ปัญหาพิเศษ

ผลของไฟป่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในดินป่าทุ่งหญ้า
: กรณีเกิดไฟป่าในปีที่ 5

Wildfire Impact on Microbial Change in Grassland Forest Soil
: A Case Study on The 5th Year

นางสาวชลธิรศน์ นามเทพ

หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม

เรื่อง ผลของไฟป่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในดินป่าทุ่งหญ้า
: กรณีเกิดไฟป่าในปีที่ 5

Wildfire Impact on Microbial Change in Grassland Forest Soil
: A Case Study on The 5th Year

โดย นางสาวชลธิรศน์ นามเทพ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล)

หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม รับรองแล้ว

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมเกียรติ สีสนอง)
ประธานบริหารหลักสูตรสาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม
วันที่ 9 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ผลของไฟป่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในดินป่าทุ่งหญ้า
: กรณีเกิดไฟป่าปีที่ 5

Wildfire Impact on Microbial Change in Grassland Forest Soil
: A Case Study on The 5th Year

โดย

นางสาวชลธิรศน์ นามเทพ

เสนอ

หลักสูตรจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม)
ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	ผลของไฟป่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในดินป่าทุ่งหญ้า : กรณีเกิดไฟป่าปีที่ 5 Wildfire Impact on Microbial Change in Grassland Forest Soil : A Case Study on The 5th Year
โดย	นางสาวชลธิรศน์ นามเทพ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม)
หลักสูตร	การจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม
คณะ	เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบของไฟป่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในดินป่าทุ่งหญ้า ภายใต้สภาพก่อนและหลังการเกิดไฟป่าในปีที่ 5 โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินมาศึกษา 3 ตำรับการทดลอง คือ ดินที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) ดินก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) และดินภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3) ซึ่งแต่ละตำรับการทดลองจะเก็บดินที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร มาจำนวน 6 ตัวอย่าง เพื่อทำการแยกหาปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้แก่ แบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซีท และสาหร่าย จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณแบคทีเรีย และ รา ในดินก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นจากดินที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) โดยเฉพาะเชื้อรามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่สาหร่ายกลับมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และดินภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3) พบว่าปริมาณแบคทีเรียมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากดินในตำรับ T2 ขณะที่ปริมาณแอคติโนมัยซีทและสาหร่ายกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ. ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับความรู้ต่างๆ ตลอดเวลา และให้ข้อคิดและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ คุณแม่ คุณพ่อและครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ในการทำปัญหาพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาปฐพีวิทยารุ่น 24 ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังในการทำปัญหาพิเศษให้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

นางสาวชลธิรศน์ นามเทพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	12
ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง	14
สรุปผลการทดลอง	19
เอกสารอ้างอิง	20
ภาคผนวก	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณจุลินทรีย์ดินชนิดต่างๆ ในดินป่าทุ่งหญ้าที่ไม่มีการจุดไฟเผา	15
2	ปริมาณจุลินทรีย์ดินชนิดต่างๆ ในดินป่าทุ่งหญ้าก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5	15
3	ปริมาณจุลินทรีย์ดินชนิดต่างๆ ในดินป่าทุ่งหญ้าภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5	16
4	ปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในดินป่าทุ่งหญ้าที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) ก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) และภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3)	17

ตารางภาคผนวกที่

1	ปริมาณแบคทีเรียในดินแต่ละตัวอย่างที่นำมาแยกเชื้อในห้องปฏิบัติการ	23
2	ปริมาณเชื้อราในดินแต่ละตัวอย่างที่นำมาแยกเชื้อในห้องปฏิบัติการ	24
3	ปริมาณแอคติโนมัยซีทในดินแต่ละตัวอย่างที่นำมาแยกเชื้อในห้องปฏิบัติการ	25
4	ปริมาณสาหร่ายในดินแต่ละตัวอย่างที่นำมาแยกเชื้อในห้องปฏิบัติการ	26
5	ค่า Analysis of Variance (ANOVA) ของปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในดินป่าทุ่งหญ้าที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) ก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) และภายหลังจุดไฟเผาไฟในปีที่ 5 (T3)	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ป่าไม้ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นป่าเขตร้อน ซึ่งนับว่ามีความอุดมสมบูรณ์ในความหลากหลายของระบบนิเวศและความหลากหลายของชนิดพันธุ์ทั้งพืช สัตว์ป่า ตลอดจนจุลินทรีย์ ซึ่งความหลากหลายเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ สามมารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม ปัจจุบันประเทศไทยต้องสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศอย่างใหญ่หลวง ในทางนิเวศวิทยาไฟป่านับว่าเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของระบบนิเวศป่าไม้หลายๆระบบโดยเฉพาะป่าผลัดใบ เขตร้อนส่วนใหญ่ดำรงความสมบูรณ์ของสภาพป่าอยู่ได้เพราะมีไฟป่าเป็นปัจจัยควบคุม (fire climax) ป่าไม้ที่มีไฟป่าเกิดขึ้นถี่เกินไปหรือวัฏจักรตามธรรมชาติถูกรบกวนบ่อย สังคมพืชของป่านั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยการปรับตัวให้เข้ากับวัฏจักรที่เปลี่ยนแปลงไปโดยการผลัดใบและเปลี่ยนไปสู่สังคมพืชที่แห้งแล้งขึ้นเรื่อยๆและกลายเป็นป่าหญ้าในที่สุด ทำให้เกิดการแพร่กระจายของพรรณพืชจำพวกหญ้า เช่น หญ้าคา อย่างไรก็ตามการควบคุมรอบของการเกิดไฟป่าให้เหมาะสมตามเงื่อนไขสมดุลของธรรมชาติในปัจจุบันนั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากปัญหาการเพิ่มขึ้นของประชากร ความต้องการการใช้ที่ดินที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งปัญหาทางเศรษฐกิจและสังคม ทำให้มนุษย์มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดไฟป่าเกินกว่าที่ธรรมชาติจะรักษาสมดุลไว้ได้ ผลกระทบที่เกิดจากการรบกวนสมดุลของธรรมชาตินี้จึงเกิดตามมาอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ไฟป่านั้นไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือโดยมนุษย์ล้วนมีผลกระทบต่อทรัพยากรดิน น้ำ และลุ่มน้ำอย่างกว้างขวาง เนื่องจากความแตกต่างของทรัพยากรก่อนเกิดไฟ ลักษณะของไฟ ฤดูกาล และสิ่งแวดล้อมก่อน-หลังการเกิดไฟ เช่น เวลา ปริมาณ และช่วงเวลาที่มีฝนตก เป็นต้น การศึกษาผลกระทบของไฟต่อสมบัติดินและลุ่มน้ำยังไม่ชัดเจนและมีเอกสารสนับสนุนไม่มากนัก โดยเฉพาะผลกระทบของไฟป่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการแปรสภาพของธาตุอาหารพืชในดิน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาผลกระทบดังกล่าว เพื่อความเข้าใจและใช้เป็นแนวทางในการจัดการปัญหาไฟป่าได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของไฟป่าต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ 4 ชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) รา (fungi) แอคติโนมัยซีท (actinomycete) และสาหร่าย (algae) ในดินป่าทุ่งหญ้า กรณีเกิดไฟป่าในปีที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ผลกระทบของไฟป่าต่อสมบัติทางชีววิทยาของดิน

ดินเป็นองค์ประกอบหนึ่งในระบบนิเวศป่าไม้ที่เป็นปัจจัยค้ำจุนการเจริญเติบโตและการพัฒนาของสังคมพืชในป่า เป็นแหล่งสะสมน้ำและแร่ธาตุที่พืชดูดขึ้นไปใช้ในการดำรงชีวิต นอกจากนี้ดินยังเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจำนวนมาก ผลกระทบจากไฟป่าทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินโดยการชะและการพังทลาย (สำนักงานโครงการจัดการผืนป่าตะวันตก, 2544) ทำลายสิ่งปกคลุม เปลี่ยนแปลงสมบัติของดินทั้งทางกายภาพและสมบัติทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน และปริมาณธาตุอาหารพืช (อุทัย, 2533) ตลอดจนสมบัติทางชีววิทยาของดิน การที่ความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มสูงขึ้นภายหลังเกิดไฟเผานั้น จะเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมากกว่าพวกรา พวกแบคทีเรียจะทนทานความร้อนได้ดีกว่ารา โดยเฉพาะในสภาพที่อยู่ในรูปของสปอร์ อุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะอยู่ในช่วง 30-45 °C แต่จะเริ่มลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 37 °C

