Wildlife Sanctuary

บทคัดย่อ

เบญจวรรณ แก้วเดิม พิมพรรณ ตันสกุล และ เสาวภา อังสุภานิช

ความหลากหลายของสาหร่ายในดินบริเวณป่าสมบูรณ์ ป่าที่ถูกรบกวน ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้างและป่าสงวนใกล้เคียง

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2546 25(4) : 451-465

ศึกษาความหลากหลายของชนิดสาหร่ายในดินและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมกับสาหร่ายในดินในบริเวณป่าสมบูรณ์ ป่าที่ถูกรบกวนในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้างและป่าสงวนบริเวณใกล้เคียง โดยเก็บตัวอย่างในฤดูร้อนและฤดูฝน ในเดือนพฤษภาคมและตุลาคม 2542 ศึกษาปริมาณสาหร่ายด้วยวิธี dilution-culture method ด้วยการใช้อาหารเลี้ยงสาหร่าย NSIII เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25°C และอุณหภูมิห้อง พบสาหร่ายทั้งหมด 22 สกุล จัดอยู่ใน 3 ดิวิชั่น ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta และ Bacillariophyta โดยในป่าสมบูรณ์พบสาหร่าย 17 สกุล ป่าที่ถูกรบกวน 16 สกุล และป่าสงวน 17 สกุล สาหร่ายที่พบปริมาณมากคือสาหร่ายในดิวิชั่น Cyanophyta เมื่อศึกษาความแตกต่างของสาหร่ายในดินจากทั้ง 3 ป่า และทั้ง 2 ฤดูกาลโดยใช้ multivariate analysis of variance (MANOVA) พบว่าสาหร่ายในดินจากทั้ง 3 ป่า และทั้ง 2 ฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) การวิเคราะห์ detrend correspondence analysis (DCA) ไม่มีการแบ่งกลุ่มอย่างชัดเจนของป่าและฤดูกาลที่ทำการศึกษา วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมกับสาหร่ายด้วยวิธี canonical correspondence analysis (CCA) พบว่า pH อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ความจุความชื้นในดิน ความเข้มแสง และอุณหภูมิของดินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสาหร่ายในดิน อย่างไรก็ตาม % variance explain จากการวิเคราะห์ CCA มีค่าค่อนข้างต่ำ

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง จังหวัดสงขลา นับเป็นผืนป่าธรรมชาติที่มีความอุดมสมบูรณ์ เป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตนานาชนิด อีกทั้งยังเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารหลายสายที่หล่อเลี้ยงพื้นที่ราบลุ่มทะเลสาบสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง ได้มีการประกาศจัดตั้งเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้างเมื่อปี พ.ศ.2521 (กรมป่าไม้, ม.ป.ป.) ในปัจจุบันยังมีชาวบ้านบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์จากพื้นที่ ซึ่งจะส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตลดลง

สาหร่ายในดินเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญกลุ่มหนึ่งในระบบนิเวศ ถูกจัดเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มแรกในกระบวนการแทนที่ (Shields and Durrell, 1964) สาหร่ายบางกลุ่มคือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศทำให้ปริมาณไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น (Metting, 1981) สาหร่ายในดินที่เจริญอย่างหนาแน่นทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวอนุภาคของดินทำให้จับกันเป็นโครงสร้างเพื่อป้องกันการพังทะลายของดิน ทำให้เก็บกักน้ำได้มากขึ้นและป้องกันการสูญเสียน้ำจากดิน (Hoffmann, 1989) สาหร่ายในดินสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์หรือสภาวะของดินได้ (Pipe and Shubert, 1984) โดยพบว่าในดินที่ไม่มีการบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์จากพื้นที่จะมีความหลากหลายของสาหร่ายโดยเฉพาะสาหร่ายสีเขียวมากกว่าในดินที่ถูกบุกรุก (King and Ward, 1977) นอกจากนี้สาหร่ายในดินสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ปริมาณสารอาหารในดินได้ เช่น ใน

ดินที่มีปริมาณธาตุอาหารสูงจะมีการเจริญของ *Chlorella pyrenoidosa* เป็นจำนวนมาก และยังใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การสะสมสารเคมีและยาฆ่าแมลงได้ เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกลุ่มที่มีชีท (sheath) สามารถอาศัยอยู่ได้ในบริเวณที่มีความเข้มข้นของยาฆ่าแมลงและสารเคมีในปริมาณสูง (Sahu *et al*., 1992)

การศึกษาสาหร่ายในดินในประเทศไทยส่วนใหญ่เน้นศึกษาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรจึงมีการศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในนาข้าวเป็นส่วนใหญ่ (สมถวิล, 2531; Sassanarakkit and Visutthipat, 1998; พงศ์เทพ และคณะ, 2536) การศึกษาสาหร่ายในดินกลุ่มอื่นมีข้อมูลอยู่น้อยมาก เช่น เกศยา (2539) ทำการแยกสาหร่ายขนาดเล็กจากดินบริเวณมหาวิทยาลัยสงขลา-นครินทร์ พบสาหร่าย 3 กลุ่มคือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียวและไดอะตอม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยได้ทำการแยกสาหร่ายขนาดเล็กให้เป็นชนิดเดียว (unialgal) และเก็บรักษาสายพันธุ์สาหร่าย โดยสาหร่ายขนาดเล็กที่แยกได้บางส่วนได้จากตัวอย่างดินที่เก็บจากหลายจังหวัดในประเทศไทย (Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 1995) และเดือนรัตน์ (2541) ศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายสีเขียวในป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับสาหร่ายในดินของประเทศไทยมีอยู่จำกัดทั้งในด้านอนุกรมวิธานและด้านนิเวศวิทยา การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในดินบริเวณป่าสมบูรณ์ ป่าที่ถูกรบกวนในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้างและป่าสงวนใกล้เคียง ซึ่งเป็นโครงการหนึ่งที่จะทำให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับความหลากหลายของชนิดสาหร่ายในดินและความสัมพันธ์ของสาหร่ายในดินกับปัจจัยสภาพแวดล้อม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

วิธีการ

1. กำหนดและสำรวจบริเวณที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาในบริเวณป่าสมบูรณ์และป่าที่ถูกรบกวนในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้างซึ่งมีลักษณะเป็นที่ราบเชิงเขาที่มีความสูงไม่เกิน 300 เมตรจากระดับน้ำทะเล และป่าสงวนในบริเวณใกล้เคียง โดยป่าสมบูรณ์เป็นป่าที่ไม่เคยมีการบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์ ป่าที่ถูกรบกวนเป็นป่าที่ในอดีตเคยมีชาวบ้านบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์ ต่อมาเมื่อมีการประกาศให้พื้นที่นี้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง รัฐจึงยึดพื้นที่จากประชาชน ทำให้พื้นที่ที่ถูกบุกรุกในอดีตได้มีการฟื้นตัวเกิดการแทนที่ตามธรรมชาติจนถึงปัจจุบัน และป่าสงวนเป็นบริเวณป่าสงวนที่ในปัจจุบันยังมีชาวบ้านบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์ (Figure 1)