ไฟป่าในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นไฟผิวดิน ซึ่งไฟประเภทนี้จะส่งผลกระทบต่อเห็ดป่า เช่น เห็ดราที่อยู่บริเวณผิวดิน ซากใบไม้ กิ่งไม้ ตอไม้ ซากพืชจะถูกทำลายหมด ยกเว้นเห็ดราที่มีความคงทนความร้อนสูง (thermophilic fungi) ซึ่งมีอยู่ไม่มากตามพื้นดิน เห็ดราที่ทนต่อความร้อนเหล่านี้จะทนความร้อนได้ประมาณ 20-50 °C เช่น *Aspergillus fumigalus*, *Absidia samosa* เป็นต้น ส่วนเห็ดราไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่ในดินลึก 30-30 ซม. ไฟป่ากลับเป็นประโยชน์ คือช่วยกำจัดวัชพืชซึ่งเป็นพืชบังแสงของเห็ดราชนิดนี้ เมื่อฝนตกลงมาก็จะโผล่ออกดอกเห็ดบานสะพรั่งให้เห็นในช่วงฤดูฝน สำหรับไฟใต้ดินและไฟเรือนยอดมีผลต่อการทำลายเห็ดราไมคอร์ไรซา โดยไฟใต้ดินมีผลต่อการทำลายเห็ดราไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่ใต้ดินลึก 0-30 เซนติเมตร จะไม่มีเห็ดราเหลือรอดเมื่อผ่านการเผาไหม้ของไฟป่าประเภทนี้ ส่วนไฟเรือนยอดมีผลต่อเห็ดราไมคอร์ไรซาเพราะทำให้ต้นไม้ที่เป็นพืชอาศัยของเห็ดราตาย (อนิวรรต, 2543)

ลักษณะทั่วไปของป่าทุ่งหญ้า

ป่าทุ่งหญ้าเป็นสังคมพืชที่ปรากฏค่อนข้างน้อยตามธรรมชาติในประเทศไทย โครงสร้างป่ามีไม้ยืนต้นกระจายอยู่ห่าง ๆ กันบนพื้นที่ส่วนใหญ่ซึ่งมีหญ้า ขึ้นหนาแน่น เช่น หญ้าคา หญ้าพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หญ้าแฝก ฯลฯ ป่าทุ่งหญ้ามักเกิดในบริเวณที่ค่อนข้างแห้งแล้ง ปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 800 มิลลิเมตรต่อปี ฤดูฝนสั้น ดินขาดธาตุอาหารส่งผลให้การสืบพันธุ์ของพืชเป็นไปด้วยความยากลำบาก นอกจากนี้ยังเกิดไฟป่าแทบทุกปีทำลายเมล็ดของไม้ใหญ่ไปเกือบหมด แต่ภาวะเช่นนี้กลับเหมาะสมต่อพืชพวกหญ้าที่มีวงจรชีวิตสั้นและแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว จึงครองความเป็นใหญ่ในสังคมพืชชนิดนี้ ป่าทุ่งหญ้าเป็นป่าที่เกิดภายหลังจากที่ป่าธรรมชาติอื่นๆ ได้ถูกทำลายไปหมด ดินมีสภาพเสื่อมโทรมจนไม้ต้นไม่อาจขึ้นหรือเจริญงอกงามต่อไปได้ พวกหญ้าต่างๆ จึงเข้ามาแทนที่ พบได้ทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกของไทย ไม้ยืนต้นที่ขึ้นกระจายห่าง ๆ เช่น กระโดน กระถินป่า สีเสียดแก่น ประดู่ ติ้ว แต้ว ตานเหลือง และปรงป่า เป็นต้น ซึ่งไม้เหล่านี้ทนแล้งและทนไฟป่าได้ดี

ความหมายและความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหมายของความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Biodiversity” นักชีววิทยากล่าวถึง ความหลากหลายทางชีวภาพใน 3 ระดับ ดังนี้

1. ความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) ได้แก่ ความหลากหลายขององค์ประกอบทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิต ซึ่งแสดงออกด้วยลักษณะทางพันธุกรรมต่างๆ ที่ปรากฏให้เห็นโดยทั่วไปทั้งภายในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันและระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน ระดับความแตกต่างนี่เองที่ใช้กำหนดความใกล้ชิดหรือความห่างของสิ่งมีชีวิตในสายวิวัฒนาการ สิ่งมีชีวิตที่สืบทอดลูกหลานด้วยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศหรือ สิ่งมีชีวิตที่เป็นฝาแฝดเหมือน ย่อมมีองค์ประกอบพันธุกรรมเหมือนกันเกือบทั้งหมด เนื่องจากเปรียบเหมือนภาพพิมพ์ของกันและกัน สิ่งมีชีวิตที่สืบทอดมาจากต้นตระกูลเดียวกัน ย่อมมีความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรม มากกว่าสิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช่ญาติกัน ยิ่งห่างก็ยิ่งต่างกันมากยิ่งขึ้น จนกลายเป็นสิ่งมีชีวิตต่างชนิดต่างกลุ่มหรือต่างอาณาจักรกัน ตามลำดับ นักชีววิทยามีเทคนิคการวัดความหลากหลายทางพันธุกรรมหลายวิธี แต่ทุกวิธีอาศัยความแตกต่างขององค์ประกอบทางพันธุกรรมเป็นดัชนีในการวัด หากสิ่งมีชีวิตชนิดใดมีองค์ประกอบทางพันธุกรรมเป็นแบบเดียวกันทั้งหมด ย่อมแสดงว่าสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นไม่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม
2. ความหลากหลายของชนิดหรือชนิดพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต (species diversity) ความหลากหลายแบบนี้วัดได้จากจำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิต และจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด รวมทั้งโครงสร้างอายุและเพศของประชากรด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความหลากหลายของระบบนิเวศ (ecological diversity) ระบบนิเวศแต่ละระบบเป็นแหล่งของถิ่นที่อยู่อาศัย (habitat) ของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ซึ่งมีปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในระบบนิเวศนั้น สิ่งมีชีวิตบางชนิดมีวิวัฒนาการมาในทิศทางที่สามารถปรับตัวให้อยู่ได้ในระบบนิเวศที่หลากหลาย แต่บางชนิดก็อยู่ได้เพียงระบบนิเวศที่มีภาวะเฉพาะเจาะจงเท่านั้น ความหลากหลายของระบบนิเวศขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศนั้นๆ สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดผ่านกระบวนการวิวัฒนาการในอดีต และมีขีดจำกัดที่จะดำรงอยู่ในภาวะความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากรของมันเองส่วนหนึ่ง และขึ้นอยู่กับความรุนแรงของความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อมอีกส่วนหนึ่ง

ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งเป็นเอกลักษณ์ประจำโลกของเรา ทำให้โลกที่เป็นดาวเคราะห์มีความแตกต่างจากดาวเคราะห์อื่นในสุริยจักรวาล ดังนั้นในระดับมหภาค ความหลากหลายทางชีวภาพจึงช่วยธำรงโลกใบนี้ให้มีบรรยากาศ มีดิน มีน้ำ มีอุณหภูมิ และความชื้นอย่างที่เป็นอยู่ให้ได้นานที่สุด สำหรับความสำคัญต่อมนุษย์นั้นมีมากมายมหาศาล เนื่องจากมนุษย์เป็นส่วนหนึ่งของชีวภาพ จึงต้องพึ่งพาอาศัยสิ่งมีชีวิตด้วยกันเพื่อการดำรงอยู่ของชาติพันธุ์ต่างๆ มนุษย์จึงใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพในทุกด้านและใช้มากกว่าสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ด้วย เพราะนอกจากจะใช้ประโยชน์ด้านอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค และที่อยู่อาศัยเพื่อความอยู่รอดแล้ว ยังใช้ในด้านการอำนวยความสะดวกสบาย ความบันเทิงและอื่นๆ อย่างหาขอบเขตมิได้ การขยายถิ่นฐาน รวมทั้งการขยายขอบเขตของการใช้ทรัพยากรชีวภาพจากเพื่อความอยู่รอด และความพออยู่พอกินมาเป็นความฟุ่มเฟือยอย่างไม่มีที่สิ้นสุด ทำให้มนุษย์ได้ทำลายความหลากหลายทางชีวภาพในอัตราที่เร็วกว่าปกตินับพันเท่า ซึ่งแท้จริงแล้วความหลากหลายทางชีวภาพเป็นสมบัติพื้นฐานที่จะทำให้มนุษยชาติอยู่รอดได้

สาเหตุของความหลากหลายทางชีวภาพ

พื้นฐานของความหลากหลายทางชีวภาพ คือ ความหลากหลายทางพันธุกรรม ซึ่งมีปฐมเหตุจากการเปลี่ยนแปลงของหน่วยพันธุกรรมหรือยีน (gene) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่นักพันธุศาสตร์เรียกว่า มิวเตชั่น (mutation) มิวเตชั่นเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ แต่เกิดขึ้นในอัตราที่ค่อนข้างต่ำ แต่ละหน่วยพันธุกรรมมีอัตรามิวเตชั่นไม่เท่ากัน ส่วนใหญ่เกิดขึ้นน้อยมาก เช่น เกิดในอัตราประมาณ 1 ใน 100,000 ต่อชั่วรุ่น แต่บางอย่างเกิดได้มากขึ้น เช่น เกิดในอัตราประมาณ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน 10,000 ต่อชั่วรุ่น เมื่อเกิดขึ้นแล้วสามารถสืบทอดสิ่งที่เปลี่ยนแปลงนี้ไปยังรุ่นต่อๆ ไปได้ ในธรรมชาติการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นจากความผิดพลาดโดยบังเอิญของกลไกการแบ่งตัวของหน่วยพันธุกรรมหรืออาจถูกรบกวนจากรังสีตามธรรมชาติ แต่หากมีสิ่งก่อเกิดมิวเตชั่นมากขึ้นจากการกระทำโดยตรงหรือโดยอ้อมของมนุษย์ เช่น สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ กัมมันตรังสีต่างๆ เป็นต้น จะทำให้อัตรามิวเตชั่นสูงขึ้นกว่าอัตราปกติเป็นอันมาก แม้ว่ามิวเตชั่นจำนวนมากจะเป็นภัยต่อสิ่งมีชีวิต เพราะหน่วยพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตมักผ่านกระบวนการปรับตัวมาอย่างดีแล้ว แต่มิวเตชั่นก็เป็นสาเหตุเบื้องต้นของความหลากหลายทางพันธุกรรม ซึ่งเมื่อผนวกกับปัจจัยเริ่มต่างๆ ก็ทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศได้ นอกจากนี้ การนำพันธุ์ใหม่ๆ เข้ามาในกลุ่มอาจจะโดยการอพยพย้ายถิ่นหรือการนำเข้าโดยมนุษย์จะทำให้พันธุกรรมมีความหลากหลายเช่นเดียวกัน การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ทำให้หน่วยพันธุกรรมจากสองแหล่งมีโอกาสมาพบกันและมารวมกลุ่มกันใหม่ ทำให้มีการรวมกลุ่มของลักษณะต่างๆ อย่างหลากหลายได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้เทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ อาทิ การถ่ายทอดหน่วยพันธุกรรมให้แก่เซลล์โดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์ และเทคโนโลยีระดับโมเลกุล ก็เป็นวิธีการรั้งความหลากหลายของกลุ่มหน่วยพันธุกรรมได้เช่นเดียวกัน

สาเหตุของความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตที่มีหลากหลายชนิด เกิดจากกระบวนการวิวัฒนาการที่ค่อยๆ สะสมองค์ประกอบทางพันธุกรรมทีละน้อยๆ ในเวลาหลายชั่วรุ่น จนกระทั่งสิ่งมีชีวิตมีความสามารถในการปรับตัวได้ดีต่อสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ หรือที่นักชีววิทยาเรียกว่า speciation นั้น เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้สิ่งมีชีวิตชนิดใหม่สามารถสืบพันธุ์ได้เฉพาะภายในกลุ่มของตนเอง แต่ไม่สามารถ ถ่ายทอดพันธุกรรมให้กับสิ่งมีชีวิตต่างชนิดได้ ดังนั้น การเกิดสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ จึงเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต แม้จะดำรงชีวิตอยู่ในที่เดียวกัน แต่ละชนิดก็ยังคงรักษาเอกลักษณ์ของกลุ่มของตนเองเอาไว้ได้ โดยทั่วไปแล้ว สิ่งมีชีวิตชนิดใหม่มักจะมีรูปร่างลักษณะภายนอกแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นอย่างเห็นได้ชัด แต่ก็อาจจะไม่จำเป็นเสมอไป ปัจจัยสำคัญของการเกิดสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ ได้แก่ การพัฒนาระบบและกลไกการสืบพันธุ์เฉพาะภายในกลุ่มของตนเอง ซึ่งเป็นกระบวนการที่ส่วนใหญ่จะใช้เวลายาวนานหลายชั่วรุ่นโดย ผ่านการคัดเลือกตามธรรมชาติ ซึ่งจะคัดพันธุ์ที่ด้อยกว่าในด้านการสืบทอดลูกหลานออกไปจากกลุ่มในอัตราที่เร็วช้าต่างกันไปตามความเข้มของการคัดเลือกตามธรรมชาติ นักชีววิทยาอธิบายว่า การที่สิ่งมีชีวิตชนิดใหม่เกิดขึ้นได้นั้น น่าจะมีสภาวะบางประการที่ทำให้ประชากรซึ่งเคยเป็นพวกเดียวกันมีอันต้องตัดขาดจากกัน สภาวะนี้อาจจะเป็นสภาพภูมิศาสตร์ ซึ่งขวางกั้นมิให้มีการผสมพันธุ์ระหว่างกัน ทำให้ต่างฝ่ายต่างมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนและองค์ประกอบของหน่วย ภายในกลุ่มของตนเอง โดยไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีโอกาสได้แลกเปลี่ยนหน่วยพันธุกรรมกับกลุ่มอื่น จนในที่สุดต่างฝ่ายต่างก็มีวิวัฒนาการไปตามทางของตน โดยการคัดเลือกตามธรรมชาติในภาพแวดล้อมที่ต่างกัน แม้ว่าต่อมาจะมีโอกาสพบกันก็ไม่สามารถสืบทอดลูกหลานร่วมกันได้อีกต่อไป นอกจากนี้ มนุษย์ยังอาจทำหน้าที่คัดเลือกพันธุ์เพื่อให้ได้พันธุ์พืช และสัตว์ที่ตนต้องการ วิธีนี้เป็นการเลียนแบบธรรมชาติ ซึ่งสามารถทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ๆ เช่นเดียวกัน ต่างกันแต่เพียงว่าสิ่งมีชีวิตพันธุ์ใหม่ๆ เหล่านี้อาจจะปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่มนุษย์กำหนดขึ้นเท่านั้น อาจไม่สามารถดำรงอยู่ตามธรรมชาติได้ จึงไม่น่าจะยั่งยืนและไม่มีประโยชน์มากนักต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ตามธรรมชาติยังมีการเกิดสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่อย่างฉับพลันด้วยระบบและกลไกอื่นอีกบ้าง แต่ปรากฏการณ์นี้เท่าที่พบก็ยังเกิดขึ้นได้น้อยมาก ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ การสุ่มเสี่ยงของสิ่งมีชีวิตที่มีประชากรขนาดเล็ก การสุ่มเสี่ยงดังกล่าวอาจจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่ สิ่งมีชีวิตซึ่งมีลักษณะเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมถูกคัดออกไปโดยบังเอิญ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง สิ่งมีชีวิตซึ่งมีลักษณะด้อยกว่าอาจจะอยู่รอดได้หรือมีจำนวนมากกว่า ทั้งนี้ด้วยความบังเอิญมากกว่าความสามารถในการปรับตัว ไม่ว่าจะเป็นกรณีการคัดเลือกพันธุ์หรือกรณีการสุ่มเสี่ยงโดยบังเอิญ ระบบนิเวศจะเป็นปัจจัยสำคัญเสมอในการกำหนดความยั่งยืนของสิ่งมีชีวิต ดังนั้น แม้จะมีสิ่งมีชีวิตจำนวนมากมายหลายชนิดเพียงใดก็ตาม แต่หากสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นปรับตัวโดยมีความสัมพันธ์ต่อกันและกันอย่างแน่นแฟ้น การสูญไปของสิ่งมีชีวิตเพียงชนิดเดียวย่อมหมายถึงการสูญเสียสิ่งมีชีวิตทั้งหมดเป็นลูกโซ่ตามๆ กันไป