แต่ละป่าวางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มขนาดแปลง 10 เมตร × 10 เมตร จำนวน 5 แปลง แต่ละแปลงแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 2 เมตร × 2 เมตร จำนวน 5 แปลง และในแต่ละแปลงย่อยแบ่งเป็น 5 จุดสำหรับเก็บตัวอย่างดิน

2. การเก็บตัวอย่างดิน

ในแต่ละแปลง เก็บตัวอย่างดินในแปลงย่อยทั้ง 5 แปลง โดยใช้พลั่วมือขุดบริเวณผิวดินในแปลงย่อยทั้ง 5 จุด ลึก 1-2 ซม. (Hunt *et al*., 1979) ตัวอย่างละประมาณ 300 กรัม เก็บตัวอย่างดินใส่ถุงพลาสติกที่สะอาด นำดินทั้ง 5 ตำแหน่งมาผสมกัน ทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 1 ปี โดยเก็บตัวอย่างดิน 2 ครั้ง คือฤดูร้อนและฤดูฝน สำหรับฤดูร้อนเก็บในเดือนพฤษภาคม 2542 และฤดูฝนเก็บในเดือนตุลาคม 2542

3. การศึกษาสาหร่าย

ศึกษาชนิดและปริมาณสาหร่ายในดินโดยวิธีเจือจาง (dilution method) นำตัวอย่างดิน 10 กรัม ใส่ในอาหารสังเคราะห์ NSIII (Hosakul, 1972) ให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 50 มล. และเขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที นำมาเจือจางแบบ 10-folded dilution ให้ได้ความเข้มข้น 10^{-1} - 10^{-5} (Allen and Stanier, 1968) ทำการศึกษาความเข้มข้นละ 5 ซ้ำ นำไปเพาะเลี้ยงบนชั้นเลี้ยงที่ความเข้มแสง 3,000-4,000 ลักซ์ ช่วงแสงสว่าง : มืด เท่ากับ 16 : 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25°C และอุณหภูมิห้อง (ฤดูร้อนมีอุณหภูมิระหว่าง 27-33°C และฤดูฝนมีอุณหภูมิระหว่าง 25.5-31°C) ตรวจสอบการเจริญโดยนับจำนวนสาหร่ายแต่ละสกุลในความเข้มข้น 10^{-3} ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่มีสาหร่ายเติบโตได้ดีที่สุด โดยใช้สไลด์สำหรับนับเม็ดเลือด (haemacytometer) หลังจากการเพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์

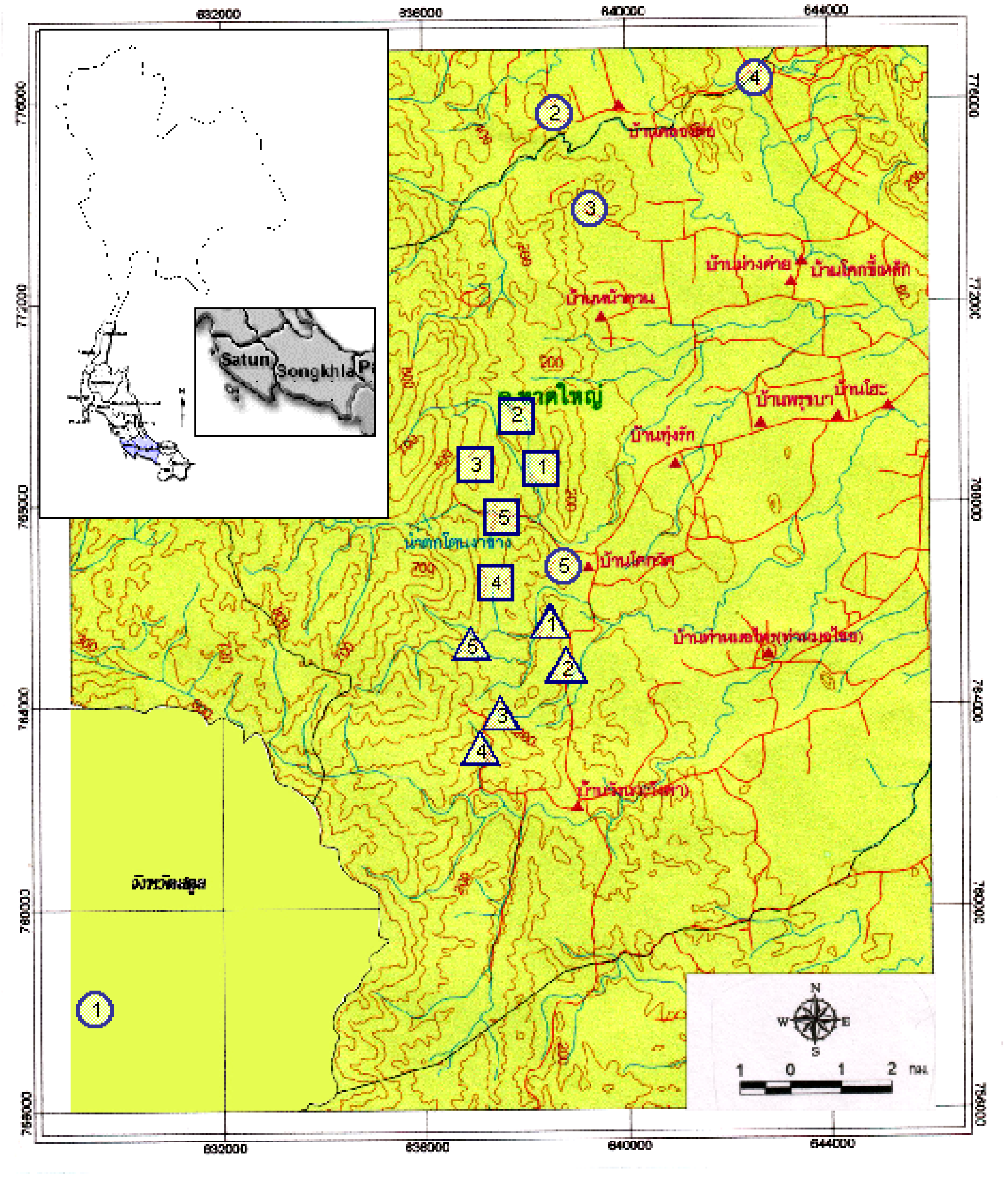


Figure 1. Map of study sites (source: Royal Thai Survey Department)
△ Undisturbed forests □ Disturbed forests ○ Reserved forests

4. การศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อม

ศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมขณะเก็บตัวอย่างดินคือ อุณหภูมิของดินวัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ และความเข้มแสงบริเวณผิวดินวัดโดยใช้เครื่องวัดความเข้มแสง (Lux meter)

ศึกษาสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการคือ ค่าความชื้นในดิน (moisture content) หาค่าโดยการอบตัวอย่างดินประมาณ 10 กรัม ที่อุณหภูมิ 105ºC เป็นเวลา 1 คืน (Gardner, 1986) ตัวอย่างดินอีกส่วนหนึ่งนำมาผึ่งลมให้แห้งแล้วส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ที่หน่วยปฏิบัติการ

วิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน ได้แก่ ค่า pH ของดินวัดโดยใช้ pH meter ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) โดยวิธี Kjedahl method (Bremner and Mulvaney, 1982) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) โดยวิธี Walkey & Black method (Nelson and Sommers, 1982) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) โดยวิธี Bray no.2 (Olsen and Sommers, 1982) ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca, Mg, K) โดยวิธี Ammonium acetate extraction (Thomas, 1982)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ปัจจัยสภาพแวดล้อม

เปรียบเทียบค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมในแต่ละป่าและแต่ละฤดูกาลโดยใช้ Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) และวิเคราะห์ความคล้ายคลึงระหว่างป่าและฤดูกาลที่ทำการศึกษาโดยใช้ค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมด้วย Principle Component Analysis (PCA)

5.2 ปริมาณสาหร่าย

5.2.1 เปรียบเทียบปริมาณสาหร่ายแต่ละกลุ่มในป่าสมบูรณ์ ป่าที่ถูกรบกวน และป่าสงวน และเปรียบเทียบปริมาณสาหร่ายแต่ละฤดูกาล โดยใช้ Analysis of Variance

5.2.2 เปรียบเทียบปริมาณสาหร่ายจากทั้ง 3 ป่า โดยใช้ Multivariate Analysis of Variance และวิเคราะห์ความคล้ายคลึงระหว่างป่าและฤดูกาลที่ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลชนิดและปริมาณสาหร่ายโดยวิเคราะห์ Detrended Correspondence Analysis (DCA)

5.3 ผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อชนิดและปริมาณสาหร่าย

ใช้ Canonical Correspondense Analysis (CCA) ในการวิเคราะห์ผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อชนิดและปริมาณสาหร่าย

การวิเคราะห์ Analysis of Variance ใช้โปรแกรม SPSS version 10 ส่วนการวิเคราะห์ multivariate analysis ใช้โปรแกรม PC-ORD version 3.20

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปัจจัยสภาพแวดล้อม

ปัจจัยสภาพแวดล้อมจากป่าทั้ง 3 ป่า และจากทั้ง 2 ฤดูกาลไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นอุณหภูมิของดินในป่าแต่ละป่าและแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อุณหภูมิของดินมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในป่าสงวน (ฤดูร้อน 31.00±1.87°C ฤดูฝน 27.30±1.64°C) รองลงมาคือป่าสมบูรณ์ (ฤดูร้อน 27.10±1.34°C ฤดูฝน 25.60±0.5°C) และป่าที่ถูกรบกวน (ฤดูร้อน 26.00±0.71°C ฤดูฝน 24.00±0°C) ตามลำดับ สาเหตุอาจเนื่องจากในป่าสงวนต้นไม้มีขนาดเล็กและเรือนยอดไม่หนาแน่นทำให้แสงแดดสามารถส่องถึงพื้นล่างได้มากกว่า เช่นเดียวกับความเข้มแสงที่ในป่าสงวนมีค่าค่อนข้างสูง ดังนั้นอุณหภูมิดินจึงมีค่าสูงตามไปด้วยเพราะอุณหภูมิดินในชั้นหน้าดินขึ้นอยู่กับปริมาณแสง อย่างไรก็ตามอุณหภูมิดินก็ยังขึ้นอยู่กับช่วงเวลาว่ามีแสงนานเท่าใด หรือรังสีแสงที่กระทบผิวดินในช่วงเวลากลางวันว่ามีมากน้อยเพียงใดและนานเท่าไร รวมทั้งขึ้นอยู่กับความสามารถในการส่งผ่านความร้อนของหน้าดินเอง จึงเป็นเหตุให้ดินแต่ละพื้นที่ในแนวนอนได้รับพลังงานแสงที่แตกต่างกันออกไป ผลคือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในชั้นหน้าดินจะไม่มีความสม่ำเสมอ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2527) และอุณหภูมิในฤดูฝนต่ำกว่าฤดูร้อน ส่วนค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่ทำการศึกษาในแต่ละป่าและแต่ละฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (Figure 2)

เมื่อพิจารณาถึงค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ พบว่า pH ของดินในป่าที่ทำการศึกษาทุกป่ามีค่าเป็นกรดใกล้เคียงกัน และมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของประกาศ (2541) ทำนองเดียวกับการศึกษาในพื้นที่บริเวณอำเภอรัตภูมิจังหวัดสงขลา ที่ปล่อยทิ้งไว้ให้เป็นป่าอายุ 9 ปี พบว่าค่า pH ของดินค่อนข้างเป็นกรดคือ 4.83 (สินธุ, 2544) สาเหตุเนื่องมาจากค่า pH ของดินขึ้นอยู่กับการถูกชะล้าง (สรสิทธิ์, 2527) และการผุสลายของอินทรียวัตถุ ดังนั้นในเขตร้อนชื้นซึ่งมีอุณหภูมิของดินสูงและมีความชื้นมาก การผุสลาย

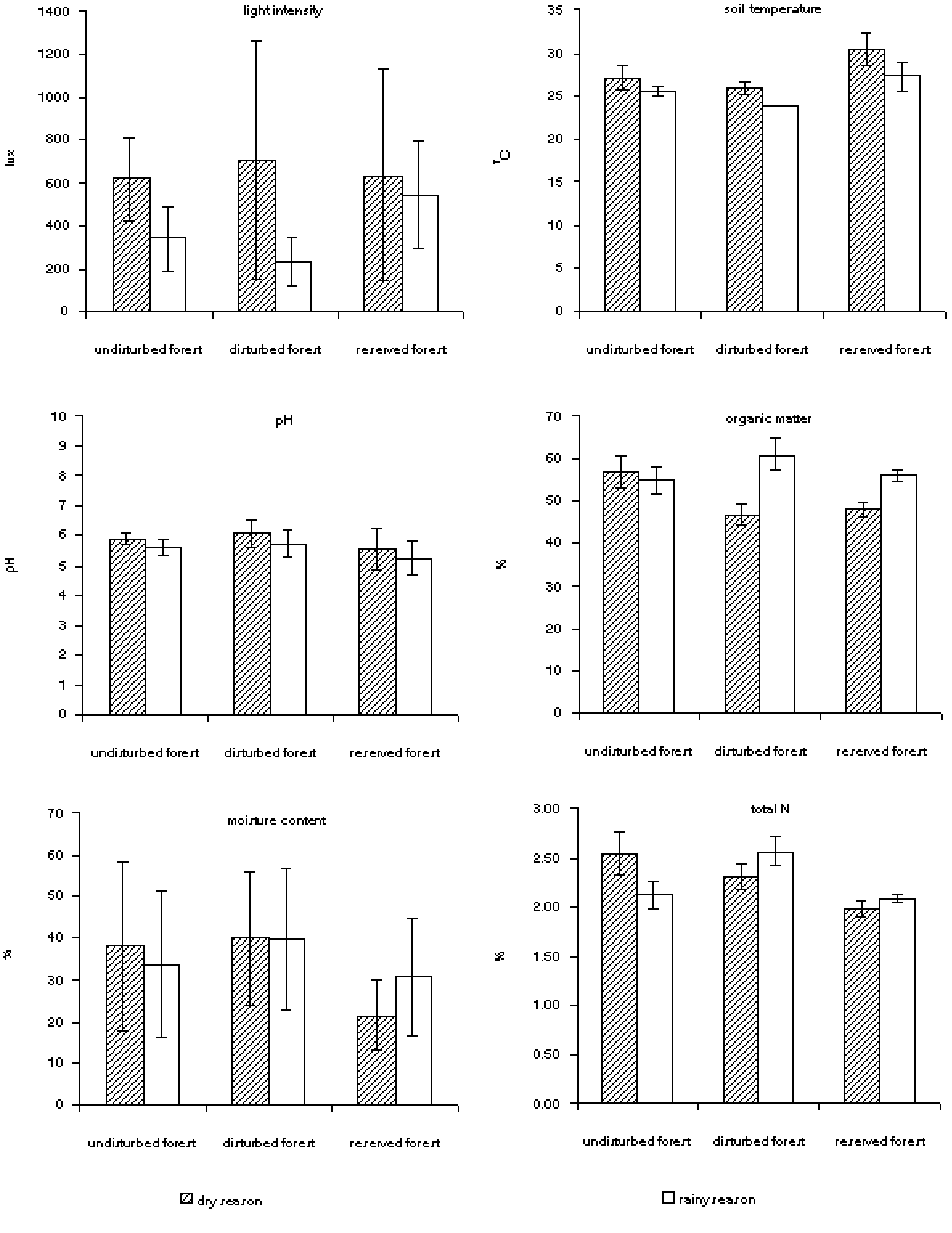


Figure 2. Environmental factors at time of collection. Values are mean ± S.D.

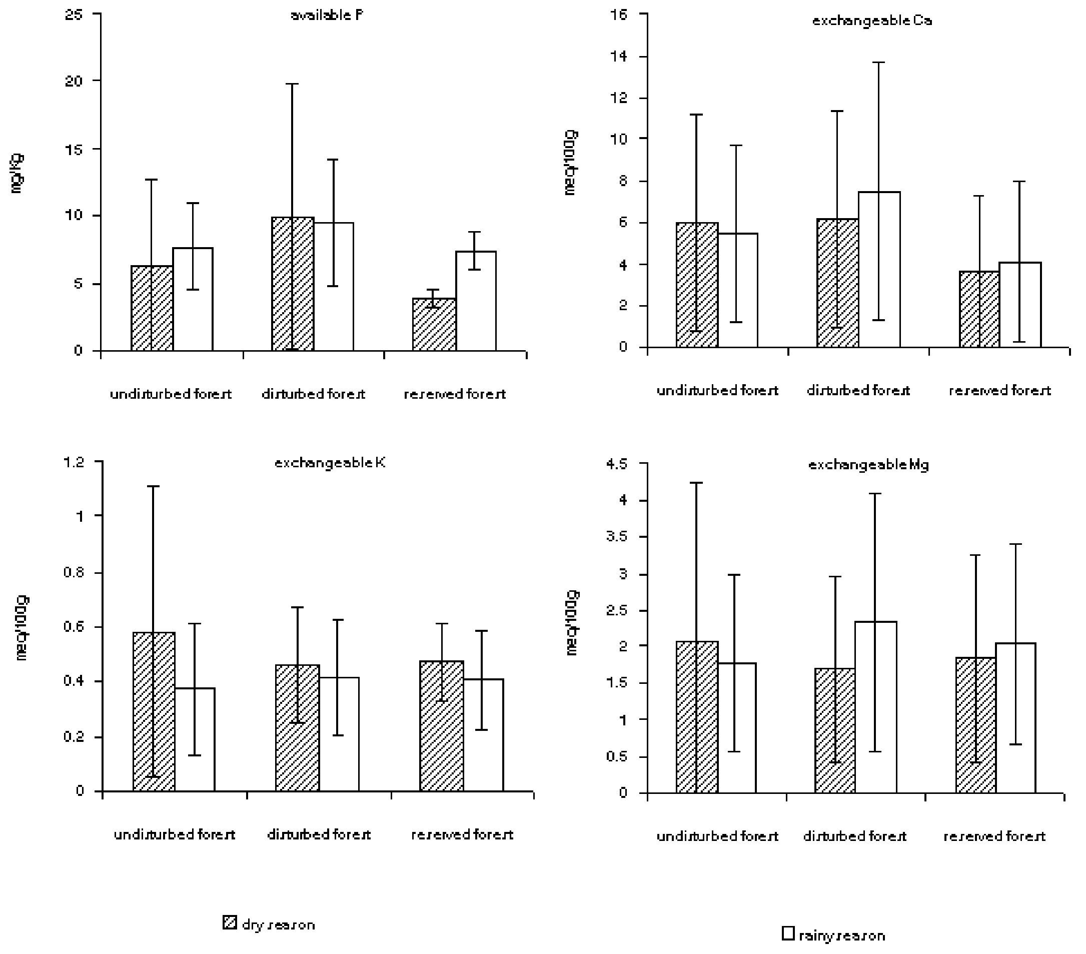


Figure 2. Environmental factors at time of collection. Values are mean ± S.D. (cont.)