สาเหตุของความหลากหลายของระบบนิเวศ สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศมีความสัมพันธ์ต่อกันไม่โดยทางตรงก็ทางอ้อมในวงจรการถ่ายทอดพลังงาน โดยที่ต่างก็เป็นองค์ประกอบของกันและกันในห่วงโซ่อาหารหรือสายใยอาหาร ระบบนิเวศที่มีสิ่งมีชีวิตสัมพันธ์กันแน่นแฟ้น หรือมีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่เฉพาะเจาะจงในด้านถิ่นที่อยู่อาศัยมากเพียงใด ระบบนิเวศนั้นย่อมอยู่ในภาวะเสี่ยงมากกว่าระบบนิเวศอื่น เพราะปัจจัยใดที่กระทบต่อสิ่งมีชีวิตเพียงส่วนน้อยย่อมมีผลกระทบต่อระบบนิเวศนั้นทั้งหมด โดยทั่วไปแล้ว ระบบนิเวศที่ยั่งยืนมักจะผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่มาเป็นระยะเวลาอันยาวนาน จนกระทั่งระบบนั้นมีกลไกทั้งทางชีวภาพและกายภาพที่สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้ดี ภาพระบบนิเวศเช่นนี้จัดว่าเป็นระบบนิเวศในภาวะสมดุล คำว่า "สมดุล" ในที่นี้มิได้หมายความว่าทุกอย่างคงที่ แต่หมายถึง ภาวะที่ระบบนิเวศสามารถปรับตัวเข้าภาวะเดิมได้เมื่อประสบกับการเปลี่ยนแปลง ระบบนิเวศในลักษณะเช่นนี้มีอยู่แล้วในธรรมชาติ ได้แก่ ป่าไม้ประเภทต่างๆ และ แหล่งน้ำขนาดใหญ่ เช่น ทะเล ทะเลสาบ เป็นต้น ระบบนิเวศเหล่านี้จึงเป็นแหล่งของความหลากหลายทางชีวภาพที่เป็นที่พึ่งที่มั่นคงและ ยั่งยืนของมนุษย์ พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ภายในระบบนิเวศเหล่านี้ได้มีการสะสมแหล่งพันธุกรรมไว้เป็นจำนวนมหาศาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยผ่านขั้นตอนของวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงทางภูมิศาสตร์มาเป็นระยะเวลายาวนานกว่ากำเนิดของมนุษย์นับร้อยล้านเท่า แม้มนุษย์จะพยายามจำลองระบบเหล่านี้เพียงใดก็ทำได้เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น ซึ่งไม่อาจเทียบกับธรรมชาติได้ เรายังคงต้องรักษาระบบนิเวศเหล่านี้เอาไว้ให้ดีเพื่อให้เป็นแหล่งพันธุกรรมที่อุดมสมบูรณ์

สาเหตุความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ ในบรรดาสิ่งมีชีวิตทั้งหมดนั้น อาจกล่าวได้ว่า จุลินทรีย์มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงมาก คือ มีความหลากหลายของสปีชีส์ หรือความหลากหลายของชนิดพันธุ์ จำนวน จุลินทรีย์ในโลกนี้มีอยู่ประมาณ 5 แสนชนิด แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ 5 กลุ่ม คือ แบคทีเรีย สาหร่าย ไวรัส โพรโทซัว และราชนิดต่างๆ ซึ่งสามารถจำแนกเป็นอาณาจักรที่ต่างกันได้ถึง 3 อาณาจักร เนื่องจากมีวิธีการได้อาหารที่แตกต่างกัน และมีลักษณะโครงสร้างของเซลล์ที่ต่างกัน กล่าวคือ กลุ่มที่จัดอยู่ในอาณาจักรโมเนรา (monera) ประกอบด้วยจุลินทรีย์พวกโพรคาริโอต ซึ่งมีเซลล์แบบโพรคาริโอติกเซลล์ (prokaryotic cell) คือ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ส่วนใหญ่ได้อาหารโดยการดูดซึมอาหารที่ย่อยแล้วเข้ามาในเซลล์ มีบางชนิดที่สังเคราะห์แสงได้ ส่วนใหญ่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการแบ่งตัวจากหนึ่งเป็นสอง ในกลุ่มนี้ได้แก่ แบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue green algae) ที่ปัจจุบันเรียกชื่อใหม่ว่า ไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) กลุ่มจุลินทรีย์ที่จัดอยู่ในอาณาจักรโพรทิสตา (protista) ประกอบด้วย สาหร่าย โพรโทซัวและราเมือก กลุ่มนี้มีลักษณะเซลล์แบบยูคาริโอติกเซลล์ (eukaryotic cell) ซึ่งมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และมีวิธีได้อาหารแตกต่างกัน ได้แก่ สาหร่าย ได้อาหารโดยการสังเคราะห์แสงเพราะมีคลอโรพลาสต์ จึงเป็นผู้ผลิตของระบบนิเวศ โพรโทซัวมีการดำรงชีวิตคล้ายสัตว์ ได้อาหารโดยการกินสิ่งมีชีวิตอื่น มีบางชนิดที่มีคลอโรพลาสต์ด้วย จึงช่วยในการสังเคราะห์แสงได้ บางชนิดเป็นปรสิตอยู่ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตอื่น ส่วนราเมือก (slime mold) ได้อาหารโดยส่งเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารนอกเซลล์ แล้วดูดสารอาหารเข้าเซลล์ จึงดำรงชีวิตเป็นแซโพรไฟต์ อาณาจักรฟังไจ (fungi) ได้แก่ ยีสต์ที่มีลักษณะเซลล์เดียว เห็ดและราที่มีหลายเซลล์เรียงเป็นเส้นใยจำนวนมาก เรียกว่า ไมซีเลียม เห็ด รา และยีสต์ เป็นพวกยูคาริโอตที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ สร้างอาหารเองไม่ได้ ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นแซโพรไฟต์ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อยให้เป็นสารโมเลกุลเล็ก ส่วนน้อยเป็นปรสิตทำให้เกิดโรคกับพืช สัตว์ และคน

นอกจากจุลินทรีย์ใน 3 อาณาจักรนี้แล้ว ยังมีไวรัสซึ่งไม่จัดเป็นเซลล์ เพราะมีโครงสร้างง่ายๆ มีเพียงสารพันธุกรรมชนิด DNA หรือ RNA อย่างใดอย่างหนึ่ง และมีเปลือกโปรตีนที่เรียกว่าแคปซิด (capsid) ล้อมรอบสารพันธุกรรมไว้ ก็จัดเป็นอนุภาคไวรัสที่สมบูรณ์แล้ว ไวรัสบางชนิดอาจมีเอนเวลโลป (envelope) ล้อมรอบเปลือกโปรตีนอีกชั้นหนึ่ง เอนเวลโลปประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ไวรัสไม่มีออร์แกเนลล์ต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต จึงต้องอาศัยกลไก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในเซลล์โฮสต์ (host) ที่มันเข้าไปอาศัยอยู่ จึงจัดไวรัสเป็นปรสิตที่แท้จริงภายในเซลล์ (obligate intracellular parasite) ของคน สัตว์ พืช และจุลินทรีย์อื่นๆ

จุลินทรีย์มีความหลากหลายทางพันธุกรรม เพราะจุลินทรีย์สปีชีส์เดียวกันอาจไม่ได้มีลักษณะที่เหมือนกันทุกประการ ทำให้แบ่งย่อยออกเป็นสายพันธุ์ (strain) ต่างๆ ได้อีก ความแตกต่างทางพันธุกรรมนี้ เป็นผลสืบเนื่องมาจากกระบวนการวิวัฒนาการอันยาวนานนับพันล้านปี เนื่องจากจุลินทรีย์ ได้กำเนิดขึ้นมาบนโลกเมื่อประมาณ 3,500 ล้านปีมาแล้ว ความแตกต่างทางพันธุกรรม ทำให้จุลินทรีย์สามารถปรับตัวให้อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงและมีความรุนแรงได้ ดังนั้น ความหลากหลายทางพันธุกรรม จึงเป็นผลให้จุลินทรีย์ปรับตัวให้เหมาะสมกับถิ่นที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกันได้ อันเป็นความหลากหลายทางระบบนิเวศ (ecological diversity) จึงทำให้สามารถพบจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมทุกหนทุกแห่ง ตั้งแต่บริเวณที่เย็นจัดแม้ในหิมะและน้ำแข็งขั้วโลก จนถึงบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง เช่น ในบ่อน้ำพุร้อน แม้แต่ในทะเลลึกที่มีความกดดันของน้ำมากๆ ก็ยังมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ได้ พบได้ทั้งในน้ำเค็ม น้ำจืด สระน้ำ ลำธาร น้ำไหล ในดินแฉะ บนก้อนหิน ดินทราย ตามเปลือกไม้ และพบได้ทั้งในสภาพซึ่งไม่มีออกซิเจนที่สิ่งมีชีวิตอื่นไม่สามารถอาศัยอยู่ได้

นอกจากนี้จุลินทรีย์ยังสามารถดำรงชีวิตได้ทุกรูปแบบทั้งแบบที่สังเคราะห์อาหารได้เอง โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ เพื่อรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ให้เป็นคาร์โบไฮเดรต และได้ก๊าซออกซิเจนเป็นผลพลอยได้ กระบวนการนี้เรียกว่า"การสังเคราะห์แสง" ซึ่งพบกระบวนการนี้ในสาหร่ายทุกชนิด แบคทีเรียบางชนิดและไซยาโนแบคทีเรีย แบคทีเรียบางชนิดยังได้พลังงานจากกระบวนการออกซิเดชันสารเคมีอีกด้วย บางพวกสังเคราะห์อาหารเองไม่ได้ ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นอาหาร จุลินทรีย์บางชนิด เช่น โพรโทซัว มีการเคลื่อนที่เพื่อนำสิ่งมีชีวิตหรืออาหารให้เข้ามาในเซลล์ แล้วใช้เอนไซม์ย่อยเป็นสารอาหารขนาดเล็กที่เซลล์นำไปใช้ได้ จุลินทรีย์บางชนิดอาจส่งเอนไซม์ออกจากตัวมาย่อยอาหารนอกเซลล์จนเป็นสารอาหารขนาดเล็กแล้วจึงดูดซึมสารอาหารเข้าเซลล์ก็ได้ เช่น เห็ด รา แบคทีเรีย จุลินทรีย์เหล่านี้จึงมักอาศัยอยู่ตามซากพืชซากสัตว์ที่ตายแล้ว และเป็นสาเหตุให้ซากเน่าเปื่อย เพื่อสลายเป็นสาร อนินทรีย์ในดินทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น จุลินทรีย์บางชนิดอาจปรับตัวให้เป็นปรสิต (parasite) เข้าไปอาศัยอยู่ในร่างกายหรือเซลล์ของสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น พืช สัตว์ และมนุษย์ และอาศัยอาหารจากพืช สัตว์เหล่านั้น ซึ่งทำหน้าที่เป็นเจ้าบ้านหรือโฮสต์ ทำให้โฮสต์เกิดโรคขึ้น ในการเปลี่ยนอาหารโมเลกุลใหญ่ให้เป็นพลังงานที่จุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีวิตนั้นเกิดขึ้นโดยกระบวนการหายใจ ซึ่งมีอยู่ 3 แบบ คือ แบบที่ใช้ออกซิเจนอิสระ แบบที่ไม่ใช้ออกซิเจน และแบบกระบวนการหมัก

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ต้องได้อาหารจากสิ่งมีชีวิตอื่น จึงมีความสัมพันธ์ร่วมกับสิ่งมีชีวิต ทั้งแบบปรสิตที่ทำให้เกิดโรคกับโฮสต์ดังกล่าวแล้ว หรือจุลินทรีย์บางชนิดอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่นโดยไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำอันตราย แต่กลับให้ประโยชน์ซึ่งกันและกัน ที่เรียกว่าภาวะพึ่งพากัน (mutualism) ตัวอย่างความสัมพันธ์นี้ ได้แก่ ไลเคนส์ ไรโซเบียมที่อยู่กับปมรากถั่ว โพรโทซัวไตรโคนิมฟาที่อยู่กับปลวกเป็นต้น

ไลเคนส์เป็นความสัมพันธ์ระหว่างราและสาหร่าย ซึ่งต่างได้ประโยชน์ซึ่งกันและกัน ไลเคนส์สามารถเจริญได้บนหินหรือเปลือกไม้ หรือบริเวณที่แห้งแล้งไม่เหมาะกับการเจริญของพืชอื่น ไลเคนส์จำนวนมากเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำแถบขั้วโลกและบนภูเขาสูง ไลเคนส์ประกอบด้วยไมซีเลียมของราอัดกันแน่นอยู่ชั้นบน ข้างใต้เป็นกลุ่มเซลล์ของสาหร่ายและด้านล่างลงไปเป็นชั้นของรา ซึ่งยึดติดกับพื้นดิน ด้วยไฮฟา ไลเคนส์เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงมลภาวะของอากาศ บริเวณใดที่อากาศมีมลพิษมาก จะไม่พบไลเคนส์เจริญอยู่ การมีไลเคนส์เจริญอยู่ที่ใดแสดงว่าอากาศบริเวณนั้นมีความบริสุทธิ์

การเปลี่ยนแปลงสภาพระบบนิเวศอย่างรุนแรง อาจมีผลทำให้จุลินทรีย์สูญพันธุ์ได้ เช่น การพลิกหน้าดิน โดยการไถพรวนด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่ อาจทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่อยู่ใต้ดินถูกพลิกขึ้นมาผิวดิน และเผชิญกับสภาพแวดล้อมใหม่ที่มีอากาศและแสงแดดรุนแรง หรือในกรณีกลับกัน จุลินทรีย์ชนิดที่อยู่หน้าดินและชอบอากาศและแสงแดด อาจถูกพลิกกลับลงไปอยู่ใต้ดินซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับมัน จุลินทรีย์เหล่านี้อาจปรับตัวไม่ทันและตายได้ แต่จุลินทรีย์บางชนิดได้รับการถ่ายทอดทางพันธุกรรม ให้สามารถเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่รุนแรงได้ โดยมีโครงสร้างพิเศษ เช่น สปอร์ ซีสต์ แคปซูล ทำให้ทนต่อความแห้งแล้ง ความร้อน สารเคมี รังสีต่างๆ และแรงกดดันต่างๆ ได้ จึงทำให้จุลินทรีย์พวกนี้มีชีวิตรอดมาจนทุกวันนี้

ความสำคัญของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินจุลินทรีย์ในดินพวกแบคทีเรียและเห็ดราชนิดต่างๆ ช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์จากซากสิ่งมีชีวิตให้กลายเป็นสารอนินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ได้สารอาหารจากซากเหล่านั้น และนำไปใช้ประโยชน์ ขณะเดียวกันสารอินทรีย์ที่สลายเป็นสารอนินทรีย์ ก็เป็นสารอาหารของพืชที่ดูดซึมไปสร้างเนื้อเยื่อพืชได้ ดังนั้น ถ้าขาดจุลินทรีย์ในดิน จะทำให้ดินขาดสารอาหาร และพืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ จุลินทรีย์ในดิน จึงเกี่ยวข้องกับวัฏจักรของสารต่างๆ ในธรรมชาติ เช่น วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรคาร์บอน วัฏจักรซัลเฟอร์ เป็นต้น