และการชะล้างธาตุอาหารพืชเป็นไปในอัตราสูง มีผลให้ดินมีสภาพเป็นกรด (ผการัตน์, 2535) และพบว่าค่า pH ของดินในฤดูฝนมีค่าเป็นกรดมากกว่าฤดูร้อนเล็กน้อยอาจเนื่องมาจากในฤดูฝนอัตราการชะล้างมากกว่าฤดูร้อน

สำหรับค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ พบว่าแต่ละค่ามีความแปรผันค่อนข้างมาก โดยมีค่าแปรผันตามปริมาณอินทรียวัตถุและความชื้นในดิน เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่ได้มาจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน (Landon, 1991) แหล่งสำคัญที่เป็นที่มาของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมี 4 ประเภทคือ ซากพืชซากสัตว์ในดิน อินทรียวัตถุ แร่ฟอตเฟตดั้งเดิมในดิน และปุ๋ยฟอตเฟต ปริมาณฟอสฟอรัสในดินจะแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดิน ระยะเวลาการผุสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดินและการชะล้าง ในกรณีที่ไม่มีการเพิ่มฟอสฟอรัสให้กับดินเป็นระยะเวลานาน อินทรีย์ฟอสฟอรัสในอินทรียวัตถุเป็นแหล่งที่สำคัญต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน เพราะจะมีการเปลี่ยนรูปไปเป็นอนินทรีย์ฟอสฟอรัสอย่างช้าๆ ตลอดเวลา ดังนั้นในบริเวณที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงและพื้นที่มีความลาดเอียงต่ำไม่ถูกชะล้างจากน้ำฝน จึงมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าบริเวณอื่น (สรสิทธิ์, 2527) ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีแหล่งที่มาจากหินและแร่ต่างๆ ที่ให้กำเนินดินและระดับของการผุพัง (degree of weathering) ของหินและแร่ที่ให้กำเนิดดินนั้น (เอิบ, 2533)

และจะมีค่าแปรผันตามปริมาณอินทรียวัตถุและความชื้นในดิน กล่าวคือบริเวณที่มีปริมาณอินทรียวัตถุและความชื้นในดินสูงจะมีค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมที่กล่าวมาแล้วสูง (Landon, 1991)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความคล้ายคลึงระหว่างป่าและฤดูกาลที่ทำการศึกษาโดยใช้ค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมด้วยวิธี PCA ก็ให้ผลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์โดยใช้ MANOVA โดยการวิเคราะห์ PCA แสดงความสัมพันธ์แบบ 2 มิติ ในแนวแกน PCA แกนที่ 1 และ PCA แกนที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีการแบ่งกลุ่มอย่างชัดเจนของป่าและฤดูกาลที่ทำการศึกษา (Figure 3)

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ป่าสมบูรณ์ ป่าที่ถูกรบกวน และป่าสงวน มีค่าปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษาแตกต่างกันไม่มากนัก แม้ว่าจะมีองค์ประกอบของพืชแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากป่าทั้ง 3 ป่าอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน ดินและหินมีแหล่งกำเนิดและลักษณะคล้ายกันจึงทำให้มีปริมาณธาตุอาหารใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ในพื้นที่ป่าที่ถูกรบกวนแม้ในอดีตจะมีการบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์จากพื้นที่ แต่ในปัจจุบันถูกทิ้งร้างไม่มีการบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์มานานหลายสิบปีจึงเกิดการแทนที่จนมีความอุดมสมบูรณ์คล้ายกับป่าสมบูรณ์ ส่วนป่าสงวนแม้ว่ายังมีชาวบ้านเข้าไปใช้ประโยชน์จากพื้นที่อยู่บ้างแต่ส่วนใหญ่เป็นการตัดต้นไม้ขนาดเล็กเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในครัวเรือน ไม่มีการหักร้างถางพงเพื่อเพาะปลูกพืชอื่นๆ เป็นสาเหตุให้ปัจจัยสภาพแวดล้อมไม่แตกต่างกันมากนัก

สาหร่าย

จากการเก็บตัวอย่างดินในฤดูแล้งและฤดูฝน จากป่าสมบูรณ์ ป่าที่ถูกรบกวน และป่าสงวนใกล้เคียง นำมาศึกษาสาหร่ายด้วยวิธีการเจือจาง (dilution method) โดยทำการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 25°C พบสาหร่าย 22 สกุล ใน 3 ดิวิชั่น คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Cyanophyta) สาหร่ายสีเขียว (Chlorophyta) และ ไดอะตอม (Bacillariophyta) ความหลากหลายของสาหร่ายในระดับสกุลมีค่าใกล้เคียงกันในทั้ง 3 ป่า และในทั้ง 2 สภาวะที่ทำการเพาะเลี้ยง โดยในป่าสมบูรณ์พบสาหร่าย

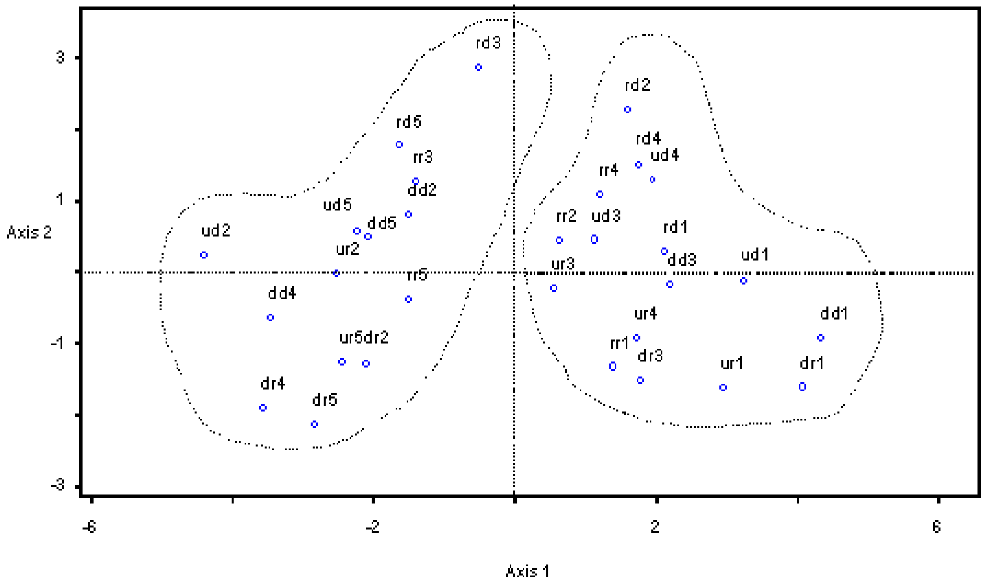


Figure 3. Axes 1 and 2 of PCA of the environmental factors. (Eigenvalue axis 1 = 5.747 axis 2 = 1.60) (ud = undisturbed forest, dry season ur = undisturbed forest, rainy season dd = disturbed forest, dry season dr = disturbed forest, rainy season rd = reserved forest, dry season rr = reserved forest, rainy season; the number indicated replication)

17 สกุล ป่าที่ถูกรบกวน 16 สกุล และป่าสงวน 17 สกุล สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พบหลากหลายมากที่สุด (9 สกุล) รองลงมาคือสาหร่ายสีเขียว (8 สกุล) และไดอะตอม (5 สกุล) สาหร่ายที่มีการแพร่กระจายกว้างโดยพบในทุกป่าและในทุกฤดูกาลคือ *Nostoc, Chlorococcum* และ *Diadesmis* โดยเฉพาะ *Nostoc* และ *Chlorococcum* เป็นสาหร่ายที่พบมีการแพร่กระจายกว้างทั่วโลก (Metting, 1981; Shield and Durrell, 1964; Hoffmann, 1989)

ปริมาณสาหร่ายจากป่าสมบูรณ์ ป่าที่ถูกรบกวน และป่าสงวน จากการเพาะเลี้ยงทั้ง 2 สภาวะให้ผลไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียว และไดอะตอมมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยปริมาณสาหร่ายแต่ละกลุ่มจากป่าทั้ง 3 ป่าและจากทั้ง 2 ฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (Tables 1, 2, 3 Figure 4)

เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความคล้ายคลึงระหว่าง

Table 1. List of species and density of soil algae cultured at 25ºC and room temperature in undisturbed forests at Ton Ngachang Wildlife Sanctuary ($\times 10^3$ cells g^{-1}). Each number is the mean of five samples.

	25ºC		room temperature	
	dry season	rainy season	dry season	rainy season
Cyanophyta				
Anabaena spp.	-	-	3,952	141,144
Calothrix sp.	-	-	-	-
Chroococcus sp.	-	-	456	-
Hapalosiphon sp.	-	-	400	-
Nostoc spp.	103,528	107,760	132,584	96,640
Phormidium sp.	4,344	143,720	80,320	-
Plectonema sp.	423,048	-	31,320	201,880
Synechococcus sp.	-	99,200	-	-
Synechocystis sp.	1,112	-	-	-
total	532,032	350,680	249,032	439,664
Chlorophyta				
Bractaecoccus sp.	-	-	-	16,400
Cladophora sp.	-	-	-	-
Chlamydomonas spp.	-	-	120	-
Chlorella sp.	53,680	102,704	22,080	-
Chlorococcum spp.	6,280	22,744	14,224	18,756
Chlorosarcinopsis spp.	536	72	4,632	2,208
Cosmarium sp.	-	-	-	-
Nephrocytium sp.	-	-	-	-
total	60,496	125,520	41,056	37,364
Bacillariophyta				
Caloneis bacillum	-	-	-	-
Cavinula sp.	-	768	792	-
Diadesmis sp.	4,368	2,320	2,040	9,512
Eunotia faba	-	-	-	736
Navicula sp.	4,240	288	32	224
total	8,608	3,376	2,864	10,472
grand total	601,136	479,576	292,952	487,500

Table 2. List of species and density of soil algae cultured at 25ºC and room temperature in disturbed forests at Ton Ngachang Wildlife Sanctuary (×10³ cells g⁻¹). Each number is the mean of five samples.

	25ºC		room temperature	
	dry season	rainy season	dry season	rainy season
Cyanophyta				
Anabaena spp.	24,408	25,280	5,040	15,040
Calothrix sp.	1,200	-	-	-
Chroococcus sp.	-	-	-	-
Hapalosiphon sp.	24,000	14,400	16,600	11,920
Nostoc spp.	96,520	131,240	20,656	129,760
Phormidium sp.	-	185,600	66,020	-
Plectonema sp.	12,100	14,200	74,136	6,400
Synechococcus sp.	-	-	-	-
Synechocystis sp.	-	-	-	-
total	158,228	370,720	182,452	163,120
Chlorophyta				
Bractaecoccus sp.	-	-	-	-
Cladophora sp.	-	-	-	-
Chlamydomonas spp.	33,864	60,640	21,120	91,872
Chlorella sp.	-	-	-	4,720
Chlorococcum spp.	49,400	109,024	69,632	41,104
Chlorosarcinopsis spp.	67,564	-	159,360	-
Cosmarium sp.	8,120	-	-	-
Nephrocytium sp.	10,392	8,360	416	2,150
total	169,340	178,024	250,528	139,846
Bacillariophyta				
Caloneis bacillum	-	2,288	-	6,312
Cavinula sp.	28,416	-	3,000	3,120
Diadesmis sp.	336	3,736	400	864
Eunotia faba	-	-	-	-
Navicula sp.	-	8	-	-
total	28,752	6,032	3,400	10,296
grand total	356,320	554,776	436,380	313,262

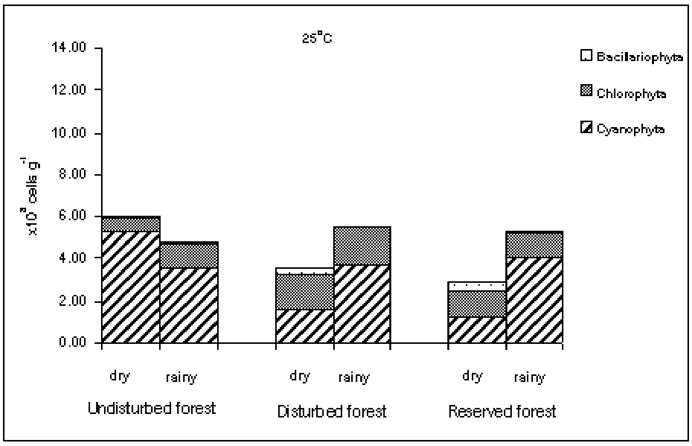
ป่าและฤดูกาลที่ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลชนิดและปริมาณสาหร่าย ซึ่งพบว่าไม่มีการแบ่งกลุ่มอย่างชัดเจนของป่าและฤดูกาลที่ทำการศึกษา แสดงให้เห็นว่าชนิดและปริมาณสาหร่ายในดินจากป่าทั้ง 3 ป่า และจากทั้ง 2 ฤดูกาลไม่แตกต่างกันมากนัก (Figures 5, 6) สอดคล้องกับการศึกษาของ Noskova (1968) และ Pomelova (1970) อ้างโดย Archibald (1990) ซึ่งพบว่าในบริเวณที่ไม่มีการบุกรุกและพื้นที่ที่ถูกบุกรุกหรือใช้ประโยชน์มีสาหร่ายในดินไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากป่าทั้ง 3 ป่าอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน นอกจากนี้พื้นที่ป่าที่ถูกรบกวนแม้ในอดีตจะมีการบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์แต่ในปัจจุบันถูกทิ้งร้างไม่มีการใช้ประโยชน์มานานหลายปี จึงเกิดการแทนที่จนมีความอุดมสมบูรณ์คล้ายป่าสมบูรณ์ ส่วนป่าสงวนแม้ว่าจะยังมีชาวบ้านเข้าไปใช้ประโยชน์จากพื้นที่บ้างแต่ส่วนใหญ่เป็นการตัดต้นไม้ขนาดเล็กไปใช้ประโยชน์ในครัวเรือน ไม่มีการหักร้างถางพงเพื่อทำการเพาะปลูกพืชอื่นๆ เป็นเหตุให้

Table 3. List of species and density of soil algae cultured at 25ºC and room temperature in reserved forests at Ton Ngachang Wildlife Sanctuary (×10³ cells g⁻¹). Each number is the mean of five samples.