ในอากาศมีก๊าซไนโตรเจนอิสระอยู่ถึง 78% แต่พืชไม่สามารถนำไปสร้างโปรตีนในเซลล์ได้ พืชได้รับไนโตรเจนในรูปเกลือไนเตรตที่รากดูดขึ้นมาจากดิน แต่จุลินทรีย์บางชนิดมีความสามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศแล้วเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบไนเตรต จุลินทรีย์เหล่านี้บางชนิดอยู่ร่วมกับรากพืช เช่น แบคทีเรียชื่อ ไรโซเบียม *(Rhizobium)* อยู่ร่วมกับรากพืชตระกูลถั่วแบบพึ่งพาอาศัยแบคทีเรียบางชนิดตรึงก๊าซไนโตรเจนแบบอิสระได้ เช่น *Rhodospirillum rubrum,*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rhodopseudomonas vanniellii หรือไซยาโนแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำ เช่น *Anabaena* spp., *Nostoc* spp., *Oscillatoria* spp. เมื่อตรึงก๊าซไนโตรเจนแล้วจะเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนีย และพืชนำไปใช้เปลี่ยนเป็นโปรตีนในพืช เมื่อพืชถูกสัตว์กินจะเปลี่ยนเป็นโปรตีนในสัตว์ เมื่อพืชและสัตว์ตายลง รวมทั้งสิ่งขับถ่ายจากสัตว์จะทับถมลงดิน โปรตีนและกรดนิวคลีอิกจะถูกย่อยโดยแบคทีเรียบางชนิดในดินได้กรดอะมิโน ซึ่งถูกย่อยต่อได้แอมโมเนีย แอมโมเนียอาจระเหยออกจากดินหรือละลายน้ำกลายเป็นเกลือแอมโมเนียม (NH_4^+) หรือถูกพืชและจุลินทรีย์นำไปใช้และอาจเปลี่ยนต่อไปเป็นไนไตรต์ (NO_2^-) และไนเตรต (NO_3^-) ไนเตรทที่ผลิตโดยจุลินทรีย์จึงเป็นปุ๋ยให้แก่พืชได้

การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ดินโดยวิธี Dilution plate

วิธีการที่เรียกว่า Soil dilution และ plate count เป็นวิธีการที่นิยมใช้นับปริมาณและแยกเชื้อบริสุทธิ์ของแบคทีเรียและแอคติโนมัยซีทในดินกันอย่างแพร่หลาย ในบางครั้งอาจใช้นับปริมาณเชื้อราในดินด้วย แต่ต้องมีการดัดแปลงและแก้ไขวิธีการเล็กน้อยจึงจะได้ผลที่น่าเชื่อถือ วิธีนี้มีหลักการใหญ่ๆ อยู่ว่าทำให้ดินเจือจางมากๆ (เพื่อให้มีจุลินทรีย์ลดน้อยลงพอที่จะนับได้) แล้วใส่(inoculate) ลงไปในอาหารปล่อยให้จุลินทรีย์เจริญแล้วนับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้นในอาหารนั้น ดังนั้นวิธีการนี้จึงเป็นการนับปริมาณจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่เท่านั้น และถือว่าโคโลนีหนึ่งๆ เจริญมาจากจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆ 1 เซลล์ หลังจากนับจำนวนโคโลนีในสารละลายดินที่เจือจาง ที่มีการเจริญพอจะนับได้แล้ว สามารถคำนวณหาปริมาณของจุลินทรีย์ต่อดินแห้ง 1 กรัมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างดินป่าทุ่งหญ้า ในบริเวณพื้นที่ของสถานีวิจัยลุ่มน้ำป่าสัก อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 6 ตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน 3 ตำรับการทดลองๆ ละ 6 ตัวอย่าง รวมเป็น 18 ตัวอย่าง

2. อุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาทางดิน

3. สารเคมีที่ใช้สำหรับเตรียมอาหาร ในการแยกเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด คือ แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีท รา และสาหร่าย

วิธีการทดลอง

1. การเลือกพื้นที่ตัวแทนในการศึกษา ทำการเลือกพื้นที่ป่าทุ่งหญ้าที่เกิดไฟป่าอยู่เสมอภายในบริเวณพื้นที่ของสถานีวิจัยลุ่มน้ำป่าสัก อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยเลือกพื้นที่ที่มีความสม่ำเสมอทั้งสภาพภูมิประเทศและพืชพรรณ แล้วกำหนดพื้นที่สำหรับเก็บตัวอย่างขนาด 40 × 40 ตารางเมตร จากนั้นสุ่มเก็บ 3 ตำรับการทดลอง คือ ดินที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) ดินก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) และดินภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3) (ซึ่งแปลง T2 และ T3 ทำการจุดไฟเผาต่อเนื่องกันทุกปีๆละ 1 ครั้ง) โดยแต่ตำรับการทดลองทำการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 6 ตัวอย่าง (แต่ละตัวอย่างเก็บแบบ composite sample จาก 10 ตัวอย่างย่อย โดยให้มีการกระจายตัวอย่างทั่วทั้งพื้นที่ แล้วนำมารวมเป็น 1 ตัวอย่าง)

2. ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินแต่ละจุด โดยใช้ soil tube ซึ่งก่อนเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะล้าง soil tube ให้ สะอาดแล้วฉีดพ่นด้วยแอลกอฮอล์ 95% หลังจากนั้นจุดไฟเผาฆ่าเชื้อ ปล่อยให้เย็น แล้วทำการขุดเจาะดินระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร แล้วรวบรวมตัวอย่างดินใส่ถุงพลาสติกและแช่ในถังที่มีน้ำแข็งเพื่อการขนส่งจนถึงห้องปฏิบัติการ (Wollum, 1994)

3. นำตัวอย่างดินมาศึกษาชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในดินแต่ละชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีท รา และสาหร่าย โดยนำดินตัวอย่างมาทำเป็นสารละลายดินแล้วเจือจางแบบ serial dilution แล้วนำไปหาปริมาณจุลินทรีย์แต่ละชนิดในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เฉพาะเจาะจงของจุลินทรีย์ (Germida, 1993) ดังนี้

แบคทีเรีย นำสารละลายดินที่เจือจางในแต่ละความเข้มข้นมาทำ spread plate counting ในอาหาร soil extract agar (James, 1958)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอคติโนมัยซีท นำสารละลายดินที่เจือจางในแต่ละความเข้มข้นมาทำ spread plate counting ในอาหาร starch-casein agar (Kueter และ Wiliums, 1966)

รา นำสารละลายดินที่เจือจางในแต่ละความเข้มข้นมาทำ spread plate counting ในอาหาร streptomycine- rose bengal agar (Martin, 1950)

สาหร่าย นำสารละลายดินที่เจือจางในแต่ละความเข้มข้นมาเพาะในอาหาร BG-11 แล้วคำนวณหาปริมาณสาหร่ายจากตาราง most propable number (MPN)

4. นำข้อมูลปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในตัวอย่างดินที่เก็บมาทั้ง 3 ช่วงเวลา มาเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติโดยโปรแกรม SPSS Ver.10

สถานที่ทำการทดลอง

แปลงเก็บตัวอย่างดินป่าทุ่งหญ้า ภายในบริเวณพื้นที่ของสถานีวิจัยลุ่มน้ำป่าสัก อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ และห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนมีนาคม พ.ศ. 2552 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของไฟป่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ดิน 4 ชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซีท และสาหร่าย ในดินป่าทุ่งหญ้า ภายในพื้นที่ของสถานีวิจัยลุ่มน้ำป่าสัก อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ภายใต้สภาพการเกิดไฟป่าในปีที่ 5 โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินในช่วงก่อนและช่วงหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 นำมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินที่ไม่มีการจุดไฟเผา ได้ผลการศึกษาดังนี้

ดินที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) จากการแยกเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในดินจำนวน 6 ตัวอย่าง ของแปลงเก็บตัวอย่างดินที่ไม่มีการจุดไฟเผา แสดงไว้ในตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณแบคทีเรียมีค่าระหว่าง 5.54 – 6.14 log no. /g soil โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.94 ± 0.21 log no. /g soil (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ปริมาณรามีค่าระหว่าง 4.65 – 5.30 log no. /g soil โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.03 ± 0.23 log no. /g soil ปริมาณแอคติโนมัยซีทมีค่าระหว่าง 5.85 – 6.39 log no. /g soil โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.14 ± 0.19 log no. /g soil และปริมาณสาหร่ายมีค่าระหว่าง 2.33 - 2.89 log no. /g soil โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.66 ± 0.25 log no. /g soil

ดินก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) จากการแยกเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆในดินจำนวน 6 ตัวอย่าง ของแปลงเก็บตัวอย่างก่อนการจุดไฟเผาแปลงในปีที่ 5 แสดงไว้ในตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณแบคทีเรียมีค่าระหว่าง 6.12 – 6.39 log no. /g soil โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.19 ± 0.10 log no. /g soil (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ปริมาณรามีค่าระหว่าง 5.18 – 5.35 log no. /g soil โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.27 ± 0.07 log no. /g soil ปริมาณแอคติโนมัยซีทมีค่าระหว่าง 5.80 – 6.39 log no. /g soil โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.11 ± 0.26 log no. /g soil และปริมาณสาหร่ายมีค่าระหว่าง 1.00 – 2.10 log no. /g soil โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.68 ± 0.39 log no. /g soil

ดินภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3) จากการแยกเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆในดินจำนวน 6 ตัวอย่าง จากแปลงเก็บตัวอย่างหลังการจุดไฟเผาแปลงในปีที่ 5 แสดงไว้ในตารางที่ 3 พบว่า ปริมาณแบคทีเรียมีค่าระหว่าง 5.15 – 5.76 log no. /g soil โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.42 ± 0.27 log no. /g soil (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ปริมาณรามีค่าระหว่าง 5.01 – 5.39 log no. /g soil โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.21 ± 0.15 log no. /g soil ปริมาณแอคติโนมัยซีทมีค่าระหว่าง 6.06 – 6.57 log no. /g soil โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.31 ± 0.19 log no. /g soil และปริมาณสาหร่ายมีค่าระหว่าง 1.65 – 2.33 log no. /g soil โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.96 ± 0.24 log no. /g soil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ปริมาณจุลินทรีย์ดินชนิดต่างๆ ในดินป่าทุ่งหญ้าที่ไม่มีการจุดไฟเผา

ตัวอย่าง	Bacteria		Fungi		Actinomycete		Algae	
	cells/g soil	log no./g soil	cells/g soil	log no./g soil	cells/g soil	log no./g soil	cells/g soil	log no./g soil
1	350000	5.54	79333	4.90	1470000	6.17	216	2.33
2	1210000	6.08	44333	4.65	710000	5.85	692	2.84
3	973333	5.99	119667	5.08	1363333	6.13	780	2.89
4	756667	5.88	199333	5.30	1003333	6.00	230	2.36
5	1366667	6.14	141000	5.15	2456667	6.39	488	2.69
6	993333	6.00	126667	5.10	1850000	6.27	692	2.84
ค่าเฉลี่ย		5.94		5.03		6.14		2.66
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.21		0.23		0.19		0.25

ตารางที่ 2 ปริมาณจุลินทรีย์ดินชนิดต่างๆ ในดินป่าทุ่งหญ้าก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5

ตัวอย่าง	Bacteria		Fungi		Actinomycete		Algae	
	cells/g soil	log no./g soil	cells/g soil	log no./g soil	cells/g soil	log no./g soil	cells/g soil	log no./g soil
1	1366667	6.14	212333	5.33	2213333	6.35	10	1.00
2	2470000	6.39	168000	5.23	2460000	6.39	69	1.84
3	1380000	6.14	226333	5.35	1793333	6.25	127	2.10
4	1353333	6.13	208333	5.32	650000	5.81	27	1.43
5	1590000	6.20	151667	5.18	1226667	6.09	69	1.84
6	1333333	6.12	174667	5.24	626667	5.80	69	1.84
ค่าเฉลี่ย		6.19		5.27		6.11		1.68
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.21		0.07		0.26		0.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ปริมาณจุลินทรีย์ดินชนิดต่างๆ ในดินป่าทุ่งหญ้าภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5

ตัวอย่าง	Bacteria		Fungi		Actinomycete		Algae	
	cells/g soil	log no./g soil	cells/g soil	log no./g soil	cells/g soil	log no./g soil	cells/g soil	log no./g soil
1	543333	5.74	149667	5.18	2396667	6.38	216	2.33
2	153333	5.19	181667	5.26	3746667	6.57	78	1.89
3	276667	5.44	244000	5.39	2796667	6.45	69	1.84
4	580000	5.76	231333	5.36	1686667	6.23	78	1.89
5	183333	5.26	102333	5.01	1396667	6.15	45	1.65
6	140000	5.15	122667	5.09	1150000	6.06	138	2.14
ค่าเฉลี่ย		5.42		5.21		6.31		1.96
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.27		0.15		0.19		0.24

และจากการเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในดินป่าทุ่งหญ้า ภายใต้สภาพที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) ก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) และภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3) แสดงไว้ในตารางที่ 4 และภาพที่ 1 ดังนี้

ปริมาณของแบคทีเรียที่พบในตำรับก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) มีค่ามากกว่าตำรับที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) คือมีค่าเท่ากับ 6.19 และ 5.94 log no. /g soil ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าทั้งสองไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนตำรับภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3) พบว่าปริมาณแบคทีเรียมีค่าน้อยกว่าตำรับ T2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 5.42 log no./g soil

ปริมาณของเชื้อราในตำรับก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) มีค่าเพิ่มแตกต่างจากตำรับที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่าเท่ากับ 5.28 และ 5.03 log no./g soil ตามลำดับ และภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3) พบว่าปริมาณเชื้อรามีค่าลดลงเล็กน้อยไม่แตกต่างจากตำรับ T2 ในทางสถิติ คือมีค่า 5.22 log no. /g soil

ปริมาณของแอคติโนมัยซีทในตำรับก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) มีค่าใกล้เคียงกับตำรับที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) คือมีค่า 6.12 และ 6.14 log no. /g soil และภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3) พบว่าปริมาณแอคติโนมัยซีทมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นจากตำรับ T2 คือมีค่า 6.31 log no. /g soil อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

ปริมาณของสาหร่ายในตำรับก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) พบว่ามีค่าลดลงแตกต่างจากตำรับที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 1.68 และ 2.66 log no. /g soil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

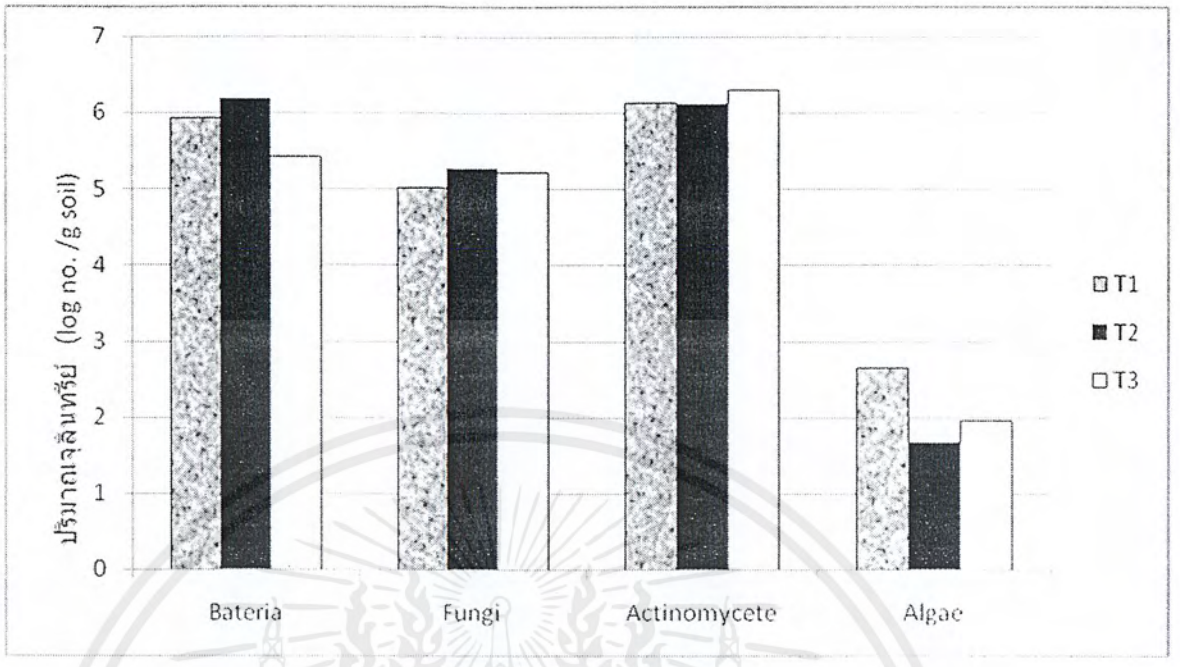
ตามลำดับ และภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3) พบว่าปริมาณสาหร่ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากตำรับ T2 คือมีค่า 1.96 log no. /g soil อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

ตารางที่ 4 ปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในดินป่าทุ่งหญ้าที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) ก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) และภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3)

ตำรับการทดลอง	ปริมาณจุลินทรีย์ดินชนิดต่างๆ (log no. /g soil)			
	Bacteria	Fungi	Actinomycete	Algae
ไม่มีการจุดไฟเผา (T1)	5.94 a	5.03 b	6.14 a	2.66 a
ก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2)	6.19 a	5.28 a	6.12 a	1.68 b
ภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3)	5.42 b	5.22 ab	6.31 a	1.96 b
% CV	3.57	2.80	3.52	14.49

หมายเหตุ อักษรที่ต่างกันในคอลัมน์ หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในดินป่าทุ่งหญ้าที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) ก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) และภายหลังจุดไฟเผาไฟในปีที่ 5 (T3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของไฟป่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ดิน 4 ชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซีท และสาหร่าย ในดินป่าทุ่งหญ้า กรณีเกิดไฟป่าในปีที่ 5 ภายใต้สภาพก่อนและหลังการจุดไฟเผาในปีที่ 5 เปรียบเทียบกับดินที่ไม่มีการจุดไฟเผา พบว่าปริมาณแบคทีเรีย และ รา ในดินก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2) มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นจากดินที่ไม่มีการจุดไฟเผา (T1) โดยเฉพาะเชื้อรามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่สาหร่ายกลับมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และดินภายหลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3) พบว่าปริมาณแบคทีเรียมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากดินในตำรับ T2 ขณะที่ปริมาณแอคติโนมัยซีทและสาหร่ายกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

นิวัติ เรืองพานิช. 2543. **วิทยาศาสตร์ทุ่งหญ้า**. รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

ศิริ อัคคะอัคร. 2523. **การควบคุมไฟป่าสำหรับประเทศไทย**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สุรเด่น สัญญอาจ. 2532. **ผลกระทบของไฟป่าต่อพืชพรรณและดินในป่าเต็งรังสะแกราช นครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิริรัตน์ บุญเปลี่ยน. 2528. **ผลกระทบของไฟป่าต่อดินและพืช ณ ดอยอ่างขาง: ผลในปีแรก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานโครงการจัดการผืนป่าตะวันตก. 2544. **รายงานสรุปผลการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อกำหนดแนวทางการศึกษาวิจัยด้านไฟป่าในผืนป่าตะวันตก**. สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

อนิวรรต เฉลิมพงษ์. 2543. **ไฟป่าและเห็ด**. วนสาร ปีที่ 58(1): 207-215.

อุทัย ชาญสุข. 2533. **ผลของความถี่ของไฟต่อสมบัติดินในป่าเต็งรังสะแกราช จ. นครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Bray, R.A. and L.T. Kurtz.1945. Determination of total organic and available from of phosphorus in soil. Soil Sci. 59:39-45.

Germina, J.J. 1993. Cultural method for soil microorganism. pp. 263-275. In M.R. Carter (ed.). Soil sampling and method of analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, Florida.

James, N. 1958. Soil extract in soil microbiology. Can. J. Microbiol. 4:363-370.

Kueter, E. and S.T. Williums. 1966. Selection of media for isolation of streptomycets. Nature 202:928-929.

Martin, J. P. 1950. Use of acid, rose Bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil funji. Soil Sci. 69:215-232.

Peech, M. 1945. Determination of exchangeable cation and exchange capacity of soil rapid micromethod ultilizing centrifuge and spectrophotometer. Soil Sci, 59:25-28.

Walkley, A. and C. A. Black.1934. An examination of degtijareff method for determining soil organic matter and a proposed modification 28 of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-35.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wollum, A.G. 1994. **Soil sampling for microbiological analysis.** In SSSA. Method of Soil Analysis, Part 2: **Microbiological and biochemical properties.** SSSA Book No 5. New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณแบคทีเรียในดินแต่ละตัวอย่างที่นำมาแยกเชื้อในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างดิน	ปริมาณแบคทีเรีย ($\times 10^4$ cell /g soil)			
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	เฉลี่ย
ไม่มีการเผา (T1)				
1	40	35	30	35.00
2	101	151	111	121.00
3	81	106	105	97.33
4	81	68	78	75.67
5	92	181	137	136.67
6	111	87	100	99.33
ก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2)				
1	139	127	144	136.67
2	298	168	275	247.00
3	159	136	119	138.00
4	156	145	105	135.33
5	149	160	168	159.00
6	131	177	92	133.33
หลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3)				
1	38	54	71	54.33
2	13	22	11	15.33
3	19	32	32	27.67
4	54	64	56	58.00
5	18	19	18	18.33
6	13	14	15	14.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณเชื้อราในดินแต่ละตัวอย่างที่นำมาแยกเชื้อในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างดิน	ปริมาณเชื้อรา ($\times 10^3$ cell /g soil)			
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	เฉลี่ย
ไม่มีการเผา (T1)				
1	76	66	96	79.33
2	47	48	38	44.33
3	95	97	167	119.67
4	237	214	147	199.33
5	81	170	172	141.00
6	117	148	115	126.67
ก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2)				
1	278	243	116	212.33
2	169	167	168	168.00
3	231	220	228	226.33
4	173	165	287	208.33
5	185	125	145	151.67
6	230	159	135	174.67
หลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3)				
1	161	132	156	149.67
2	177	179	189	181.67
3	318	204	210	244.00
4	268	250	176	231.33
5	85	116	106	102.33
6	182	104	82	122.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณแอคติโนมัยซีทในดินแต่ละตัวอย่างที่นำมาแยกเชื้อในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างดิน	ปริมาณแอคติโนไมซีท ($\times 10^4$ cell /g soil)			
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	เฉลี่ย
ไม่มีการเผา (T1)				
1	139	155	147	147.00
2	63	78	72	71.00
3	115	131	163	136.33
4	91	95	115	100.33
5	141	246	350	245.67
6	144	187	224	185.00
ก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2)				
1	212	224	228	221.33
2	286	203	249	246.00
3	249	137	152	179.33
4	85	53	57	65.00
5	125	129	114	122.67
6	65	51	72	62.67
หลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3)				
1	247	233	239	239.67
2	467	262	395	374.67
3	276	208	355	279.67
4	169	191	146	168.67
5	143	149	127	139.67
6	116	139	90	115.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณสาหร่ายในดินแต่ละตัวอย่างที่นำมาแยกเชื้อในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างดิน	จำนวนที่เกิดสาหร่ายในแต่ละความเข้มข้น				ปริมาณสาหร่าย
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	cell/g soil
แปลงที่ไม่มีการเผา (T1)					
1	5	4	2	0	216
2	5	5	2	1	692
3	5	5	3	0	780
4	5	5	0	0	230
5	5	5	2	0	488
6	5	5	2	1	692
ก่อนจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T2)					
1	3	1	0	0	10
2	5	2	1	0	69
3	5	4	0	0	127
4	4	3	0	0	27
5	5	2	1	0	69
6	5	2	1	0	69
หลังจุดไฟเผาในปีที่ 5 (T3)					
1	5	4	2	0	216
2	5	3	0	0	78
3	5	2	1	0	69
4	5	3	0	0	78
5	5	1	1	0	45
6	5	3	2	0	138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ค่า Analysis of Variance (ANOVA) ของปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
bacteria	Between Groups	1.819	2	.910	20.908	.000
	Within Groups	.653	15	4.350E-02		
	Total	2.472	17			
fungi	Between Groups	.196	2	9.785E-02	3.749	.048
	Within Groups	.391	15	2.610E-02		
	Total	.587	17			
actinomycete	Between Groups	.133	2	6.661E-02	1.402	.276
	Within Groups	.712	15	4.750E-02		
	Total	.846	17			
algae	Between Groups	3.077	2	1.539	16.664	.000
	Within Groups	1.385	15	9.233E-02		
	Total	4.462	17			
repplication	Between Groups	.000	2	.000	.000	1.000
	Within Groups	52.500	15	3.500		
	Total	52.500	17			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้