	25ºC		room temperature	
	dry season	rainy season	dry season	rainy season
Cyanophyta				
Anabaena spp.	5,720	-	171,552	20,480
Calothrix sp.	-	-	-	-
Chroococcus sp.	-	-	-	154,800
Hapalosiphon sp.	560	2,080	-	-
Nostoc spp.	114,728	127,240	399,696	77,840
Phormidium sp.	-	-	13,600	-
Plectonema sp.	-	270,720	-	14,400
Synechococcus sp.	-	-	-	-
Synechocystis sp.	-	-	-	-
total	121,008	400,040	584,848	267,520
Chlorophyta				
Bractaecoccus sp.	-	-	-	-
Cladophora sp.	-	2,224	-	-
Chlamydomonas spp.	64,168	24,960	139,016	363,680
Chlorella sp.	37,112	74,240	-	-
Chlorococcum spp.	24,118	22,752	256,240	154,688
Chlorosarcinopsis spp.	1,880	712	-	-
Cosmarium sp.	-	-	2,024	-
Nephrocytium sp.	2,176	-	-	451,600
total	129,454	124,888	397,280	969,968
Bacillariophyta				
Caloneis bacillum	-	2,920	-	-
Cavinula sp.	1,032	-	-	-
Diadesmis sp.	38,928	2,832	832	4,504
Eunotia faba	-	168	-	-
Navicula sp.	-	-	-	-
total	39,960	5,920	832	4,504
grand total	290,422	530,848	982,960	1,241,992

ปัจจัยสภาพแวดล้อมจากทั้ง 3 ป่าไม่แตกต่างกันมากนัก ส่งผลให้ชนิดและปริมาณสาหร่ายในดินจากทั้ง 3 ป่าไม่แตกต่างกัน โดยปัจจัยสภาพแวดล้อมทั้งทางกายภาพและทางเคมีเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดโครงสร้างสังคมของสาหร่ายในดิน (Shield and Durrell, 1964; Metting, 1981; Hoffmann, 1989)

ปริมาณสาหร่ายจากป่าสมบูรณ์ที่เพาะเลี้ยงในทั้ง 2 สภาวะและป่าสงวนที่เพาะเลี้ยงในอุณหภูมิ 25ºC สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดและมีปริมาณมากกว่าสาหร่ายในกลุ่มไดอะตอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่สาหร่ายสีเขียวมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและไดอะตอม ($P>0.05$) ในขณะที่ป่าที่ถูกรบกวนจากการเพาะเลี้ยงทั้ง 2 สภาวะ และจากป่าสงวนที่เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียว และไดอะตอมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



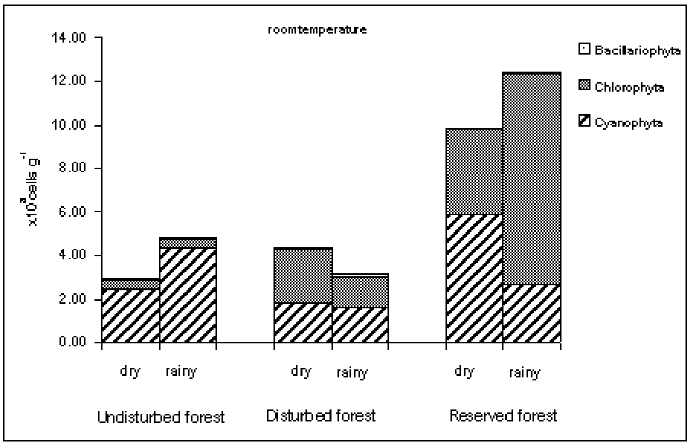


Figure 4. Soil algal density in undisturbed forests, disturbed forests and reserved forests at 25ºC and room temperature. Each bar is the mean of five samples.

ทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่าป่าทั้ง 3 ป่ามีปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินใกล้เคียงกันสาหร่ายสีเขียวในขณะที่สาหร่ายในกลุ่มไดอะตอมมีปริมาณต่ำกว่าสาหร่าย 2 กลุ่มแรกค่อนข้างมาก แตกต่างจากการศึกษาของ King and Ward (1977) และ Hunt *et al.* (1979) ซึ่งพบว่าในป่าไม้และพื้นที่ที่มีการพัฒนาพบสาหร่ายกลุ่มยูคาริโอตมากกว่าโปรคาริโอต อาจเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณสาหร่ายในดินที่พบแตกต่างกัน

ปริมาณสาหร่ายในฤดูร้อนและฤดูฝนจากทั้ง 3 ป่าจากการเพาะเลี้ยงทั้ง 2 สภาวะ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อาจเนื่องมาจากพื้นที่ป่าโตนงาช้างตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ในภาคใต้ทั้งฤดูร้อนและฤดูฝนมีสภาพภูมิอากาศไม่แตกต่างกันมากนักเนื่องจากมีฝนตกชุกตลอดทั้งปี โดยเฉพาะในช่วงที่ทำการศึกษาพบว่าในฤดูร้อนมีฝนตกชุกเช่นเดียวกับในฤดูฝน ส่งผลให้ชนิดและปริมาณสาหร่ายในดินไม่แตกต่างกัน โดยในเขตร้อนชื้นปริมาณน้ำฝนจัดเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสาหร่ายในแต่ละฤดูกาล (Landon, 1962)

การศึกษาผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อสาหร่ายในดิน

ในการวิเคราะห์ผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อชนิดและปริมาณสาหร่ายในดินโดยการวิเคราะห์ CCA ordina-

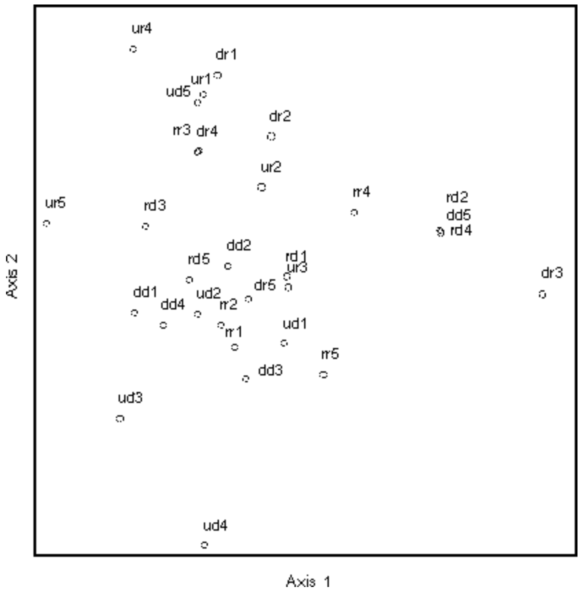


Figure 5. Axes 1 and 2 of DCA ordination of soil algae at 25ºC. (Eigenvalue Axis 1 = 0.457, Axis 2 = 0.294) (ud = undisturbed forest, dry season ur = undisturbed forest, rainy season dd = disturbed forest, dry season dr = disturbed forest, rainy season rd = reserved forest, dry season rr = reserved forest, rainy season; the number indicated replication)

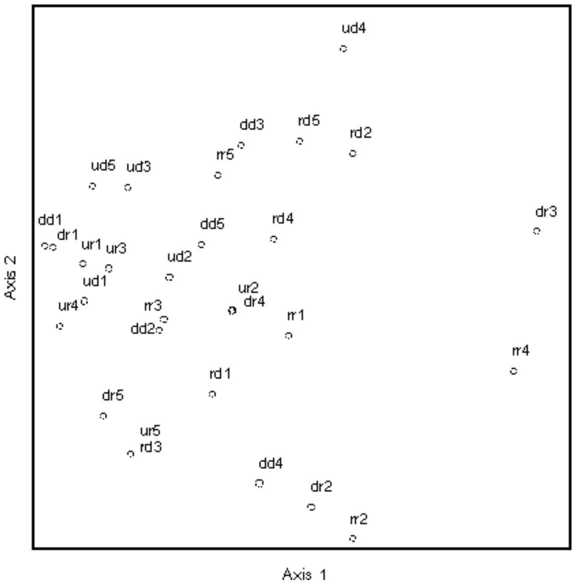


Figure 6. Axes 1 and 2 of DCA ordination of soil algae at room temperature. (Eigenvalue Axis 1 = 0.475, Axis 2 = 0.270) (ud = undisturbed forest, dry season ur = undisturbed forest, rainy season dd = disturbed forest, dry season dr = disturbed forest, rainy season rd = reserved forest, dry season rr = reserved forest, rainy season; the number indicated replication)

tion ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมดมี 10 ปัจจัยคือ ความชื้นในดิน อุณหภูมิดิน ความเข้มแสง ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ค่า pH ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษามีผลต่อสาหร่ายในดินแต่มีผลไม่มากนัก เนื่องจาก % variance explained จากการวิเคราะห์ CCA มีค่าต่ำ โดยการศึกษาผลของปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อสาหร่ายในดินในธรรมชาติทำได้ยาก เนื่องจากในธรรมชาติมีปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ มากมายซึ่งอาจจะมีผลต่อสาหร่ายในดินได้ทุกปัจจัย และบางปัจจัยอาจจะมีผลร่วมกันในการกำหนดชนิดและปริมาณสาหร่ายในดิน เช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งพบว่ามีปัจจัยหลายๆ ปัจจัยที่มีผลต่อสาหร่ายในดิน

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT 542016 และขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. ม.ป.ป. ข้อมูลพื้นฐานรายงานฉบับร่างแผนแม่บทเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง จังหวัดสงขลา-สตูล, กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เกศยา นิลวานิช. 2539. การแยกสาหร่ายขนาดเล็กจากดินในบริเวณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, โครงงานทางชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2527. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เดือนรัตน์ ชลอุดมกุล. 2541. การศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายสีเขียวในป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประกาศ สว่างโชติ. 2541. ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชในป่าดิบชื้นเขตร้อนระดับต่ำ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง จ.สงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิเวศวิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ผการัฐ รัฐเขต. 2535. ดินป่าไม้, ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พงศ์เทพ อันตะริกานนท์, สุริยา สาสนรักกิจ และ ประเสริฐ อะมริต. 2536. ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว, กสิกร., 66(4): 323-327.

สมถวิล วัลลิสุต. 2531. การศึกษาการแพร่กระจายและการคัดเลือกสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่ตรึงไนโตรเจนได้เพื่อนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สรสิทธ์ วัชโรทยาน. 2527. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สินธุ แก้วสินธิ์. 2544. การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางนิเวศวิทยาและสมบัติของดินในระบบการใช้ที่ดินแบบการปลูกพืชร่วม การปลูกแบบวนเกษตร และพื้นที่ป่า, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2533. ดินของประเทศไทย: ลักษณะการแจกกระจายและการใช้, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Allen, M.M. and Stanier, R.Y. 1968. Selective isolation of blue-green algae from water and soil, J. Gen. Microbiol., 51: 203-209.

Archibald, P.A. 1990. Soil algae, In D.L. Dindal (ed.), Soil Biology Guide, pp.69-96. John Wiley & Sons, Inc.

Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-Total, In A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.), Method of Soil Analysis, Part 2 (2nd ed.), pp.595-624. Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc.

Gardner, W.H. 1986. Water content, In A. Klute (ed.), Method of Soil Analysis, Part 1 (2nd ed.), pp.493-544. Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc.

Hoffmann, L. 1989. Algae of terrestrial habitats, Bot. Rev., 55: 77-105.

Hosakul, K. 1972. The Selection and Growth Characteristics of Some Local Microalgae Tolerating High Temperature, Master of Science in Microbiology, Faculty of Science and Art, Kasetsart University.

Hunt, M.E., Floyd, G.L. and Stout, B.B. 1979. Soil algae in field and forest environment. Ecology, 60(2): 362-375.

King, J.M. and Ward, C.H. 1977. Distribution of edaphic algae as related to land usage, Phycologia., 16: 23-30.

Landon, J.R. 1991. Booker Tropical Soil Manual, Longman Scientific & Technical, New York.

Metting, B. 1981. The systematics and ecology of soil algae, Bot. Rev., 47(2): 195-132.

Nelson, D.W. and Sommers, L.M. 1982. Total carbon, Organic carbon and organic matter. In A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.), Method of Soil Analysis, Part 2 (2nd ed.), pp. 539-579. Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc.

Olsen, S.R. and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus, In A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.), Method of Soil Analysis, Part 2 (2nd ed.), pp.403-430. Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc.

Pipe, A.E. and Shubert, L.E. 1984. The use of algae as indicator of soil fertility, In L.E. Shubert (ed.), Algae as Ecological Indicators, pp.213-233. London: Academic Press.

Sahu, J., Das, M. K. and Adhikary, S.P. 1992. Reaction of blue-green algae of rice-field soil to pesticide application, Trop. Agric. (Trinidad)., 69(4): 362-364.

Sassanarakkit, S. and Visutthipat, R. 1998. Systematics and species diversity of microalgae I. Distribution of cyanobacteria in the central part of Thailand, In M.M. Watanabe and K. Kaya(eds.), Advance in Microalgal and Protozoal Studies in Asia, pp.81-91. Tsukuba: ISEBU Co. LTD.

Shields, L.M. and Durrell, L.W. 1964. Algae in relation to soil fertility, Bot. Rev., 30: 92-128.

Thailand Institute of Scientific and Technological Research. 1995. TISTR Cuture Collection list of cultures (5th ed.), Thailand Institute of Scientific and Technological Research Bangkok, Thailand.

Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cations, In A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.), Method of Soil Analysis, Part 2 (2nd ed.), pp.159-165. Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc.