



รายงานการวิจัย
เรื่อง

ความหลากหลายทางชนิด การแพร่กระจาย ตัวอาศัย และสารซึ่งมีคุณสมบัติทางยา
ของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงในสกุล *Cordyceps* (Clavicipitaceae)
ในอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

รุ่งเกียรติ แก้วเพชร
ศมาพร แสงยศ

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต



รายงานการวิจัย
เรื่อง

ความหลากหลายทางชนิด การแพร่กระจาย ตัวอาศัย และสารซึ่งมีคุณสมบัติทางยา
ของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงในสกุล *Cordyceps* (Clavicipitaceae)
ในอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

Species Diversity, Distribution, Hosts, and Medicinal Substances of
Entomopathogenic Fungi in the Genus *Cordyceps* (Clavicipitaceae)
in Doi Inthanon National Park,
Chiang Mai Province

รุ่งเกียรติ แก้วเพชร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ศมาพร แสงยศ
หลักสูตรอรัญญาพิช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ 2558)

หัวข้อวิจัย	ความหลากหลายทางชนิด การแพร่กระจาย ตัวอาศัย และสารซึ่งมีคุณสมบัติทางยาของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงในสกุล <i>Ophiocordyceps</i> (<i>Hypocreales: Ophiocordycipitaceae</i>) ในอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่
ผู้ดำเนินการวิจัย ที่ปรึกษา	รุ่งเกียรติ แก้วเพชร และ ศมาพร แสงยศ ผศ.ดร.วิชา ฉิมพลี
หน่วยงาน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต และ หลักสูตรอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปี พ.ศ.	2560

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้ คือ การศึกษาความหลากหลายทางชนิดของเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงในสกุล *Ophiocordyceps* (*Hypocreales: Ophiocordycipitaceae*) ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ ในจังหวัด เชียงใหม่ โดยการสำรวจและรวบรวมตัวอย่างและศึกษาการแพร่กระจายและตัวอาศัย เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ด้านข้อมูลเชิงความหลากหลายทางชีวภาพ และการระบุแหล่งที่อยู่สำหรับการเก็บตัวอย่างเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาต่อยอดอื่นๆ ในช่วงระหว่างเดือนกันยายน 2558-กันยายน 2559 สามารถรวบรวมตัวอย่างได้ 71 ตัวอย่าง มีการแพร่กระจายในทุกพื้นที่สำรวจในพิกัดระหว่างเส้นรุ้งที่ 18 องศา 58 ลิปดา 91 ฟลิปดาเหนือ ถึง 18 องศา 54 ลิปดา 13 ฟลิปดาเหนือ (พิกัด UTM; 2063808 N) และเส้นแวงที่ 98 องศา 48 ลิปดา 70 ฟลิปดาตะวันออก (พิกัด UTM; 436635 E) ถึง 98 องศา 59ลิปดา 93 ฟลิปดาตะวันออก ที่ระดับความสูง 756 - 2,560 เมตร จากระดับน้ำทะเลโดยเฉลี่ย ได้พบและรวบรวมเชื้อราสองชนิด คือ *Ophiocordyceps unilateralis* ซึ่งลงทำลายมด และ *Ophiocordyceps sobolifera* ซึ่งลงทำลายตัวอ่อนจิ้งจั่น ทั้งนี้เชื้อราทั้งสองชนิดดังกล่าว มีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ Shannon-Weiner Index = 0.52 โดยได้มีการจัดทำแผนที่การแพร่กระจายเพื่อใช้ประโยชน์ ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information system - GIS)

Research Title	Species Diversity, Distribution, Hosts, and Medicinal Substances of Entomopathogenic Fungi, Genus <i>Ophiocordyceps</i> (Hypocreales: Ophiocordycipitaceae) in Doi Inthanon National Park, Chiang Mai Province.
Researchers	Rungkiat Kawpet and Samaporn Saengyot
Research Consultant	Asst. Prof. Dr. Witcha Chimphlee
Organizations	Faculty of Science and Technology Suan Dusit University and Plant Protection Program Faculty of Agricultural Production Mae Jo University
Year	2017

The objectives of this project are to investigate the species diversity, distribution and hosts of the entomopathogenic fungi in the genus *Ophiocordyceps* (Hypocreales: Ophiocordycipitaceae) in Doi Inthanon National Park, Chiang Mai Province. The investigation was carried out by surveying and field collecting of the specimens for their distribution and hosts to obtain biodiversity data and for further utilization and top-up study. During September 2014 to September 2015 a total of 71 samples were found and collected at all the sampling sites ranging from latitude 18°58'91" N to 18°54'13"N (UTM; 2063808 N) and longitude 98°48'70" (UTM; 436635 E) to 98°59' 93" E and at 756 – 2,560 m above the mean sea level (MSL). Two species found and collected were *Ophiocordyceps unilateralis* infecting ants and *Ophiocordyceps sobolifera* infecting cicada nymphs. Both *Ophiocordyceps* spp. showed the Shannon-Weiner Index of 0.52. The distribution map was constructed for use in the Geographic information system (GIS).

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องความหลากหลายทางชนิด การแพร่กระจาย ตัวอาศัย และสารซึ่งมีคุณสมบัติทางยาของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps* (Hypocreales: Ophiocordycipitaceae) ในอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ประเมินผลสนับสนุนโครงการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชา ฉิมพลี คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ปรึกษางานวิจัย

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้ความเอื้อเฟื้อในการแนะนำและอำนวยความสะดวก และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์เวลาและสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์สถานที่ รวมทั้งการประสานงาน

ขอขอบพระคุณ ผู้ประสานงานห้องปฏิบัติการการควบคุมโดยชีววิธี (MJU Biological Control Laboratory – MJU-BCL) หลักสูตรอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่สนับสนุนการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.บรรพต ฌ ป้อมเพชร ผู้ก่อตั้งและที่ปรึกษา ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจประเมิน แก้ไข จนวนรายงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ประสานงานในพื้นที่ศึกษาอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ กับ ขอขอบพระคุณ หน่วยงาน เจ้าของสถานที่ และ บุคคลากร ที่ให้ความสะดวกในการดำเนินการวิจัย แต่มิได้เอ่ยนามมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	3
สมมติฐานการวิจัย	4
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
เชื้อราโรคแมลงในสกุล <i>Ophiocordyceps</i>	7
ลักษณะพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จ.เชียงใหม่	13
กรอบแนวคิดในการวิจัย	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	16
สำรวจและรวบรวมตัวอย่างแมลงและแมงมุมที่ติดเชื้อราโรคแมลงใน	
สกุล <i>Ophiocordyceps</i>	16
จำแนกชนิด ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา ของเชื้อราโรคแมลงในใน	
สกุล <i>Ophiocordyceps</i>	17
การวิเคราะห์ข้อมูลด้านนิเวศวิทยาประชากรและจัดทำแผนที่การ	
แพร่กระจายของเชื้อราโรคแมลงในสกุล <i>Ophiocordyceps</i>	18

สารบัญ

	หน้า
เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ	20
บทที่ 4 ผลการวิจัย	22
สำรวจและรวบรวมตัวอย่างแมลงและแมงมุมที่ติดเชื้อราโรคแมลงในสกุล <i>Ophiocordyceps</i>	22
จำแนกชนิด ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา ของเชื้อราโรคแมลงในสกุล <i>Ophiocordyceps</i>	22
การวิเคราะห์ข้อมูลด้านนิเวศวิทยาประชากรและจัดทำแผนทำการแพร่กระจาย ของเชื้อราโรคแมลงในสกุล <i>Ophiocordyceps</i>	23
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	38
สรุปผลการวิจัย	38
อภิปรายผล	39
ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้และการทำวิจัยครั้งต่อไป	40
บรรณานุกรม	41
บรรณานุกรมภาษาไทย	41
บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ	42
ประวัติผู้วิจัย	46

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลการสำรวจและรวบรวมตัวอย่างแมลงและแมงมุมที่ติดเชื้อราโรคแมลง ในสกุล <i>Ophiocordyceps</i>	24

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะของหนอนผีเสื้อที่ถูกทำลายจากเชื้อรา <i>Ophiocordyceps sinensis</i> หรือที่เรียกว่า ถั่งเช่า (Dōng-chóng-xiá-cǎo)	10
2.2	แผนที่การแพร่กระจายของเชื้อรา <i>Ophiocordyceps sinensis</i> ในเขตปกครองตนเองทิเบต ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน	11
2.3	เชื้อรา <i>Ophiocordyceps</i> ชนิดต่างๆ ที่เก็บตัวอย่างได้จากประเทศเนปาล ได้แก่ <i>O. gracilis</i> (a); <i>O. ishikariensis</i> (b); <i>O. liangshanensis</i> (c); <i>O. martialis</i> (d); <i>O. militaris</i> (e); <i>O. nutans</i> (f); <i>O. pruinosa</i> (g); <i>O. sinensis</i> (h); <i>O. sphecocephala</i> (i) และ <i>O. tricentri</i> (j) ตามลำดับ	17
2.4	ลักษณะส่วน stroma (A) สปอร์ (B) และ ascus (C) ของเชื้อรา <i>Ophiocordyceps</i> ที่สามารถนำมาใช้ในการจำแนกชนิดโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา)	12
2.5	การเข้าทำลายแมลงและวงจรชีวิตของเชื้อรา <i>Ophiocordyceps sinensis</i>	12
2.6	ลักษณะพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่	15
3.1	ภาพถ่ายลักษณะพื้นที่จุดที่เก็บตัวอย่างเชื้อรา <i>Ophiocordyceps</i> spp. ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ ได้แก่ ได้แก่ บริเวณยอดดอยอินทนนท์ (ก.) กิวแม่ปาน (ข.) น้ำตกสิริภูมิ (ค.) น้ำตกวชิรธาร (ง.) และ น้ำตกแม่กลาง (จ.)	17
3.2	แผนที่จุดสำรวจเชื้อรา <i>Ophiocordyceps</i> spp. ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์	20
4.11	การแพร่กระจายของเชื้อรา <i>Ophiocordyceps</i> spp. ที่ทำลายแมลง ซึ่งพบในพื้นที่ศึกษา อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558 - กันยายน 2559	29
4.12	จุดที่พบการแพร่กระจายของเชื้อรา <i>Ophiocordyceps</i> spp. เข้าทำลายตัวอ่อนจิ้งจัน ซึ่งพบในพื้นที่ศึกษา อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558 - กันยายน 2559	30
4.13	จุดที่พบการแพร่กระจายของเชื้อรา <i>Ophiocordyceps</i> spp. เข้าทำลายมด ซึ่งพบในพื้นที่ศึกษา อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558 - กันยายน 2559	31
4.14	จุดที่พบการแพร่กระจายของเชื้อรา <i>Ophiocordyceps</i> spp. เข้าทำลายหนอนของแมลงที่ไม่สามารถระบุชนิดได้ ซึ่งพบในพื้นที่ศึกษา อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558 - กันยายน 2559	32
4.15	เชื้อรา <i>Ophiocordyceps unilateralis</i> ที่ทำลายมดซึ่งพบในเขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558- กันยายน 2559	33

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.16	ลักษณะอาการและสปอร์ของเชื้อรา <i>Ophiocordyceps unilateralis</i> ซึ่งพบบริเวณวนอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือน มกราคม 2558- กันยายน 2559	33
4.17	ลักษณะอาการและสปอร์ของเชื้อรา <i>Ophiocordyceps sobolifera</i> ที่ทำลายจักจั่น ซึ่งพบ บริเวณวนอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558- กันยายน 2559	34
4.18	ลักษณะอาการและสปอร์ของเชื้อรา <i>Ophiocordyceps</i> spp. ซึ่งทำลายแมลงชนิดต่างๆ ได้แก่หนอนผีเสื้อ (ก.) ตัวง (ข.) และ ผึ้ง (ค.) ซึ่งพบบริเวณวนอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือน มกราคม 2558- กันยายน 2559	35
4.19	ปริมาณตัวอย่างของเชื้อราชนิดต่างๆที่พบทำลายแมลงในพื้นที่สำรวจ ในเขตรวนอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือน มกราคม 2558- กันยายน 2559	36
4.20	การขึ้นลงของประชากรของเชื้อราสกุล <i>Ophiocordyceps</i> ชนิดต่างๆที่พบทำลายแมลงในพื้นที่สำรวจ ในเขตรวนอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558- กันยายน 2559	36
4.21	แผนที่การแพร่กระจายของเชื้อราสกุล <i>Ophiocordyceps</i> ที่พบทำลายแมลงในพื้นที่สำรวจ ในเขตรวนอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558- กันยายน 2559	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

วินันท์ดา หิมะมาน และคณะ (2554, 13 หน้า) รายงานว่ามีเชื้อราสาเหตุโรคของแมลง หรือเชื้อราโรคแมลง (entomopathogenic fungi) มากกว่า 400 ชนิดในประเทศไทย ซึ่งรวมถึงเชื้อราในสกุล *Cordyceps* และ *Ophiocordyceps* ด้วย และ Sung *et al.* (2007, pp. 5-59) ได้ทำการวิเคราะห์ทางชีวโมเลกุล ทำการแยกวงศ์ Clavicipitaceae เสนอวงศ์ใหม่คือวงศ์ Ophiocordycipitaceae ทำการปรับชื่อวิทยาศาสตร์บางสกุล เช่น *Cordyceps* ให้เป็น *Ophiocordyceps* และ เสนอสกุลใหม่ของเชื้อราในสกุล *Cordyceps* จากกลุ่มต่างๆ และ รายงานว่า ตั้งแต่ดั้งเดิมเชื้อราในสกุล *Cordyceps* ทั้งหมด ถูกจัดไว้ในวงศ์ Clavicipitaceae แต่จากการวิเคราะห์ทางชีวโมเลกุลและความสัมพันธ์ทางการวิวัฒนาการชาติพันธุ์ (phylogenetic relationships) ของกลุ่มอนุกรมวิธาน 162 กลุ่ม Sung *et al.* (2007, pp. 5-59) พบว่าวงศ์ Clavicipitaceae ประกอบด้วย 3 แขนงย่อยทางอนุกรมวิธาน (clades) จึงแก้ไขและแยกออกเป็น 3 วงศ์ คือ Clavicipitaceae, Cordycipitaceae พร้อมกับเสนอตั้งวงศ์ใหม่ขึ้นมาคือวงศ์ Ophiocordycipitaceae ซึ่งใช้เชื้อราโรคแมลงสาบ *Ophiocordyceps blattae* (Petch) Petch (1931) เป็นรูปแบบชนิด (type species) พร้อมปรับเชื้อราในสกุล *Cordyceps* หลายชนิด ให้ยังคงอยู่ในสกุล *Cordyceps* ในวงศ์ Cordycipitaceae แต่อีกหลายชนิดย้ายไปอยู่ในสกุล *Ophiocordyceps* กับสกุลที่เสนอขึ้นมาใหม่ คือ *Elaphocordyceps* และให้อยู่ในวงศ์ Ophiocordycipitaceae กับเสนอ *Metacordyceps* ให้เป็นสกุลใหม่อีกสกุลหนึ่งอยู่ในวงศ์ Clavicipitaceae โดยทำให้ชื่อวิทยาศาสตร์ของเชื้อรา “ถั่งเช่า” ที่เคยมีการใช้คือ *Cordyceps sinensis* เปลี่ยนไปเป็น *Ophiocordyceps sinensis* กับทั้งได้จัดทำบัญชีรายชื่อที่เป็นที่ยอมรับ (accepted names) ของเชื้อราชนิดต่างๆ ในสกุล *Cordyceps*, *Elaphocordyceps*, *Metacordyceps* และ *Ophiocordyceps* พร้อมกันไปด้วยในรายงานดังกล่าว

ประเทศไทยเป็นแหล่งซึ่งมีความหลากหลายทางชนิดของเชื้อราโรคแมลงสูงแหล่งหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อราโรคแมลงในวงศ์ Cordycipitaceae, Clavicipitaceae และ Ophiocordycipitidae ใน Division (Phylum) Ascomycota และ อันดับ Hypocreales โดยในประเทศไทยมีรายงานเชื้อราโรคแมลงสกุล *Cordyceps* ในวงศ์ Cordycipitaceae และ สกุล *Ophiocordyceps* ในวงศ์ Ophiocordycipitidae เป็นสกุลที่พบมากที่สุด (สุชาติดา มงคลสัมฤทธิ์ และ คณะ, 2553, 163 pp.) กับมีรายงานการพบเชื้อรา *Cordyceps* spp. สามชนิด ลงทำลายหอนจ๊กจั่น (cicada larvae) [ซึ่งที่ถูกต้องควรเป็นตัวอ่อนจ๊กจั่น (cicada nymphs)] เป็นครั้งแรกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยพบที่ อ. กุฉินารายณ์ จ. กาฬสินธุ์ หนึ่งชนิด และ อ. เมือง จ. มหาสารคามสองชนิด แต่ไม่ได้ตั้งชื่อใหม่หรือแยกชนิดออกมา (Srivilai *et al.*, 2013, pp. 587-595) ซึ่งอาจจะเป็น *Cordyceps cicadae* ที่พบในประเทศไทย (Hsu *et al.* 2015, p. 432) หรือ

เป็นเชื้อราที่เรียกว่า cicada flower (*Cordyceps sobolifera*) ในอดีต หรือ *Ophiocordyceps sobolifera* (Zhu et al., 2016, pp. 619-627) ในปัจจุบันก็ได้

อนึ่งเชื้อราโรคแมลง *Ophiocordyceps* spp. หลายชนิดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการเกษตร การแพทย์และเภสัชกรรม เช่นการใช้เป็นยาเชื้อ (microbial insecticides) ทั้งในรูปแบบสูตรสำเร็จ (formulations) และโดยการผลิตด้วยเทคโนโลยีพื้นบ้านอย่างง่าย สำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืช เช่นเดียวกับเชื้อราขาว *Beauveria bassiana* เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* และ *Paecilomyces* spp. เป็นต้น (Copping, 2001, 702 pp.) ส่วนด้านการแพทย์และเภสัชกรรม มีรายงานเกี่ยวกับคุณสมบัติทางยาของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อรา *Ophiocordyceps sinensis* (= *Cordyceps sinensis*) หรือ เชื้อราที่รู้จักกันดีในชื่อ “ถั่งเช่า” (Dǒng-chóng-xiǎ-cǎo หรือสั้นๆ คือ Chóng cǎo) บนตัวหนอนผีเสื้อกลางคืนในสกุล *Thitarodes* (Lepidoptera: Hepialidae) ที่เรียกว่า “ghost moth” ซึ่งมีรายงานว่ามีการนำเชื้อรานี้ได้มาใช้เป็นสมุนไพรจีนมาตั้งแต่ยุคจีนโบราณ (Jones, 1993) ในด้านข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ มีรายงานพบว่าเชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* บางชนิด สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่มีฤทธิ์ทางยาและเภสัชกรรม ได้แก่ สาร cordycepin, ophicordin, galactomannan และ polysaccharide ซึ่งเป็นสารชีวภาพที่สามารถตรวจพบได้จากส่วนก้านชูสปอร์ (fruiting body) ของเชื้อรา โดยหลังจากการทดสอบพบว่าสารเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านเชื้อการก่อเซลล์เนื้อร้าย (antitumor) ต่อด้านแบคทีเรีย (antibacterial) และ ต่อด้านเชื้อรา (antifungal) เป็นต้น (Jin et al., 1999, pp. 891-898) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *O. sinensis* ซึ่งเป็นชนิดที่พบทำลายหนอนผีเสื้อในสกุล *Thitarodes* ในพื้นที่สูงในแถบเขตปกครองตนเองทิเบต ประเทศจีน ที่มีรายงานอ้างอิงมูลค่าทางการตลาดที่สูงมาก (Evans and Samson, 1982, pp. 431-453) นอกจากนี้ยังมีรายงานอ้างว่ามีการตรวจพบกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acids) ไวตามิน K ไวตามิน B1 ไวตามิน B2 และ ไวตามิน B12 ในเชื้อราสกุล *Ophiocordyceps* ด้วย (Holliday and Cleaver, 2008, pp. 219-234) ดังนั้นเชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps* จึงนับว่าเป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำให้ประโยชน์แก่มนุษย์โดยเฉพาะด้านการแพทย์และเภสัชกรรม

มีรายงานกล่าวอ้างเกี่ยวกับจำนวนชนิดและความหลากหลายของเชื้อราสกุล *Ophiocordyceps* บางส่วนแล้วทั้งในและต่างประเทศ (สุชาติและคณะ, 2553, 163 pp.; Evans and Samson, 1982, pp. 431-453; Hywel-Jones, 1994, pp. 939-942) แต่แม้กระนั้นก็ตามจากการที่ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งซึ่งมีความหลากหลายทางชนิดของจุลินทรีย์สูง อีกทั้งการมีแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับการจำแนกชนิดเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. อย่างเป็นระบบซึ่งเพียงพอสำหรับการศึกษาด้อยอดเพื่อให้เกิดองค์ความรู้เพื่อการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้ จึงได้ทำการศึกษาความหลากหลายทางชนิดของเชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ โดยการสำรวจและเก็บตัวอย่างเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ที่พบทำลายแมลงชนิดต่างๆ ทำการจำแนกชนิดจากการศึกษาระดับสัณฐานวิทยา การจำแนกชนิดของตัวอาศัย และการศึกษาโมเลกุลชีววิทยาประชากร รวมทั้งวัดการแพร่กระจายของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. และจัดทำแผนที่การแพร่กระจายใน

พื้นที่ศึกษา เพื่อเป็นองค์ความรู้ และข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาต่อยอดในด้านชีวโมเลกุล และด้านชีวเคมีของสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับด้านสรรพคุณทางยาและเภสัชกรรมต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สสำรวจรวบรวม จำแนกชนิด และศึกษาความหลากหลายทางชนิด ชนิดของตัวอาศัยของเชื้อราโรคแมลงสกุล *Ophiocordyceps* spp. ที่พบและรวบรวมได้ ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่
2. ศึกษาชีววิทยาประชากรและการแพร่กระจายของเชื้อราโรคแมลงสกุล *Ophiocordyceps* spp. ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่
3. จัดทำแผนที่การแพร่กระจายของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ โดยนำมาบูรณาการกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System – GIS)

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาในโครงการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาที่ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยเป็นปีแรก โดยโครงการมีระยะเวลาของการดำเนินงานตั้งแต่เดือนกันยายน 2558 ถึงเดือนกันยายน 2550 และมีขอบเขต คือ ดำเนินการสำรวจและรวบรวมตัวอย่างเชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps* ซึ่งก่อโรคกับแมลงและแมงมุม ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ อ. จอมทอง จ. เชียงใหม่ รวมจำนวน 5 จุด ได้แก่ 1) ยอดดอยอินทนนท์ 2) กิวแม่ปาน 3) น้ำตกลีริภูมิ 4) น้ำตกวชิรธาร และ 5) น้ำตกแม่กลาง แล้วนำตัวอย่างที่รวบรวมได้ มาจำแนกชนิดโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาในห้องปฏิบัติการ เสริมด้วยการศึกษานิวเคลียสประชากรและการจัดทำแผนที่การแพร่กระจายในพื้นที่ทำการศึกษ โดยการนำมาบูรณาการเข้ากับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ รวมทั้งวัดการแพร่กระจายของเชื้อราดังกล่าวในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ อ. จอมทอง จ. เชียงใหม่

1.4 สมมติฐานการวิจัย

เชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* เป็นเชื้อราสาเหตุโรคแมลงสกุลหนึ่งซึ่งมีความหลากหลายทางชนิดสูง อีกทั้งสามารถพบได้ในพื้นที่ประเทศไทยเป็นจำนวนกว่า 400 ชนิด ทั้งนี้ยังมีรายงานว่าเชื้อรา *Ophiocordyceps* หลายชนิดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ได้ โดยมีการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่มีฤทธิ์ทางยาและเภสัชกรรมบางชนิด ที่มีฤทธิ์ต่อต้านการเจริญของเซลล์มะเร็ง ต่อต้านเชื้อรา และแบคทีเรีย ซึ่งก่อโรคกับมนุษย์ รวมทั้งการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกายมนุษย์ เช่นสาร cordycepin สาร ophicordin สาร galactomannan และสาร polysaccharide รวมทั้งอาจผลิตสารซึ่งอาจมีสรรพคุณทางยาอีกหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

เชื้อราที่ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ คือ “caterpillar fungus” หรือ *Ophiocordyceps sinensis* หรือ “ถั่งเช่า” ซึ่งพบในพื้นที่ซึ่งมีอากาศเย็นในพื้นที่สูงในแถบเทือกเขาหิมาลัย

แต่ทั้งนี้ยังมีเชื้อราสกุล *Ophiocordyceps* ชนิดอื่นๆ ที่สามารถตรวจพบว่าสามารถผลิตสารชีวภาพดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นได้เช่นกันในประเทศไทย เช่น พื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ อ. จอมทอง จ. เชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรความหลากหลายทางชีวภาพ รวมทั้งจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ซึ่งมีสภาพอากาศเย็น จึง น่าที่จะมีความเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ซึ่งบางชนิดอาจมีการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่มีฤทธิ์ทางยาและเภสัชกรรม

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

การแพร่กระจายเชิงพื้นที่ (Spatial distribution) หมายถึง รูปแบบการกระจายตัวหรือกระจุกตัว (การจัดเรียง) ของสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่งในพื้นผิวโลกและลักษณะภูมิศาสตร์ โดยเป็นไปตามปรากฏการณ์ธรรมชาติ (wikipedia, มปป.)

ถั่งเช่า (Chóng cǎo) หรือ ตังถั่งเช่า (Dōng chóng cǎo) หรือ ตังถั่งแห่เช่า (Dōng chóng xiǎo) หมายถึง สมุนไพรจีน มีความหมายว่า "หญ้าหนอน" หรือ "ฤดูหนาวเป็นหนอน ฤดูร้อนเป็นหญ้า" เกิดจากหนอนผีเสื้อแถบที่ราบสูงธิเบต ที่จำศีลอยู่ใต้ดินในฤดูหนาว ถูกสปอร์ของเชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* อาศัยเป็นปรสิตและเติบโตสร้างเส้นใยออกมาทางส่วนหัวของตัวหนอนในฤดูร้อน เชื้อราชนิดนี้มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ophiocordyceps sinensis* (สารานุกรมเสรี, มปป.)

เชื้อราโรคแมลง (Entomopathogenic fungi) หมายถึงเชื้อราที่เข้าทำลายแมลงสามารถเจริญเติบโต ขยายพันธุ์ และเพิ่มปริมาณได้ในตัวของแมลง ซึ่งทำให้เกิดโรคกับแมลงโดยขบวนการต่างๆ เช่นการใช้อาหารจากตัวแมลง และ/หรือ การสร้างสารพิษกับแมลง (Steinhaus, 1967, 756 pp.)

แผนที่การแพร่กระจาย หรือ แผนที่แสดงลักษณะเฉพาะเรื่อง (Distribution Map) หรือ แผนที่การแพร่กระจายแบบจุด (Dot distribution map หรือ Dot density map) หมายถึงแผนที่ประเภทหนึ่งซึ่งแสดงลักษณะตามธรรมชาติของสิ่งที่เราสนใจ เช่น จุดที่พบสิ่งมีชีวิตที่เป็นเป้าหมายในการศึกษา ซึ่งจะเชื่อมโยงและบ่งบอกการแพร่กระจายเชิงพื้นที่ได้

เทเลอเมอร์ฟ (Teleomorph) หมายถึง ระยะเวลาการเจริญซึ่งมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของเชื้อราชนิดใดชนิดหนึ่ง

เพอริเธเซีย (Perithecia) หมายถึง ส่วนผลิตสปอร์ของเชื้อราในกลุ่ม Ascomycota ซึ่งห่อหุ้ม asci โดยอาจมีรูปร่างคล้ายขวดรูปชมพู่ (flask-shaped) หรือรูปทรงกลม (globose) (Dictionary.com, 2014)

นิเวศวิทยาประชากร (Population ecology) หมายถึงการศึกษานิเวศวิทยาในระดับประชากรของสิ่งมีชีวิตในด้านจำนวน การแพร่กระจาย ความสัมพันธ์ภายในชนิดเดียวกันและระหว่างชนิด และความสัมพัทธ์กับสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่อยู่อาศัย (กนก เลิศพานิช, มปป.)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System – GIS) หมายถึง กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและ

สารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่ สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ ตำแหน่ง เส้นรุ้ง เส้นแวง (คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, มปป.)

สโตรมา (Stroma) หมายถึง กลุ่มเส้นใยซึ่งมีการรวมตัวกันอย่างแน่นหนา ซึ่งผลิตโดยเชื้อรา โดยมีหน้าที่สำหรับเป็นก้านชูอวัยวะสำหรับสร้างสปอร์ของเชื้อรานั้น (thefreedictionary.com, มปป.)

สารคอร์ดิเซพิน (Cordycepin) หมายถึง สารเคมี 3'-deoxyadenosine ซึ่งเป็นสารอนุพันธ์ของ nucleoside adenosine มีความแตกต่างจาก nucleoside adenosine ตรงการที่ไม่พบออกซิเจนในตำแหน่ง 3' ในส่วน ribose โดยสารนี้สกัดได้ครั้งแรกจากเชื้อราในสกุล *Cordyceps militaris* แต่ปัจจุบันสามารถผลิตได้ในรูปแบบสารสังเคราะห์เลียนแบบแล้ว (wikipedia, มปป.)

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) คือ สารจากสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตทั้งคน สัตว์ และพืช สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีต้องเป็นสารที่มีผลจำเพาะเจาะจง เช่น มีฤทธิ์จำเพาะต่อเซลล์ของมะเร็งเต้านม มีฤทธิ์จำเพาะต่อเชื้อวัณโรค มีฤทธิ์จำเพาะต่อเชื้อมาลาเรีย เป็นต้น (วรรณฤดี หิรัญรัตน์, มปป.)

แอสคัส (Ascus) หมายถึง โครงสร้างที่มีรูปร่างคล้ายถุง ซึ่งผลิตสปอร์ที่เรียกว่าแอสโคสปอร์ (ascospores) ที่โดยมากมี 8 สปอร์ต่อแอสคัส (ascus) ระหว่างการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของเชื้อราในคลาส

อะนามอร์ฟ (Anamorph) หมายถึง ระยะเวลาเจริญซึ่งมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของเชื้อราชนิดใดชนิดหนึ่ง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสำรวจ รวบรวม จำแนกชนิด และศึกษาความหลากหลายทางชนิด ของเชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps* ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่
2. เกิดองค์ความรู้เพิ่มเติมเรื่องความหลากหลายทางชนิด และตัวอาศัยของเชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps* ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่
3. เกิดองค์ความรู้ด้านนิเวศวิทยาประชากร (population ecology) ของเชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps* ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่
4. มีแผนที่การแพร่กระจาย (distribution map) และเกิดองค์ความรู้เกี่ยวกับการแพร่กระจายเชิงพื้นที่ (spatial distribution) ของเชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps* ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

กลุ่มเป้าหมายที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ เกษตรกร ประชาชนโดยทั่วไปที่มีความสนใจ นักวิชาการและนักวิจัย ในหน่วยงานต่างๆ ที่ศึกษา วิจัยและทำงานเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพ ด้านความหลากหลายทางชีวภาพ ทางการเกษตรเช่น กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ทางการแพทย์ ภายใต้กระทรวงสาธารณสุข เช่น กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และ กรมการแพทย์แผนไทย หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา รวมทั้ง นิสิตและนักศึกษา และ สถาบันการศึกษาที่มีการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps*

การจัดหมวดหมู่ทางอนุกรมวิธาน (classification) ของเชื้อราในสกุล *Cordyceps* มีวิวัฒนาการพอสมควร จากการจัดตั้งเดิมใน Steinhaus (1967, 756 pp.) มีการเปลี่ยนแปลงไปบ้างใน Tanada and Kaya (1993, 666 pp.) ต่อมา มีการปรับเปลี่ยนอีกโดยเชื้อราในสกุล *Cordyceps* ถูกจัดให้อยู่ใน Kingdom Fungi หรือ Mycota ใน Division หรือ Phylum Ascomycota (sac fungi), Class Sordariomycetes อันดับ Hypocreales และ วงศ์ Clavicipitaceae เมื่อ Sung *et al.* (2007, pp. 5-59) แยกวงศ์ Clavicipitaceae ออกเป็น Clavicipitaceae และ Cordycipitaceae พร้อมกับเสนอตั้งวงศ์ใหม่ขึ้นมาอีกวงศ์หนึ่งคือ Ophiocordycipitaceae และจากการทบทวนชื่อสกุล *Cordyceps* หลายชนิดออกเป็นสกุลใหม่ คือ *Ophiocordyceps* ส่วนสกุล *Cordyceps* เดิมหลายชนิดยังคงจัดไว้ในวงศ์ Cordycipitaceae

เชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* จัดเป็นเชื้อราที่ก่อโรคแมลง หรือ เชื้อราสาเหตุโรคแมลง หรือ เชื้อราโรคแมลง (entomopathogenic fungi หรือ entomopathogens) เชื้อรา *Ophiocordyceps* เป็นเชื้อราที่มีการบันทึกถึงครั้งแรกในประเทศจีน ในสมัยราชวงศ์ถัง และมีการบันทึกเกี่ยวกับสรรพคุณทางยาในเขตปกครองตนเองทิเบตในช่วงตั้งแต่ศตวรรษที่ 15 ถึง 18 จากนั้นจึงมีรายงานการศึกษาในเชิงวิทยาศาสตร์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2300 (Holliday and Cleaver, 2008, pp. 219-234) โดยคำว่า “*Cordyceps*” มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกคำว่า “kordyle” หรือภาษาละตินคำว่า “cord” ซึ่งแปลว่า “ไม้กระบอง (club)” และภาษาละติน คำว่า “ceps” ซึ่งแปลว่า “หัว (head)” โดยเป็นความหมายซึ่งอธิบายลักษณะของสโตรมา (stroma) ก้านชูสปอร์ (fruiting body) รูปไม้กระบอง ซึ่งงอกออกจากตัวของแมลงที่ติดเชื้อดังกล่าว ซึ่งมักพบเจริญออกจากหนอนผีเสื้อหิมาลัย (Himalayan ghost moth, *Thitarodes armoricanus* = *Hepialis armoricanus*) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อรา *O. sinensis* ซึ่งรู้จักกันในชื่อ ถั่งเช่า (ภาพที่ 2.1) ซึ่งมีการนำมาใช้เป็นสมุนไพรจีนโดยเข้าใจว่าเป็นเห็ดชนิดหนึ่งที่ใช้เพื่อรักษาโรค และบำรุงสมรรถนะทางเพศ และบำรุงกำลังมาเป็นเวลานานมาแล้ว (Jones, 1993)

ในธรรมชาติแมลงที่ติดเชื้อรา *Ophiocordyceps* โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *O. sinensis* สามารถพบได้ในบริเวณพื้นที่สูง ในแถบเทือกเขาหิมาลัย เขตปกครองตนเองทิเบต ประเทศจีน (ภาพที่ 2.2) ซึ่งมีความยากลำบากในการเก็บรวบรวม จึงทำให้ *O. sinensis* กลายเป็นยาสมุนไพรที่มีราคาสูงโดยในปี พ.ศ. 2547 มีรายงานอ้างว่าการขายหนอนที่ติดเชื้อรานี้ในปริมาณ 5,000 กิโลกรัม รวมเป็นมูลค่าถึง 225 ล้านเหรียญสหรัฐ (Winkler, 2008, pp. 291-305) ในปัจจุบัน มีข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ชี้ว่าเชื้อราดังกล่าวเป็นเชื้อราสาเหตุโรคแมลง โดยมีรายงานว่าเชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* และสกุลใกล้เคียงทั่วโลก ซึ่งมีจำนวนชนิดมากกว่า 680 ชนิดนั้น มีชนิดที่มีการศึกษาเกี่ยวกับสรรพคุณทางยาได้แก่ *Cordyceps militaris*, *Ophiocordyceps sobolifera*, *Tolyposcladium inflatum*. (= *Cordyceps subsessilis*) และ *Tolyposcladium*

ophioglossoides (*Cordyceps ophioglossoides*) เป็นต้น (Blackwell, 1984, pp. 763-765; Hobbs, 1995; Mizuno, 1998) ส่วนในประเทศไทยมีรายงานพบเชื้อราแมลงเหล่านี้กว่า 400 ชนิด (สุชาติ มงคลสัมฤทธิ์ และคณะ, 2553, 163 หน้า) และยังมีกรพบเชื้อราที่สกุลเดิมคือ *Cordyceps* และที่เปลี่ยนไปเป็น *Ophiocordyceps* ชนิดต่างที่มีรายงานในประเทศไทยอีกหลายชนิด ซึ่งมีการรายงานเป็นครั้งแรกในประเทศไทย เช่น *Cordyceps khaoyaiensis*, *C. pseudomilitaris*, *O. sphecocephala*, *O. nutans*, *O. myrmecophila* และ *C. cylindrica* (Hywel-Jones, 1994, pp. 939-942; Hywel-Jones, 1995a, pp. 154-158; Hywel-Jones, 1995b, pp. 724-726; Hywel-Jones, 1996, pp. 613-619; Hywel-Jones, 2002, pp. 2-3; Hywel-Jones and Sivichai 1995, pp. 809-812; Srivilai *et al.*, 2013, pp. 587-595)

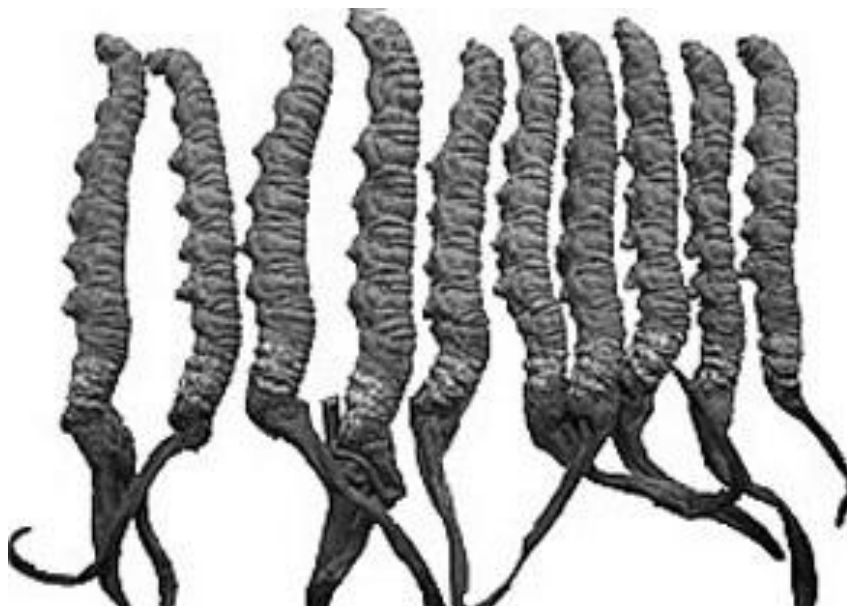
วินันท์ดา หิมะมาน และ คณะ (2554, 13 หน้า) ในรายงานผลงานวิจัยเรื่อง “ราทำลายแมลง และแมงมุมในกลุ่มป่าแก่งกระจาน” รายงานว่าในพื้นที่ศึกษาต่างๆ สามารถพบเชื้อราทำลายมด เพลี้ยหอย มวน แมลงสาบ แมลงวัน เพลี้ยกระโดด ต่อ แตน จักจั่น จิ้งหรีด ผีเสื้อ แมงเม่า และ แมงมุม รวม 2,433 ตัวอย่าง ที่สามารถจำแนกได้รวม 44 ชนิด ซึ่งนอกจากเชื้อราชนิดต่างๆ แล้ว ได้พบเชื้อราในสกุล *Cordyceps* รวม 4 ชนิดคือ *Cordyceps buaoides* บนแมงมุม *C. martialis* บนแมลงในอันดับ Coleoptera, *C. tuberculata* บนแมลงในอันดับ Lepidoptera และ *Cordyceps* sp. บนแมลงในอันดับ Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera และ Lepidoptera รวมทั้งเชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* รวม 11 ชนิดคือ *Ophiocordyceps communis* บนปลวก; *O. dipertigena* บนแมลงในอันดับ Diptera; *O. humberitii* บนแมลงในอันดับ Hymenoptera; *O. irangiensis* บนแมลงในอันดับ Hymenoptera; *O. irangiensis myrmecophila* บนแมลงในอันดับ Hymenoptera; *O. myrmecophila* บนแมลงในอันดับ Hymenoptera; *O. nutans* บนแมลงในอันดับ Hemiptera; *O. pseudolloydii* บนแมลงในอันดับ Hymenoptera; *O. sobolifera* บนแมลงในอันดับ Hemiptera; *O. sphaecocephala* บนแมลงในอันดับ Hymenoptera และ *O. unilateralis* บนแมลงในอันดับ Hymenoptera

ส่วนวิธีการจำแนกชนิดของเชื้อราในสกุลเหล่านี้ สามารถดำเนินการได้ตั้งแต่การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphological study) เช่น Evan and Samson (1982, pp. 431-453) ได้ อธิบายลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Cordyceps* spp. ที่พบทำลายมดในระบบนิเวศในป่าเขตกึ่งร้อน นอกจากนี้ได้อธิบายลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *O. gracilis*, *C. ishikariensis*, *C. liangshanensis*, *C. martialis*, *C. militaris*, *O. nutans*, *O. pruinosa*, *O. sinensis*, *O. sphecocephala* และ *O. tricentri* ที่พบทำลายแมลงชนิดต่างๆ เช่น หนอนผีเสื้อ *Hepialus* sp. ตัวอ่อนจักจั่น หนอนผีเสื้อ หนอนด้วง ตัวอ่อนมวน ดักแด้ผีเสื้อในวงศ์ Limacodidae ผี และต่อ รวมทั้งตัวเต็มวัยของต่อ ในประเทศเนปาล โดยใช้ความแตกต่างของสี จำนวน และลักษณะรูปร่างของสโตรมา (stroma) ร่วมกับขนาดและรูปร่างของ perithecia ในการจำแนกชนิด (Shrestha and Sung, 2005, pp. 235-239) (ภาพที่ 2.3) นอกจากนั้น Baral and Maharjan (2012, pp. 38-42) รายงานว่าสามารถจำแนกชนิดของเชื้อราในสกุล *Cardyceps* ออกจากเชื้อราสกุลอื่นๆ เช่น *Aspergillus flavus*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Verticillium* sp., *Alternaria solani*, *Acremonium strictum*, *Trichoderma virens*, *Curvularia lanata* และ *Thielaviopsis* sp. ได้

จากรูปร่างลักษณะของ stroma ขนาดและรูปร่างของสปอร์ และลักษณะการเรียงตัวของสปอร์ใน ascus (ภาพที่ 2.4) รวมทั้งสามารถนำไปใช้สำหรับการจำแนกชนิดของเชื้อราในสกุล *Cordyceps* ได้อีกด้วย ซึ่งเหล่านี้นอกจากนี้การศึกษาพันธุกรรมในระดับจีโนมเลกุล เช่น การเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยวิธี PCR และการหาลำดับเบสบริเวณ internal transcribe spacer (ITS) และการจัดกลุ่มสายพันธุกรรม (phylogenetic tree) เช่นในกรณีของเชื้อรา *O. cuboidea*, *C. sensu lato*, *C. alboperitheciata* และ *O. prolifica* (Ban et al., 2009, pp. 261-272; Sung et al., 2007, pp. 5-59) เป็นต้น

เชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* เข้าสู่ตัวแมลงอาศัย (host insects) โดยตรง ผ่านทางผิวหนังของแมลง (cuticle) โดยมีการปล่อยเอนไซม์หลายชนิดซึ่งถูกผลิตขึ้นในขณะที่สปอร์ของเชื้อรากำลังงอก ทั้งนี้สปอร์มักมีการปรับเปลี่ยนแปลงสภาพโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมี เพื่อให้สามารถยึดติดแน่นอยู่กับผิวของแมลง และเมื่อเข้าไปในช่องว่างในตัวแมลงอาศัย (haemocoel) แล้ว เชื้อราจะใช้สารอาหารในร่างกายแมลงเพื่อการดำรงชีวิต และขยายพันธุ์ ซึ่งเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นเชื้อจะแพร่กระจายจนเต็มช่องว่างลำตัวแมลงโดยการสร้างเส้นใยและหน่วยสืบพันธุ์ ทำให้แมลงขาดอากาศ หรือ อดตาย หรือ ตายเนื่องจากสารพิษที่เชื้อราผลิตขึ้น ในอีกทางหนึ่ง ในขณะที่เส้นใยของเชื้อราเจริญเติบโต จะดูดน้ำและสารอาหารจากแมลงอาศัย ทำให้ซากแมลงแห้ง เชื้อราทำลายแมลงส่วนใหญ่ เส้นใยจะแทงออกมาจากตัวแมลงอาศัยหลังจากแมลงตายแล้ว ยึดซากแมลงให้ติดกับต้นพืชหรือถูกทำให้ยึดติดโดยขบวนการเกิดโรค จากนั้นไมซีเลียที่อยู่ภายนอกจะสร้างสปอร์ และสปอร์จะค่อยๆ ถูกปล่อยฟุ้งกระจายเข้าสู่วงจรการเข้าทำลายต่อไป (ภาพที่ 2.5) ทั้งนี้เชื้อราสกุล *Ophiocordyceps* สามารถก่อโรคกับแมลงหลากหลายชนิด เช่น หนอนของด้วงชนิดต่างๆ เช่น *O. prolifica*, *C. alboperitheciata* และ *O. cuboidea* (Ban et al., 2009, pp. 261-272) หนอนผีเสื้อได้แก่ หนอนผีเสื้อหิมาลัย (Himalayan ghost moth, *Thitarodes armoricanus* (= *Hepialis armoricanus*) และหนอนผีเสื้อชนิดต่างๆ (Holliday and Cleaver, 2008, pp. 219-234; Hywel-Jones, 1994, pp. 939-942) ในมด เช่น *O. kniphofioides* และ *O. cucumispora* (Evan and Samson, 1982, pp. 431-453) ในผึ้งและต่อ เช่น *O. sphecocephala* (Hywel-Jones, 1995a, pp. 154-158) และปลวกได้แก่ *O. bispora* และ *O. octospora* (Blackwell, 1984, pp. 763-765) เป็นต้น โดยสามารถพบเชื้อราชนิดนี้บนซากแมลงที่อาศัยตามพื้นดิน เช่น หนอนของด้วงชนิดต่างๆ เศษซากใบไม้แห้ง เช่นผีเสื้อตัวเต็มวัยและหนอนผีเสื้อ ไต้ทรงพุ่มไม้ ตามยอดหญ้า เช่น *O. sinensis* หรือถั่งเช่า และตามส่วนต่างๆ ของต้นพืชซึ่งมักมีความสูงไม่เกิน 2 เมตร โดยสามารถพบได้ในตั้งแต่พื้นที่สูงในเทือกเขาหิมาลัย ในประเทศจีน เขตปกครองตนเองทิเบต ประเทศจีน และเนปาล ที่ราบเขตอบอุ่น เขตกึ่งร้อน และเขตร้อนชื้น (Evan and Samson, 1982, pp. 431-453; Holliday and Cleaver, 2008, pp. 219-234; Steinhaus, 1967, 756 pp.) อีกทั้งมีรายงานการพบเชื้อราชนิดนี้แพร่กระจายในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย เช่น อุทยานแห่งชาติโนภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก รวม 22 แห่งรวมทั้งอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

เชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* หลายชนิดสามารถเพาะเลี้ยงได้บนอาหารเทียมเช่น Potato dextrose agar (PDA), Corn meal agar (CMA), Malt extract agar (MEA), Protease peptone agar (PPA) และ Brain heart infusion agar (BIFA) เป็นต้น (Ban *et al.*, 2009, pp. 261-272; Blackwell, 1984, pp. 763-765; Evan and Samson, 1982, pp. 431-453) ทั้งนี้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive substances) ที่ตรวจพบโดยวิธี HPLC ในเชื้อราเช่นเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. มีหลากหลายชนิด เช่น สาร cordycepin, ophicordin, galactomannan และ polysaccharide ที่สามารถตรวจพบได้จากส่วนก้านชูสปอร์ (fruiting body) ซึ่งมีฤทธิ์ต่อต้านเชื้ออการก่อเซลล์มะเร็ง (antitumor) ต่อด้านแบคทีเรีย (antibacterial) และ ต่อด้านเชื้อรา (antifungal) (Bok *et al.*, 1999, pp. 891-898) อีกทั้งมีรายงานยืนยันว่าสารสกัดบางชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโต (growth regulators) ซึ่งควบคุมเซลล์ที่เจริญมากผิดปกติ (Chen *et al.*, 1997, pp. 2349-2359) ที่พบในเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. นอกจากนี้ยังมีการตรวจพบกรดอะมิโนและวิตามินหลายชนิดในเชื้อราชนิดนี้ เช่น กรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acids) วิตามินK วิตามินB วิตามินB1 วิตามินB2 และ วิตามินB12 อีกด้วย (Holliday and Cleaver, 2008, pp. 219-234) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ ชี้ให้เห็นว่าเชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps* เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำให้ประโยชน์แก่มนุษย์โดยเฉพาะด้านการแพทย์และเภสัชกรรม

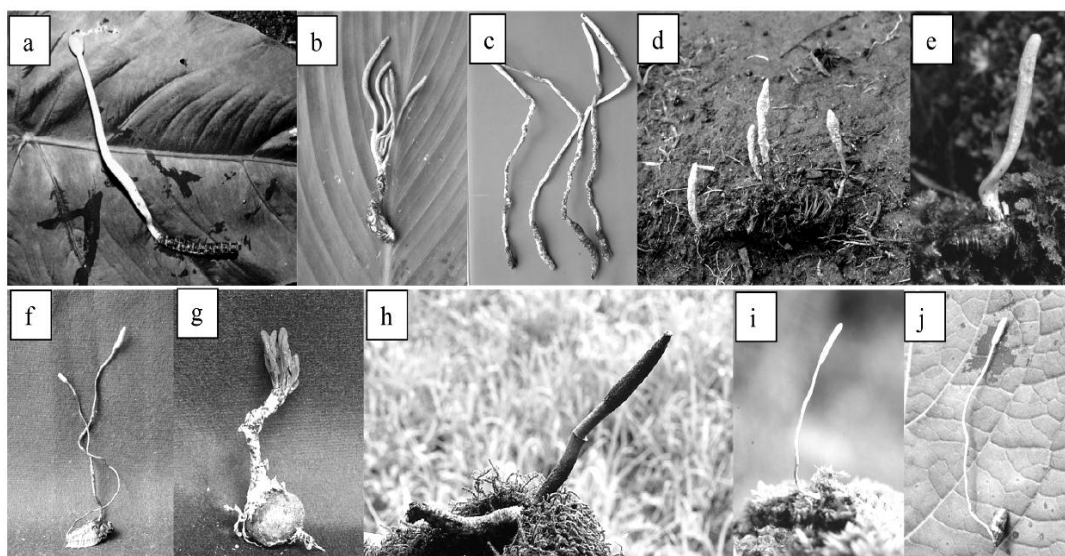


ภาพที่ 2.1 ลักษณะของหนอนผีเสื้อที่ถูกทำลายจากเชื้อรา *Ophiocordyceps sinensis* หรือที่เรียกว่า ถั่งเช่า (Dōng-chóng-xià-cǎo)
(ที่มา: TCM Wiki, มปป.)



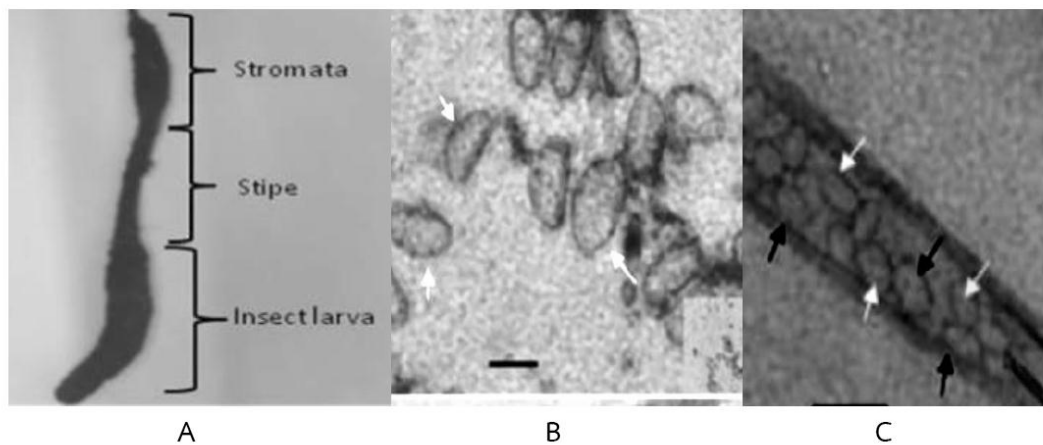
ภาพที่ 2.2 แผนที่การแพร่กระจายของเชื้อรา *Ophiocordyceps sinensis* ในเขตปกครองตนเอง
ทิเบต ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

(ที่มา: Boesi and Cardi, 2009, pp. 52-61)

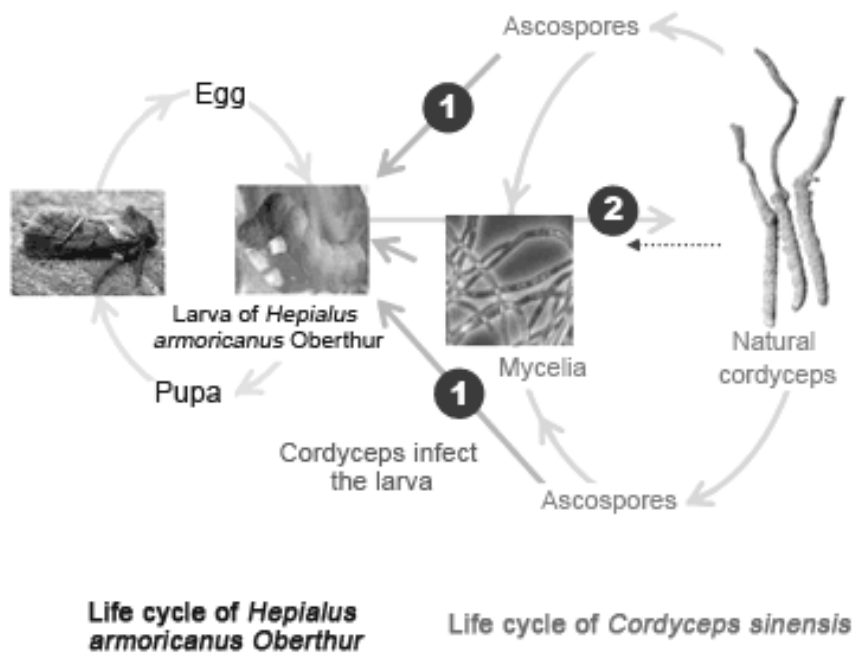


ภาพที่ 2.3 เชื้อราสกุล *Cordyceps* และ *Ophiocordyceps* ชนิดต่างๆ ที่มีการเก็บตัวอย่างได้จาก
ประเทศเนปาล ได้แก่ *O. gracilis* (a); *C. ishikariensis* (b); *C. liangshanensis* (c);
O. martialis (d); *C. militaris* (e); *O. nutans* (f); *O. pruinosa* (g); *O. sinensis* (h);
O. sphecocephala (i) และ *O. tricentri* (j) ตามลำดับ

(ที่มา: Boesi and Cardi, 2009, pp. 52-61)



ภาพที่ 2.4 ลักษณะส่วน stroma (A), สปอร์ (B) และ ascus (C) ของเชื้อรา *Ophiocordyceps* ที่สามารถนำมาใช้ในการจำแนกชนิดโดยอาศัยลักษณะสัณฐานวิทยา (ที่มา: ดัดแปลงจาก Baral and Maharjan, 2012, pp. 38-42)



ภาพที่ 2.5 การเข้าทำลายแมลงและวงจรชีวิตของเชื้อรา *Ophiocordyceps sinensis* (= *Cordyceps sinensis*) (ที่มา; http://www.cgb.com.tw/j2j0/cus/cus2/rd/rd_main_3_6.jsp)

2.2 ลักษณะพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จ.เชียงใหม่

อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 18 องศา 24 ลิปดา 00 พิลิปดาเหนือ (พิกัด UTM; 2034381 °N) ถึง 18 องศา 40 ลิปดา 00 พิลิปดาเหนือ (พิกัด UTM; 2063808 N) และเส้นแวงที่ 98 องศา 24 ลิปดา 00 พิลิปดาตะวันออก (พิกัด UTM; 436635 E) ถึง 98 องศา 41 ลิปดา 00 พิลิปดาตะวันออก (พิกัด UTM; 466609 °E) อยู่ในเขตท้องที่อำเภอจอมทอง อำเภอแม่แจ่ม และกิ่งอำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ รวมเนื้อที่ประมาณ 301,500 ไร่ หรือ 482.4 ตารางกิโลเมตร (ภาพที่ 2.6) สูงจากระดับทะเลปานกลาง 2,565 เมตร

สภาพภูมิอากาศ จัดอยู่ในภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (tropical monsoon) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนที่หนาวที่สุดสูงกว่า 18 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีสูงกว่า 1,270 มิลลิเมตร เดือนที่แล้งที่สุดมีปริมาณน้ำฝน ต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร จนถึงสภาพภูมิอากาศแบบอบอุ่น (temperate rainy climate) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนที่หนาวที่สุดอยู่ระหว่าง -3 ถึง 18 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยเดือนที่ร้อนที่สุด ต่ำกว่า 22 องศาเซลเซียส แต่อย่างน้อย 1-4 เดือนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 10 องศาเซลเซียส (Pooma and Barfod, 2001, pp. 11-15)

ปริมาณน้ำฝน จากข้อมูลภูมิอากาศ บริเวณดอยอินทนนท์มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,344.1 ถึง 2,193.7 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณน้ำฝนสูงที่สุด คือ 2,193.7 มิลลิเมตรต่อปี เดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด คือ เดือนสิงหาคม มีปริมาณน้ำฝน 426.1 มิลลิเมตร เดือนที่ฝนตกน้อยที่สุดคือ เดือนมกราคม มีปริมาณน้ำฝน 0.5 มิลลิเมตร

อุณหภูมิจากข้อมูลภูมิอากาศ บริเวณดอยอินทนนท์มีอุณหภูมิเฉลี่ย 12.1 ถึง 23.9 องศาเซลเซียส พืชพรรณธรรมชาติ บริเวณดอยอินทนนท์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ (นิวัติ อองศ์รักษ์, 2545; Hendricks, 1981, pp.1-112) ดังนี้

ป่าประเภทไม่ผลัดใบ (Evergreen forest) เป็นป่าที่ประกอบด้วยพุ่มไม้ที่มีการทิ้งใบแบบค่อยเป็นค่อยไปไม่พร้อมกันทั้งต้นหรือทั้งป่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง จึงทำให้ป่าประเภทนี้เขียวชอุ่มอยู่ตลอดปี

ป่าไม่ผลัดใบที่พบในบริเวณดอยอินทนนท์ แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1. ป่าดิบเขตร้อน (Tropical evergreen forest) ป่าชนิดนี้เกิดขึ้นตามภูมิประเทศที่มีความชุ่มชื้นมาก พบอยู่ทั่วไปตามที่ราบ หุบเขา หรือภูเขา มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 500 เมตรขึ้นไป ปริมาณฝนเฉลี่ยต่อปี 1,000 มิลลิเมตร แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

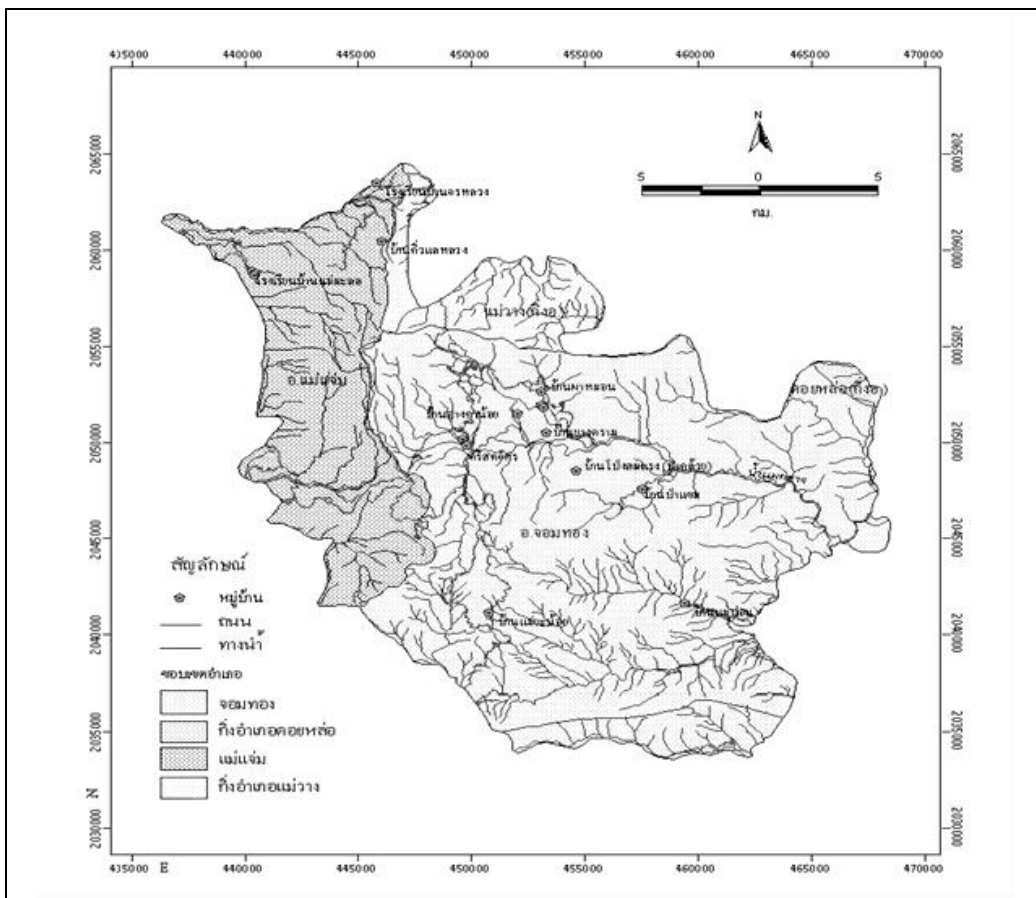
1) ป่าดิบชื้น (Moist evergreen forest) ความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1,000 เมตร ขึ้นไป ปริมาณฝนเฉลี่ยต่อปีมากกว่า 1,500 มิลลิเมตร ประกอบด้วยพันธุ์ไม้หลายชนิด ไม้ชั้นบนส่วนใหญ่เป็นไม้ในวงศ์ยาง มีความสูงตั้งแต่ 30-50 เมตร ไม้ชั้นรองถัดลงมาเป็นไม้ขนาดกลางถึงขนาดเล็ก ซึ่งรวมถึงไม้ในวงศ์ปาล์มต่างๆ

2) ป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest) ความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 500 เมตร ขึ้นไป ปริมาณฝนเฉลี่ยต่อปีระหว่าง 1,000-1,500 มิลลิเมตร ป่าดิบแล้งในที่สูงจะมีความชุ่มชื้นมากกว่าป่าดิบแล้งในที่ต่ำ ต้นไม้ในป่าชนิดนี้จะขึ้นอยู่กันอย่างหนาแน่น มีพันธุ์ไม้เถาจำนวนมาก พันธุ์ไม้เด่นเป็นไม้ในวงศ์ยาง เช่น ยางขาว ยางปาย ยางแดง ไม้ตะเคียนทอง และตะเคียนหิน เป็นต้น ชนิดของพันธุ์ไม้ที่พบมีทั้งชนิดผลัดใบและไม่ผลัดใบผสมกันอยู่

- 3) ป่าดิบเขา (Hill evergreen forest) ความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1,000 เมตร ขึ้นไป ที่ระดับความสูงดังกล่าวภูมิอากาศจะหนาวเย็นและมีความชื้นสูงตลอดทั้งปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีระหว่าง 1,500 - 2,000 มิลลิเมตร พันธุ์ไม้ที่สำคัญเป็นไม้ในวงศ์ก้อ บางครั้งมีไม้ในวงศ์สนขึ้นปะปนด้วย นอกจากนี้ยังมีพืชในกลุ่ม Gymnosperm ขึ้นปนอยู่ เช่น มะขามป้อมดง เป็นต้น ส่วนไม้พื้นล่างมักเป็นพวกกล้วยไม้ดินและมอสต่างๆ
2. ป่าสน (Coniferous forest) ป่าชนิดนี้มีกระจายอยู่เป็นหย่อมๆ พบอยู่ทั่วไปตามเนินเขา ไร่เขา และสันเขา มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 200 เมตร ขึ้นไป ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีระหว่าง 1,000-1,500 มิลลิเมตร เป็นพันธุ์ไม้ในวงศ์ไม้สน (Pinaceae)
3. ป่าประเภทผลัดใบ (Deciduous forest) เป็นป่าที่ประกอบด้วยหมู่ไม้ที่มีใบร่วงหล่นพร้อมกันทั้งต้นหรือทั้งป่าในช่วงเวลาอันสั้นในฤดูแล้ง จนทำให้ดูเหมือนว่าป่าไม้ดังกล่าวประกอบไปด้วยต้นไม้ใหญ่น้อยที่ยืนต้นตาย การทิ้งใบของต้นไม้ทั้งป่าก็เพื่อเป็นการลดการสูญเสียน้ำ เป็นการปรับตัวตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้เหล่านั้น แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ
 - 1) ป่าเบญจพรรณ (Mixed deciduous forest) ป่าชนิดนี้มีลักษณะเป็นป่าโปร่ง ประกอบด้วยไม้ยืนต้นขนาดกลาง พื้นที่ไม่รกทึบ มีไม้ไผ่ชนิดต่างๆซึ่งเป็นไม้พื้นล่าง ขึ้นอยู่มากพบในบริเวณที่ราบและเชิงเขา มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1,000 เมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี น้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตร พันธุ์ไม้ที่สำคัญ เช่น ไม้สัก พันธุ์ไม้อื่นที่พบคือ มะค่าโมง กะโดน กะพี้ควาย เป็นต้น
 - 2) ป่าแพะ ป่าแดง ป่าโคก หรือป่าเต็งรัง (Dry dipterocarp forest) ป่าชนิดนี้มีลักษณะเป็นป่าโปร่ง ประกอบด้วยไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดเล็ก พื้นที่ไม่รกทึบ พบในบริเวณที่ราบและบนภูเขา มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1,000 เมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีน้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่ประกอบด้วยพันธุ์ไม้ในวงศ์ยาง
 - 3) ป่าหญ้า (Savanah forest) ป่าชนิดนี้เกิดจากการทำลายป่าดั้งเดิมในทุกระดับความสูง โดยการเผาแล้วทำไร่เลื่อนลอยติดต่อกันมาเป็นเวลานาน เมื่อดินมีสภาพเสื่อมโทรมก็จะย้ายไปที่ใหม่ ทำให้บริเวณนี้มีหญ้าเกิดขึ้นซึ่งส่วนใหญ่ เช่น หญ้าคา (*Imperata cylindrica*) หญ้าพง (*Miscanthus fuscus*) และ สาบเสือ (*Chromolaena odorata*) เป็นต้น

กรอบแนวคิดในการวิจัย

เชื้อราในสกุล Cordyceps นอกจากเป็นเชื้อราสาเหตุโรคแมลงซึ่งส่วนใหญ่มีประโยชน์ในการช่วยลดประชากรของแมลงหลายชนิด แต่แมลงในธรรมชาติหลายชนิดที่มีได้เป็นแมลงศัตรูพืช หากแต่อาศัยและเป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ในระบบนิเวศ และการที่แมลงเหล่านี้ตายจากการก่อโรคโดยเชื้อราสกุล Cordyceps ซึ่งมีความหลากหลายทางชนิด และมีรายรายอ้างอิงถึงคุณประโยชน์ด้านสาธารณสุข โดยบางชนิดอาจมีการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่มีฤทธิ์ทางยา ซึ่งการวิจัยนี้ได้มีกรอบแนวคิดในการใช้ประโยชน์ของความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิต อีกทั้งเป็นการระบุถึงแหล่งที่อยู่ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญในการเข้าถึงซึ่งแหล่งทรัพยากรชีวภาพ ที่มีประโยชน์ สำหรับการศึกษาค้นคว้า



ภาพที่ 2.6 ลักษณะพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่
(ที่มา: กรมแผนที่ทหาร, 2535)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สำรวจและรวบรวมตัวอย่างแมลงและแมงมุมที่ติดเชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps*

ประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

ประชากร และ/หรือ กลุ่มตัวอย่างของการศึกษาในครั้งนี้คือแมลงชนิดต่างๆ ทั้งระยะตัวหนอน และตัวเต็มวัย ในอันดับผีเสื้อ (Lepidoptera) อันดับผึ้ง มด ต่อ และแตน (Hymenoptera) อันดับแมลงวัน (Diptera) อันดับด้วง (Coleoptera) โดยสามารถพบแมลงที่ติดเชื้อได้ตามใบพืช (ความสูงจากพื้นดินไม่เกิน 1.5 เมตร) เศษซากพืช และผิวดิน ซึ่งสังเกตได้จากลักษณะของแมลงที่ถูกทำลายโดยเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. กล่าวคือแมลงจะตายและเกาะนิ่งอยู่บนวัสดุต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งในภาคสนามจะสังเกตเบื้องต้นได้ จากการที่มีส่วนที่เรียกว่า clavaria-like stroma เจริญออกมาจากลำตัวของซากแมลงซึ่งแห้งและแข็ง ประกอบกับข้อสังเกตที่อธิบายไว้ใน Evan and Samson (1982, pp. 431-453); Shrestha and Sung (2005, pp. 235-239); Steinhaus (1967, 756 pp.) และ Tanada and Kaya (1993, 666 pp.)

การสุ่มตัวอย่าง สำรวจ รวบรวม จำแนกชนิด และระบุจุดพิกัด ของแมลงที่ถูกเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ลงทำลาย ตั้งแต่เดือนกันยายน 2558 ถึง เดือนกันยายน 2559 ดำเนินการแบบสุ่มกระจาย (random sampling) ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ โดยแบ่งเป็นจุดย่อยจำนวน 5 จุดย่อย ได้แก่ 1) บริเวณยอดดอยอินทนนท์ 2) กิวแม่ปาน 3) น้ำตกลีริภูมิ 4) น้ำตกวชิรธาร และ 5) น้ำตกแม่กลาง (ภาพที่ 3.1) ในพื้นที่ที่กำหนดไว้ประมาณ 1,600 ตารางเมตร โดย ณ แต่ละจุดกำหนดเวลาในการเก็บตัวอย่างเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ที่พบบนต้นพืชในระดับความสูงไม่เกิน 1.5 เมตร รวมทั้ง พื้นดิน ตามวิธีของ Poinar and Thomas (1984) จุดย่อยละ 1 ชั่วโมง และทำการสำรวจทุก 30 วัน รวมเป็นจำนวน 12 ครั้ง ทำการบันทึกชนิดพืชอาศัยของแมลงอาศัยถ่ายภาพ เก็บตัวอย่างในกล่องพลาสติก และเก็บใส่กล่องรักษาความเย็นระหว่างการเดินทาง เพื่อนำไปจำแนกประเภทในห้องปฏิบัติการต่อไป นอกจากนี้ ระหว่างการเก็บตัวอย่าง จะมีการบันทึกข้อมูลสถานที่เก็บ พืชอาศัย ภาพถ่ายพื้นที่ และจุดพิกัดของแหล่งที่พบแมลง และ/หรือ แมงมุมที่ถูกเชื้อราลงทำลาย โดยใช้เครื่องวัดจุดพิกัดแบบเฉพาะ GPS (Garmin-Oregon-450) (Olathe, Kansas City, KS, USA) เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการทำแผนที่การแพร่กระจายของเชื้อราเหล่านั้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการรวบรวมตัวอย่างของแมลงที่ถูกทำลายโดยเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. เก็บตัวอย่างแมลงและแมงมุม ที่พบว่าถูกทำลายบนต้นพืชในระดับความสูงไม่เกิน 1.5 เมตร รวมทั้งพื้นดิน ตามวิธีของ Poinar and Thomas (1984) กล่าวคือเก็บตัวอย่างเชื้อราโรคแมลง โดยพิจารณา ลักษณะของแหล่งอาศัย (habitat) ที่พบ เช่น เมื่อพบว่าแมลงที่ติดเชื้อเกาะติดอยู่บนใบพืช ทำการตัดใบพืชที่มีแมลงติดอยู่ไว้เป็นตัวอย่าง หากพบ stroma ของเชื้อติดอยู่ตามท่อนไม้ ไข่มดซึ่งมีขนาดตามความเหมาะสมแยกส่วนท่อนไม้เพื่อให้ได้ตัวอย่างแมลงติดเชื้อติดอยู่ด้วยออกมา และหากพบ stroma

ของเชื้อราโผล่พื้นผิวดินออกมา ใช้กระบวยขุดดินตักออกมา โดยเมื่อพบตัวอย่างแมลงที่เป็นโรคแล้ว บันทึกภาพดิจิทัล และใช้เข็มคีบแมลงใส่กล่องพลาสติกซึ่งมีขนาดตามขนาดและรูปร่างของตัวอย่างแมลงที่พบ และบันทึกชนิดของพืชอาศัย เก็บตัวอย่างไว้ในกล่องพลาสติก ที่รองพื้นด้วยกระดาษทิชชู และเก็บใส่กล่องรักษาความเย็นระหว่างการเดินทาง

บันทึกข้อมูลสถานที่เก็บ พืชอาศัย ภาพถ่ายพื้นที่ (ภาพที่ 3.1) รวมทั้งตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของตัวอย่างที่เก็บ ณ จุดที่พบตัวอย่าง โดยใช้เครื่องวัดจุดพิกัดแบบเฉพาะ GPS (Garmin-Oregon-450) (Olathe, Kansas City, KS, USA) นอกจากนี้ ในระหว่างการเก็บตัวอย่าง จะมีการบันทึกข้อมูลสถานที่เก็บ พืชอาศัย ภาพถ่ายพื้นที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการทำแผนที่การแพร่กระจายของเชื้อราดังกล่าวต่อไป

สำหรับตัวอย่างที่เก็บจากภาคสนามจะเก็บไว้ในตู้ให้ความเย็น (Mirage รุ่น F2-269 ชั้นโยยูนิเวอร์แซลอิเล็กทรอนิกส์ ประเทศไทย) ที่ 4 องศาเซลเซียส สำหรับการศึกษาและทดสอบเพาะเลี้ยงในการศึกษาของโครงการต่อไป



ภาพที่ 3.1 ภาพถ่ายลักษณะพื้นที่จุดที่เก็บตัวอย่างเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ ได้แก่ ได้แก่ บริเวณยอดดอยอินทนนท์ (ก.) กิ่งแม่ปาน (ข.) น้ำตกสิริภูมิ (ค.) น้ำตกวชิรธาร (ง.) และ น้ำตกแม่กลาง (จ.)

3.2 การจำแนกชนิด ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา ของเชื้อราโรคแมลงในในสกุล *Ophiocordyceps*

ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะของแมลงที่พบว่าถูกเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ลงทำลาย โดยในเบื้องต้นจากภาพถ่ายดิจิทัลที่บันทึกในภาคสนาม จากนั้นจำแนกชนิดเบื้องต้นโดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาของ stroma ได้แก่ สี ขนาด รูปร่าง และจำนวน ลักษณะสัณฐานวิทยาของ สปอร์ และ ascus โดยพิจารณาจาก ขนาด จำนวน และรูปร่าง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ และ แบบคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยข้อมูลอ้างอิงของ Hywel-Jones (1994, 1995b, 1995c, 1996, 2002), Hywel-Jones and Sivichai (1995) Samson *et al.* (1988), Sung *et al.* (2007), Steinhaus (1967), Tanada and Kaya (1993) และ Lacey (1997) รวมทั้งการนำตัวอย่างที่ยังไม่มีความชัดเจนในการจำแนกชนิดไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ ตลอดจนการใช้บริการจำแนกชนิดจากหน่วยงานที่มีความรู้ความชำนาญในด้านการจำแนกชนิดของเชื้อราในสกุล *Cordyceps* และ *Ophiocordyceps* เช่นศูนย์พันธุวิศวกรรมแห่งชาติ อำเภอกลองหลวง จังหวัดปทุมธานี เป็นต้น นอกจากนี้จัดทำตัวอย่างแมลงที่ถูกเชื้อราสกุลนี้ทำลายแต่ละชนิด ในรูปแบบตัวอย่างแห้งเพื่อเป็นตัวอย่างอ้างอิง (voucher specimens) ในพิพิธภัณฑ์แมลง (Insect Museum) ซึ่งบริหารจัดการโดยสาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับให้บริการการจำแนกชนิดและการศึกษาด้านการใช้ประโยชน์จากเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงในด้านการเกษตรให้แก่เกษตรกร นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต และ นักศึกษาต่อไป

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านนิเวศวิทยาประชากรและการจัดทำแผนที่การแพร่กระจายของเชื้อราโรคแมลงในในสกุล *Ophiocordyceps*

วิเคราะห์ข้อมูลทางนิเวศวิทยาประชากรของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ซึ่งเก็บตัวอย่างได้จากอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ โดยนำข้อมูล จำนวนและชนิดของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. มาคำนวณค่าเฉลี่ยประชากรและนำข้อมูลมาพลอตเป็นกราฟ ตามวิธีของ LeClerc *et al.* (1966, 373 pp.) โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรเป็นแกนตั้ง (y) และระยะเวลาเป็นแกนนอน (x)

ศึกษาดัชนีความหลากหลายทางชนิดโดยการคำนวณหาค่าดัชนีความหลากหลาย (Diversity index) ทางชนิด เช่น Shannon-Wiener Index (Shannon, 1948, pp. 623-656) ตามสูตรและรายละเอียด ดังนี้

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \ln p_i)$$

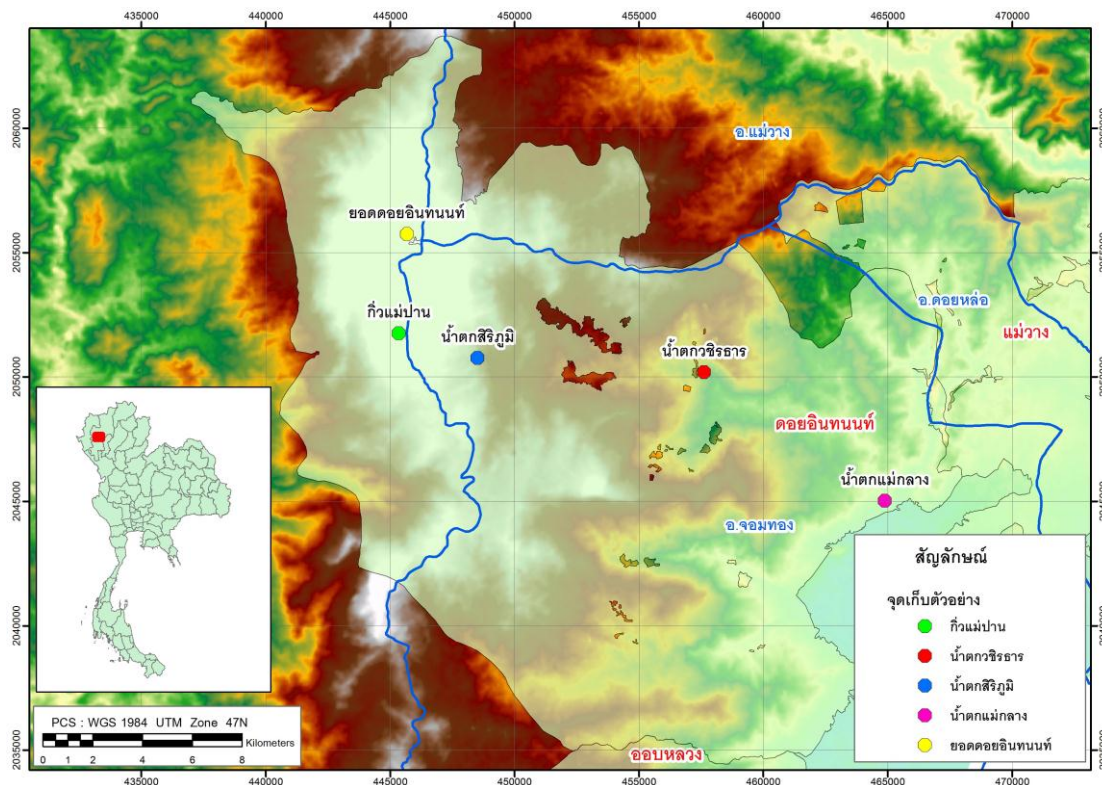
หรือ

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \ln p_i) - [(S - 1)/2N]$$

เมื่อ

H	=	ดัชนีความหลากหลายชนิด (Richness index)
J	=	ดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness index)
P_i	=	สัดส่วนของจำนวนสิ่งมีชีวิตชนิดที่ i ต่อจำนวนสิ่งมีชีวิตทั้งหมดในประชากร
n	=	จำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตที่พบทั้งหมดในประชากร
n_i	=	จำนวนชนิดของแมลง
S	=	จำนวนชนิด (species richness)
N	=	จำนวนแมลงที่พบทั้งหมดในแต่ละจุดสำรวจ

จัดทำจัดทำแผนที่การแพร่กระจายเชิงพื้นที่ (spatial distribution) ในรูปแผนที่การแพร่กระจายแบบจุด (dot distribution map) ของเชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* จากข้อมูลจุดพิกัดซึ่งถูกบันทึกระหว่างการสำรวจ นอกจากนี้ ยังได้มีการนำข้อมูลเกี่ยวกับภาพถ่ายดิจิทัล จุดพิกัดทางภูมิศาสตร์ และข้อมูลทางชีววิทยาและนิเวศวิทยา ที่ได้จากการศึกษามานูรณาการกับระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic information systems - GIS) อ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลก เพื่อนำเสนอข้อมูลความหลากหลายทางชนิดควบคู่ไปกับข้อมูลการแพร่กระจายทางภูมิศาสตร์ (Geographical distribution) ตามวิธีการของ Burrough and McDonnell (1998, 327 pp.) โดยเริ่มจากการนำเข้าข้อมูล (input) การปรับแต่งข้อมูล (manipulation) การบริหารจัดการข้อมูล (data management) ด้วยระบบจัดการฐานข้อมูล หรือ DBMS แบบ Relational การเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล (query and analysis) เมื่อระบบ GIS มีความพร้อมในเรื่องของข้อมูลแล้ว และ การนำเสนอข้อมูล (visualization) จากการดำเนินการเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรม ArcView GIS เพื่อการเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับการแพร่กระจายของเชื้อราโรคแมลง *Ophiocordyceps* spp. และความหลากหลายทางชนิดที่พบผ่านระบบออนไลน์ ณ ปัจจุบัน



ภาพที่ 3.2 แผนที่จุดสำรวจเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ (ที่มา: รุ่งเกียรติ และ ศมาพร, 2559)

3.4 เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

กล้องจุลทรรศน์แบบ Compound microscope และกล้องจุลทรรศน์แบบ Stereo microscope ซึ่งติดตั้งเครื่องมือสำหรับบันทึกภาพถ่ายดิจิทัล ยี่ห้อ Olympus ที่มีการตรวจสอบคุณภาพโดยบริการหลังการขายจากทางบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศ รวมทั้งมีการจัดการด้านพื้นฐานการใช้และการดูแลเบื้องต้นโดยผู้ใช้และดูแลอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ เช่น การเก็บกล้องจุลทรรศน์ไว้ในที่ที่ปราศจากฝุ่นละออง ไม่มีความชื้นสูง ในห้องมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก หลีกหนีจากสถานที่ที่มีเชื้อรา การเตรียมสไลด์ที่เหมาะสมกับการใช้กล้อง การขีดเลนส์ต้องใช้กระดาษขีดเลนส์ทุกครั้งโดยใช้น้ำยาที่ใช้ขีดเลนส์ ได้แก่ xylene 85% ผสม ether 15% หรือ alcohol 80% ผสม ether 20% ส่วนไมโครมิเตอร์ที่ใช้วัดขนาดของสิ่งที่ส่องได้กล้อง ได้มีการเทียบค่าระยะห่างของแต่ละช่องกัน stage micrometer เมื่อต้องการวัดขนาดวัตถุ ให้ใส่แผ่นกระจกกลมในกระบอกเลนส์ใกล้ตา วางแผ่น stage micrometer บนแท่นวางสไลด์ หลังปรับกล้องให้เห็นภาพชัดแบ่งบนสไลด์ แล้วเทียบระยะห่างของแต่ละช่องบนแผ่นกระจกกลมกับขีดแบ่งบนแผ่นสไลด์ และ คำนวณค่าของระยะห่างของช่องบนแผ่นกระจกกลมตามสูตร ค่า 1 ช่องของ ocular micrometer = จำนวนช่องของ stage micrometer / จำนวนช่องของ ocular micrometer × ค่า 1 ช่องของ stage micrometer

อุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการด้านจุลชีววิทยาอื่นๆ เช่น เครื่องแก้วและเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขนาดเล็ก มีการตรวจสอบคุณภาพก่อนการขาย จากทางบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศ รวมทั้งมีการปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด

สารเคมีและอุปกรณ์พื้นฐาน สำหรับเก็บตัวอย่างและเพาะเลี้ยงแมลง มีการตรวจสอบคุณภาพก่อนการขายจากทางผู้รับเหมาจัดทำ และผู้ตรวจรับ รวมทั้งมีการปฏิบัติงานตามความเหมาะสมในระดับที่ทดสอบ เช่น กล่องพลาสติกใสขนาดต่างๆ คีมคีบ (forceps) ขนาดต่างๆ เครื่องมือสำหรับชุดดินขนาดต่างๆ มีด และกระดาษทิชชู และ เอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ งานแก้วสำหรับเพาะเชื้อ ปีกเกอร์สำหรับตัดแปลงเป็นภาชนะสำหรับให้ความชื้น เพื่อชั่งน้ำหนักการสร้างสปอร์ของเชื้อรา เป็นต้น

ตู้ให้ความเย็น (Mirage รุ่น F2-269, ซันโย (ยูนิเวอร์แซลอิเล็กทรอนิกส์ ประเทศไทย)

อุปกรณ์สำหรับจัดทำสไลด์ตัวอย่างของสปอร์ รวมทั้งส่วนต่างๆ ของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. เช่น แผ่นสไลด์ และ แผ่นปิดสไลด์ (cover slip) น้ำยาสำหรับจัดทำสไลด์ถาวร เช่น Hoyer's solution และ Canada balsam เข็มเขี่ย ตะเกียงแอลกอฮอล์ และฟู่กัน เป็นต้น อุปกรณ์สำหรับให้ความชื้น Devatec Stream Humidifier (Energy Solution & Technology บางขุนเทียน กรุงเทพฯ) ที่มีการตรวจสอบคุณภาพก่อนการขายจากทางบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศ

เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (Temperature and Humidity Data Logger รุ่น SKL200THIIa, (SK Sato, Japan) ซึ่งมีการตรวจสอบคุณภาพก่อนการขาย จากทางบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศ

ภาชนะบรรจุตู้ให้ความเย็น (cooler) และ สารเคมีให้ความเย็น ได้แก่ น้ำแข็งแห้ง (dry ice) แบบสำเร็จรูป

เครื่อง GPS (Garmin-Oregon-450) (Olathe, Kansas City, KS, USA) ซึ่งมีการตรวจสอบคุณภาพก่อนการขาย จากทางบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศ

เครื่องมือสำหรับบันทึกภาพดิจิทัลของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ที่พบในภาคสนาม ได้แก่ กล้องถ่ายภาพ ยี่ห้อ Olympus รุ่น Pen E-PL1 (โอลิมปัส ประเทศไทย เขตวัฒนา กรุงเทพฯ) พร้อมทั้งอุปกรณ์บำรุงรักษาระหว่างการปฏิบัติงานภาคสนาม รวมทั้ง การ์ดบันทึกความจำ (SD card) ขนาด 16 GB และ 32 GB ซึ่งมีการตรวจสอบคุณภาพก่อนการขายรวมทั้งบริการการซ่อมบำรุง จากทางบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศ

วัสดุและอุปกรณ์ คอมพิวเตอร์ สำหรับการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลดิจิทัล และการจัดทำข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ยี่ห้อ Acer รุ่น Pavilion 20 สำหรับการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ คอมพิวเตอร์แบบ laptop ยี่ห้อ Dell รุ่น Inspiron N4050 สำหรับบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างการดำเนินงานภาคสนามเมื่อมีความจำเป็นต้องพักค้างคืนระหว่างการเก็บตัวอย่าง เครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Fuji Xerox รุ่น C Ducuprint CP 105b รวมทั้งอุปกรณ์สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลดิจิทัล เช่น USB drive ซึ่งมีความจุตั้งแต่ 1 - 32 GB และ แผ่น CD Rom เป็นต้น

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 การสำรวจและรวบรวมตัวอย่างแมลงและแมงมุมที่ติดเชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps*

4.1.1 การรวบรวมตัวอย่างและการแพร่กระจายของเชื้อรา *Ophiocordyceps* ในพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจรวม 25 ครั้ง สามารถรวบรวมตัวอย่างจากจุดสำรวจต่างๆ รวม 71 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างจากบริเวณ เส้นทางศึกษาธรรมชาติอ่างกา กิวแม่ปาน น้ำตกชิวธาร น้ำตกแม่กลาง น้ำตกลีริภูมิ ในเขตตำบล บ้านหลวง เชียงใหม่ จำนวน 9, 7, 15, 9 และ 31 ตัวอย่าง ตามลำดับ โดยพบว่าแมลง (ภาพที่ 4.11) ที่ถูกเชื้อราชนิดนี้ลงทำลายโดยมากเป็นจักจั่น (ภาพที่ 4.12) และ มด (ภาพที่ 4.13) และหนอนของแมลงที่ไม่สามารถระบุชนิดได้ (ภาพที่ 4.14) เนื่องจากมีเส้นใยและสปอร์ของเชื้อรานี้ปกคลุมจนไม่สามารถจำแนกชนิดได้ บริเวณพื้นดิน และใบพืชชนิดต่างๆ ในพื้นที่สำรวจ โดยมีการแพร่กระจายอยู่ในพิกัดที่กำหนด (ตารางที่ 4.1) พร้อมทั้งได้จัดทำตัวอย่างแมลงที่ถูกเชื้อราชนิดนี้ลงทำลายแต่ละชนิดในรูปแบบตัวอย่างแห้ง เพื่อเป็นตัวอย่างอ้างอิง (voucher specimens) ในพิพิธภัณฑ์แมลง (Insect Museum) ของสาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

4.2 จำแนกชนิด ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ของเชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps*

ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะของแมลงที่พบว่าถูกเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ลงทำลายในเบื้องต้น จากการถ่ายภาพดิจิทัลที่บันทึกในภาคสนาม จากนั้นจำแนกชนิดเบื้องต้นโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ stroma ได้แก่ สี ขนาด รูปร่าง และจำนวน ลักษณะสัณฐานวิทยาของ สปอร์ และ ascus โดยพิจารณาจาก ขนาด จำนวน และรูปร่าง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ และแบบคอมพาวด์โดยอาศัยข้อมูลอ้างอิงของ Hywel-Jones (1994, 1995b, 1995c, 1996, 2002); Hywel-Jones and Sivichai (1995); Samson *et al.* (1988); Sung *et al.* (2007); Steinhaus (1967), Tanada and Kaya (1993) และ Lacey (1997) (ภาพที่ 4.16) พบว่าเชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* ที่ทำลายมดตัวอย่างที่รวบรวมได้ทั้งหมด 48 ตัวอย่าง คือ *Ophiocordyceps unilateralis* (ภาพที่ 4.15) และที่ทำลายจักจั่นคือ *Ophiocordyceps sobolifera* ซึ่งสามารถรวบรวมได้ทั้งหมด 17 ตัวอย่าง (ภาพที่ 4.17)

นอกจากนี้ยังได้พบว่าเชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* ทำลายแมลงชนิดอื่นๆ ด้วย แต่ไม่สามารถจำแนกชนิดของแมลงตัวอาศัย รวมทั้งการระบุจำแนกชนิดของเชื้อราเหล่านั้นด้วยเช่นกัน รวม 6 ตัวอย่าง (ภาพที่ 4.18) ทั้งนี้ตัวอย่างแมลงที่ถูกเชื้อราชนิดนี้ลงทำลายแต่ละชนิด ได้มีการเก็บในรูปแบบตัวอย่างแห้งเพื่อเป็นตัวอย่างอ้างอิง (voucher specimens) รักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์แมลง (Insect Museum) ซึ่งบริหารจัดการโดยสาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับให้บริการในการจำแนกชนิดและการศึกษาด้านที่การใช้ประโยชน์จากเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงทางด้านการเกษตรให้แก่เกษตรกร นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต และ นักศึกษาต่อไป

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านนิเวศวิทยาประชากรและจัดทำแผนที่การแพร่กระจายของเชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps*

วิเคราะห์ข้อมูลทางนิเวศวิทยาประชากรของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ซึ่งเก็บตัวอย่างได้จากอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ โดยพิจารณาจากแต่ละเดือนในช่วงปี (ข้อมูลตั้งแต่ กันยายน 2558-สิงหาคม 2559) พบว่าประชากรของเชื้อรา ในสกุล *Ophiocordyceps* มีการแพร่กระจายสูงในช่วงตั้งแต่เดือนตุลาคม ถึงเดือนธันวาคม โดยมีการแพร่กระจายสูงสุดในเดือนธันวาคม และเริ่มมีการลดลงจากเดือนมกราคมจนถึงเดือนสิงหาคม (ภาพที่ 4.19) โดยมีพื้นที่การแพร่กระจายในทุกจุดสำรวจโดยมีการแพร่กระจายอยู่ในพิกัดที่กำหนดไว้ ครอบคลุมพื้นที่ตำบลบ้านหลวง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยสามารถพบได้ในทุกจุดสำรวจ ซึ่งได้แก่ บริเวณยอดดอยอินทนนท์ กิวแม่ปาน น้ำตกสิริภูมิ น้ำตกวชิรธาร และน้ำตกแม่กลาง และพบในบริเวณน้ำตกสิริภูมิในปริมาณสูงสุด ดังแสดงในแผนที่การแพร่กระจายในภาพที่ 4.20

และจากการศึกษาดัชนีความหลากหลายทางชนิด โดยการใช้การคำนวณค่าดัชนีความหลากหลาย (Diversity index) ทางชนิด Shannon-Wiener Index (Shannon, 1948, pp. 623-656) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.52

ทั้งนี้ได้จัดทำแผนที่การแพร่กระจายเชิงพื้นที่ (spatial distribution) ในรูปแบบแผนที่การแพร่กระจายแบบจุด (dot distribution map) ของเชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps* จากข้อมูลจุดพิกัดซึ่งได้บันทึกไว้ระหว่างการสำรวจ โดยการนำข้อมูลเกี่ยวกับภาพถ่ายดิจิทัล จุดพิกัดทางภูมิศาสตร์ และข้อมูลทางชีววิทยาและนิเวศวิทยา ที่ได้จากการศึกษานำมาบูรณาการกับระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic information systems - GIS) อ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลก เพื่อนำเสนอข้อมูลความหลากหลายทางชนิดควบคู่ไปกับข้อมูล (Geographical distribution) โดยใช้โปรแกรม ArcView GIS เพื่อการเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์โรคแมลง และ ความหลากหลายทางชนิดที่พบ ผ่านระบบออนไลน์ ณ ปัจจุบัน ใน <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1cHhbEiVuYD6mLUNYqfz5JtUh-VM> ดังแสดงในภาพที่ 4.21

ตารางที่ 4.1 ผลการรวบรวมตัวอย่างแมลงและแมงมุมที่ติดเชื้อราโรคแมลงในสกุล *Ophiocordyceps* ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

รหัสตัวอย่าง	ชนิดแมลงที่ติดเชื้อ	แหล่งที่พบ	พิกัด	
			เส้นรุ้ง (N)	เส้นแวง (E)
Cod-001	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกแม่กลาง ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	1829' 41.395" N	98° 40' 3.212" E
Cod-002	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกแม่กลาง ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 29' 41.248" N	98° 40' 3.194" E
Cod-003	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 30.372" N	98° 35' 57.304" E
Cod-004	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	เส้นทางศึกษาธรรมชาติอ่างกา / ผิวดิน	18° 35' 21.242" N	98° 29' 15.407" E
Cod-005	มด (Hymenoptera: Formicidae)	เส้นทางศึกษาธรรมชาติอ่างกา / ใต้ใบพีช	18° 35' 20.990" N	98° 29' 15.796" E
Cod-006	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 31.585" N	98° 35' 54.859" E
Cod-007	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 49.038" N	98° 30' 43.337" E
Cod-008	หนอนของแมลงไม่ทราบชนิด	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 32' 49.538" N	98° 30' 44.752" E
Cod-009	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกแม่กลาง ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 29' 43.462" N	98° 40' 2.924" E
Cod-010	หนอนของแมลงไม่ทราบชนิด	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 32' 48.923" N	98° 30' 44.165" E
Cod-011	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 31.027" N	98° 35' 53.905" E
Cod-012	หนอนของแมลงไม่ทราบชนิด	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 32' 48.512" N	98° 30' 43.384" E
Cod-013	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 48.098" N	98° 30' 43.592" E
Cod-014	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 32' 31.027" N	98° 35' 53.920" E
Cod-0015	มด (Hymenoptera: Formicidae)	เส้นทางศึกษาธรรมชาติอ่างกา / ผิวดิน	18° 35' 21.026" N	98° 29' 14.557" E

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รหัสตัวอย่าง	ชนิดแมลงที่ติดเชื้อ	แหล่งที่พบ	พิกัด	
			เส้นรุ้ง (N)	เส้นแวง (E)
Cod-016	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง/ ใต้ใบพีช	18°32' 31.358"	98°35' 50.438"
Cod-017	มด (Hymenoptera: Formicidae)	กิวแม่ปาน ตำบล บ้านหลวง /ผิวดิน	18°32' 38.116"	98° 28' 47.644"
Cod-018	มด (Hymenoptera: Formicidae)	กิวแม่ปาน ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 33' 21.679"	98° 28' 56.384"
Cod-019	มด (Hymenoptera: Formicidae)	กิวแม่ปาน ตำบล บ้านหลวง /ผิวดิน	18° 33' 21.679"	98° 28' 56.377"
Cod-020	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18°32' 31.585"	98° 35' 54.737"
Cod-021	หนอนของแมลงไม่ทราบชนิด	น้ำตกแม่กลาง ตำบล บ้านหลวง /ผิวดิน	18°29' 41.262"	98° 40' 3.238"
Cod-022	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 32.078"	98° 35' 55.676"
Cod-023	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง/ ใต้ใบพีช	18° 32' 24.140"	98° 36' 0.547"
Cod-024	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง /ผิวดิน	18° 32' 25.984"	98° 35' 59.716"
Cod-025	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง/ ใต้ใบพีช	18° 32' 29.731"	98° 35' 56.238"
Cod-026	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกแม่กลาง ตำบล บ้านหลวง/ ใต้ใบพีช	18° 29' 41.402"	98° 40' 4.483"
Cod-027	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกแม่กลาง ตำบล บ้านหลวง/ ใต้ใบพีช	18°29' 41.258"	98° 40' 7.867"
Cod-028	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	น้ำตกแม่กลาง ตำบล บ้านหลวง /ผิวดิน	18°29' 40.967"	98° 40' 5.419"
Cod-029	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	น้ำตกแม่กลาง ตำบล บ้านหลวง /ผิวดิน	18° 29' 41.402"	98° 40' 3.241"

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

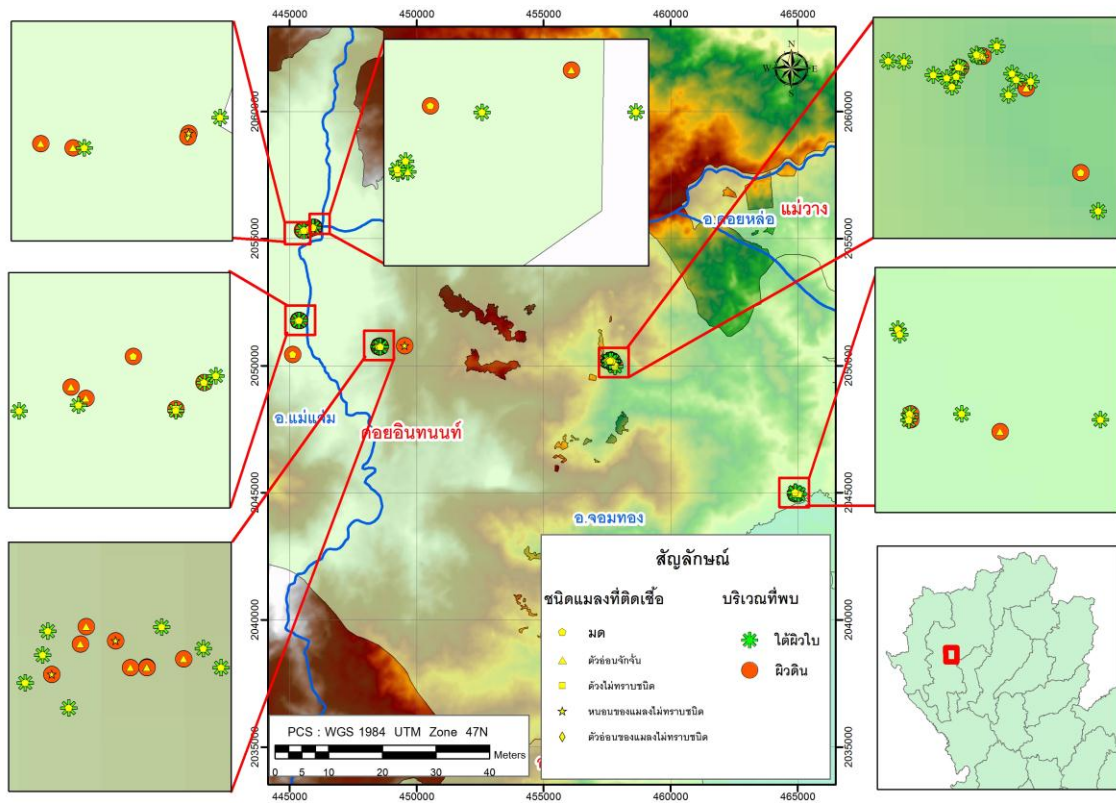
รหัสตัวอย่าง	ชนิดแมลงที่ติดเชื้อ	แหล่งที่พบ	พิกัด	
			เส้นรุ้ง (N)	เส้นแวง (E)
Cod-030	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง/ ใต้ใบพืช	18°32' 30.451"	98°35' 56.605"
Cod-031	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพืช	18°32' 30.120"	98° 35' 53.509"
Cod-032	มด (Hymenoptera: Formicidae)	กิวแม่ปาน ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพืช	18°33' 21.488"	98° 28' 55.319"
Cod-033	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 32' 48.700"	98° 30' 45.000"
Cod-034	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	กิวแม่ปาน ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 33' 21.546"	98° 28' 55.380"
Cod-035	มด (Hymenoptera: Formicidae)	กิวแม่ปาน ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 33' 21.899"	98° 28' 55.780"
Cod-036	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพืช	18° 32' 31.661"	98° 35' 54.694"
Cod-037	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง/ ใต้ใบพืช	18° 32' 31.319"	98° 35' 51.194"
Cod-038	มด (Hymenoptera: Formicidae)	เส้นทางศึกษาธรรมชาติอ่างกา/ ใต้ใบพืช	18° 35' 20.987"	98° 29' 14.867"
Cod-039	มด (Hymenoptera: Formicidae)	เส้นทางศึกษาธรรมชาติอ่างกา/ ใต้ใบพืช	18° 35' 20.623"	98° 29' 14.359"
Cod-040	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพืช	18° 32' 30.754"	98° 35' 56.396"
Cod-041	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกแม่กลาง ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพืช	18° 29' 43.339"	98° 40' 2.971"
Cod-042	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 32' 48.602"	98° 30' 44.550"
Cod-043	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 32' 48.883"	98° 30' 43.733"

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

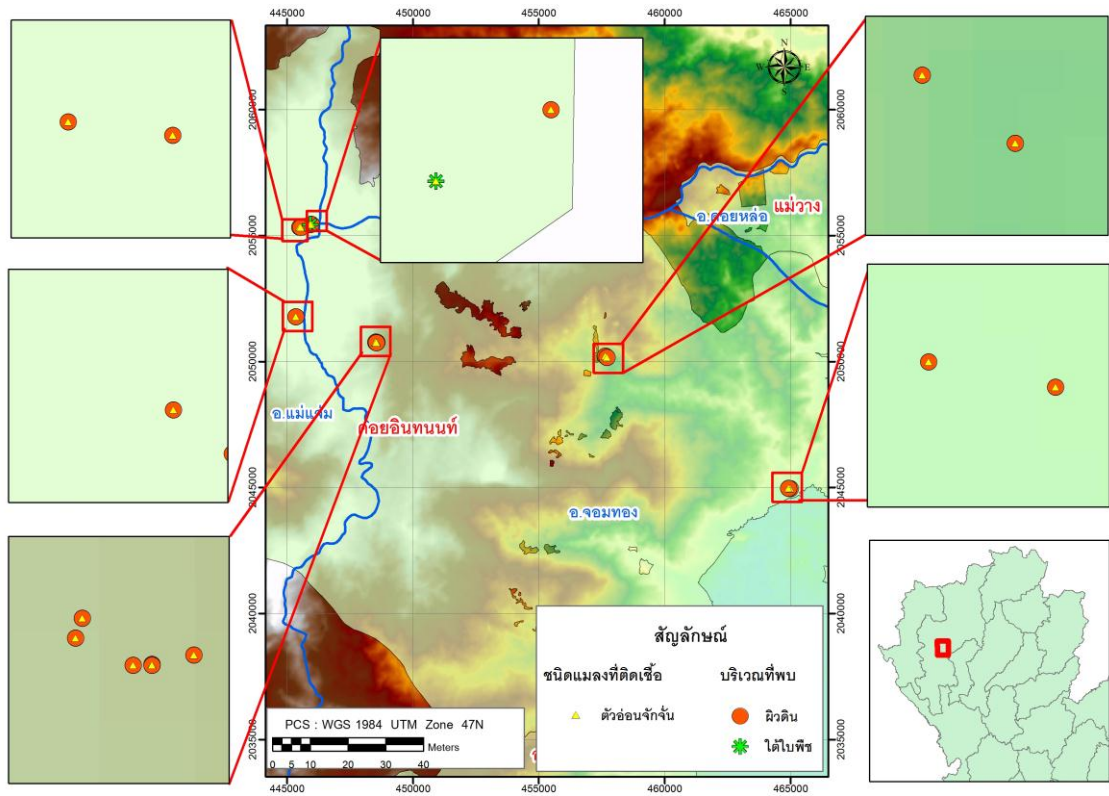
รหัสตัวอย่าง	ชนิดแมลงที่ติดเชื้อ	แหล่งที่พบ	พิกัด	
			เส้นรุ้ง (N)	เส้นแวง (E)
Cod-044	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกลีริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18°32' 48.408"	98°30' 43.060"
Cod-045	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	กิวแม่ปาน ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 33' 21.640"	98 °28' 55.254"
Cod-046	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	อ่างกาหลวง ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 35' 17.290"	98°8' 59.891"
Cod-047	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 30.534"	98° 35' 53.261"
Cod-048	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 30.685"	98° 35' 52.609"
Cod-049	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกวชิรธาร ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 30.610"	98° 35' 53.711"
Cod-050	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	น้ำตกแม่กลาง ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 32' 31.585"	98° 35' 54.985"
Cod-051	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	น้ำตกลีริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 32' 48.592"	98° 30' 44.348"
Cod-052	หนอนของแมลงไม่ทราบชนิด	ทางเดินชมธรรมชาติ อ่างกา / ผิวดิน	18° 35' 17.790"	98° 29' 7.087"
Cod-053	มด (Hymenoptera: Formicidae)	อ่างกาหลวง ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 35' 18.553"	98° 29' 8.596"
Cod-054	มด (Hymenoptera: Formicidae)	เส้นทางศึกษาธรรมชาติ อ่างกา/ ใต้ใบพีช	18° 35' 20.695"	98° 29' 14.406"
Cod-055	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกลีริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 48.746"	98° 30' 43.272"
Cod-056	มด (Hymenoptera: Formicidae)	กิวแม่ปาน ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 33' 21.438"	98° 28' 54.818"
Cod-057	ตัวอ่อนของแมลงไม่ทราบชนิด	อ่างกาหลวง ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 35' 17.614"	98° 29' 7.030"

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

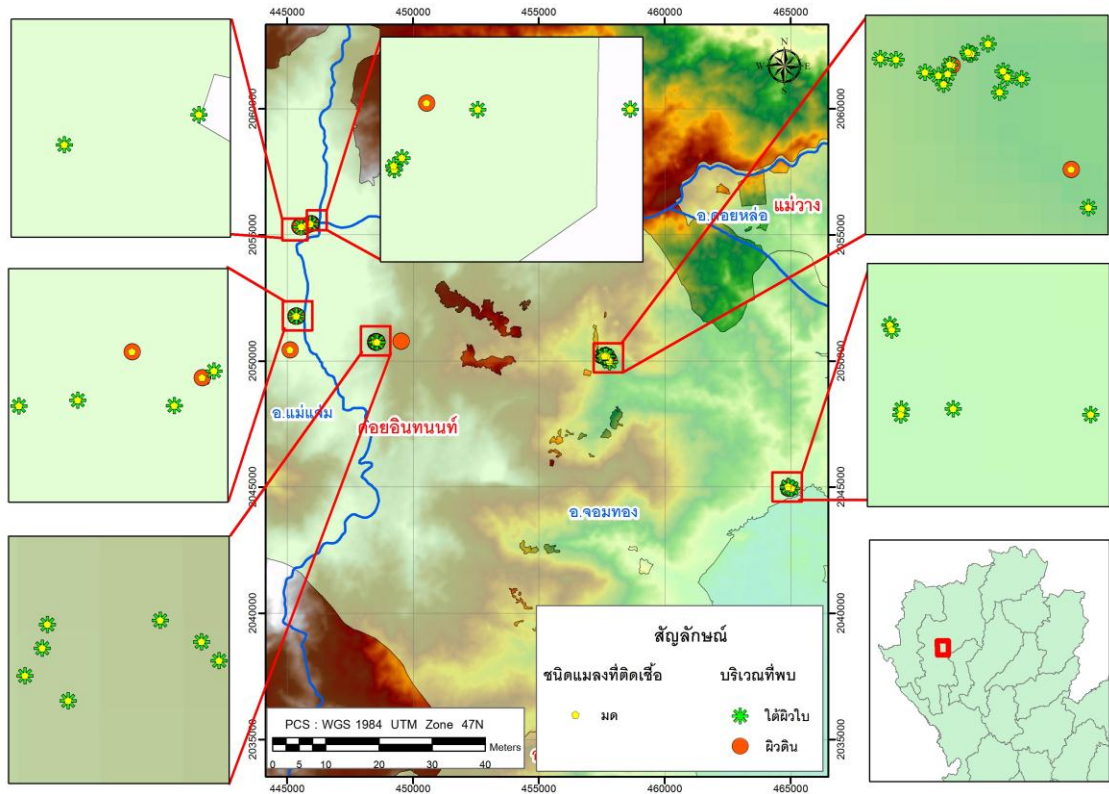
รหัสตัวอย่าง	ชนิดแมลงที่ติดเชื้อ	แหล่งที่พบ	พิกัด	
			เส้นรุ้ง (N)	เส้นแวง (E)
Cod-058	มด (Hymenoptera: Formicidae)	อ่างกาหลวง ตำบล บ้านหลวง/ ใต้ใบพีช	18° 35' 17.081"	98° 29' 2.004"
Cod-059	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	อ่างกาหลวง ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 35' 17.084"	98° 29' 1.464"
Cod-060	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 32' 30.048"	98° 35' 57.091"
Cod-061	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 49.092"	98° 30' 44.730"
Cod-062	มด (Hymenoptera: Formicidae)	กิวแม่ปาน ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 33' 21.737"	98° 28' 56.478"
Cod-063	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 31.060"	98° 35' 53.815"
Cod-064	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 48.826"	98° 30' 45.241"
Cod-065	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 32' 49.096"	98° 30' 43.805"
Cod-066	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	อ่างกา ตำบล บ้านหลวง/ ใต้ใบพีช	18° 35' 20.631"	98° 29' 14.420"
Cod-067	มด (Hymenoptera: Formicidae)	อ่างกาตำบล บ้านหลวง/ ใต้ใบพีช	18° 35' 20.646"	98° 29' 14.356"
Cod-068	ตัวอ่อนจักจั่น (Hemiptera: Cicadidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 32' 48.592"	98° 30' 44.550"
Cod-069	มด (Hymenoptera: Formicidae)	น้ำตกสิริภูมิ ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 32' 48.595"	98° 30' 45.457"
Cod-070	มด (Hymenoptera: Formicidae)	กิวแม่ปาน ตำบล บ้านหลวง / ใต้ใบพีช	18° 33' 21.442"	98° 28' 56.140"
Cod-071	ด้วงไม้ทรานชนิด (Coleoptera)	กิวแม่ปาน ตำบล บ้านหลวง / ผิวดิน	18° 33' 21.456"	98° 28' 56.140"



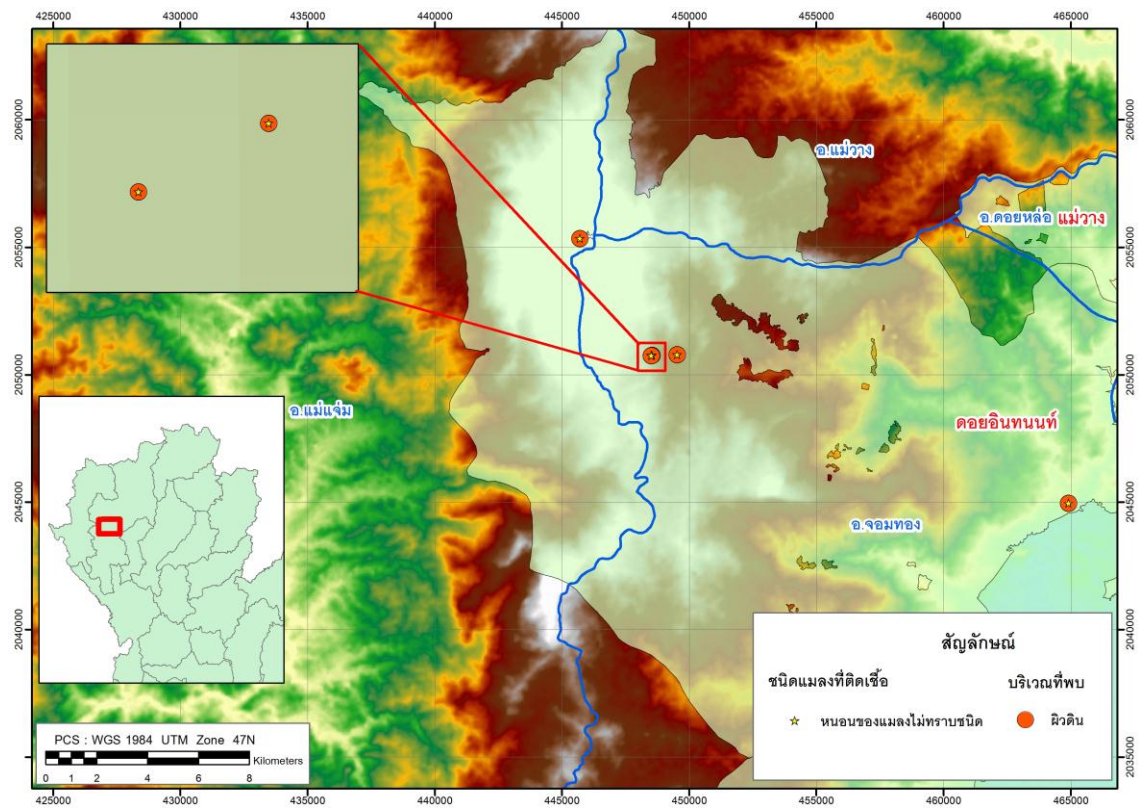
ภาพที่ 4.11 การแพร่กระจายของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ที่ทำลายแมลง ซึ่งพบในพื้นที่ศึกษา อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558 - กันยายน 2559



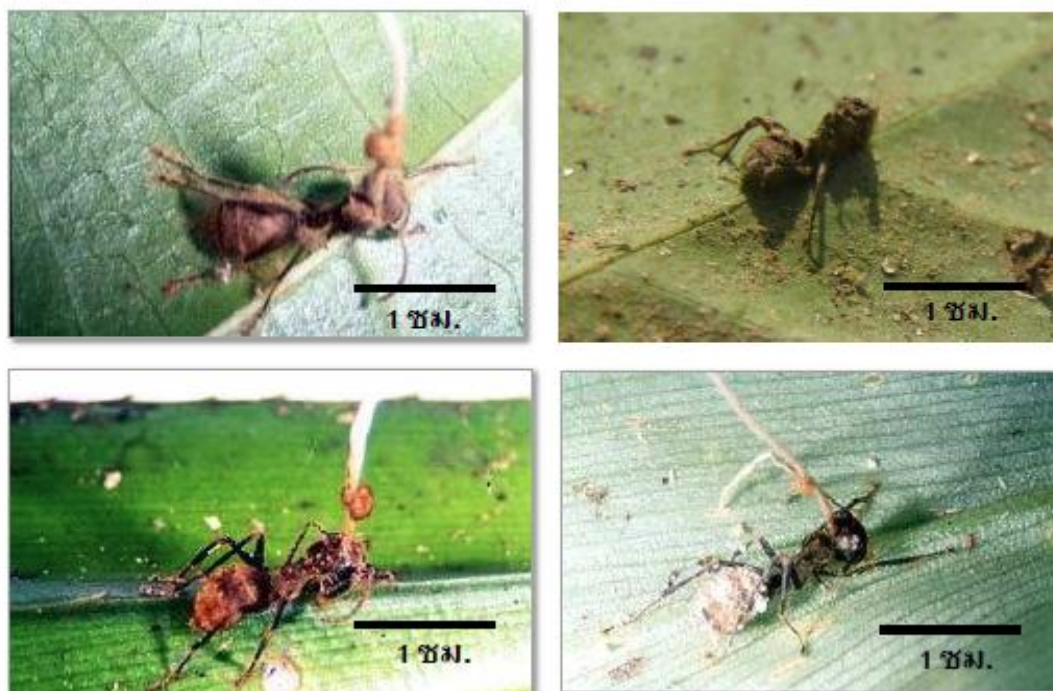
ภาพที่ 4.12 จุดที่พบการแพร่กระจายของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. เข้าทำลายตัวอ่อนจิ้งจัน ซึ่งพบในพื้นที่ศึกษา อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือน มกราคม 2558 - กันยายน 2559



ภาพที่ 4.13 จุดที่พบการแพร่กระจายของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. เข้าทำลายมด ซึ่งพบในพื้นที่ศึกษา อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558 - กันยายน 2559



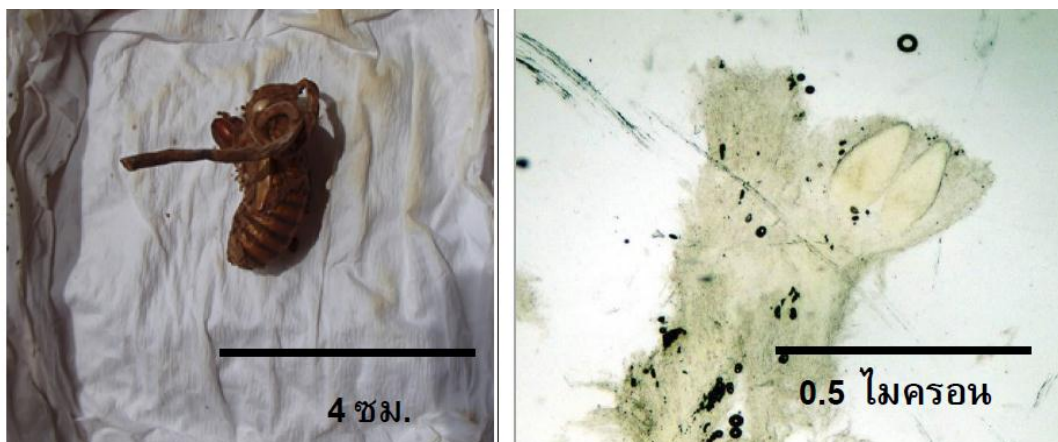
ภาพที่ 4.14 จุดที่พบการแพร่กระจายของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. เข้าทำลายหนอนของแมลงที่ไม่สามารถระบุชนิดได้ ซึ่งพบในพื้นที่ศึกษา อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558 - กันยายน 2559



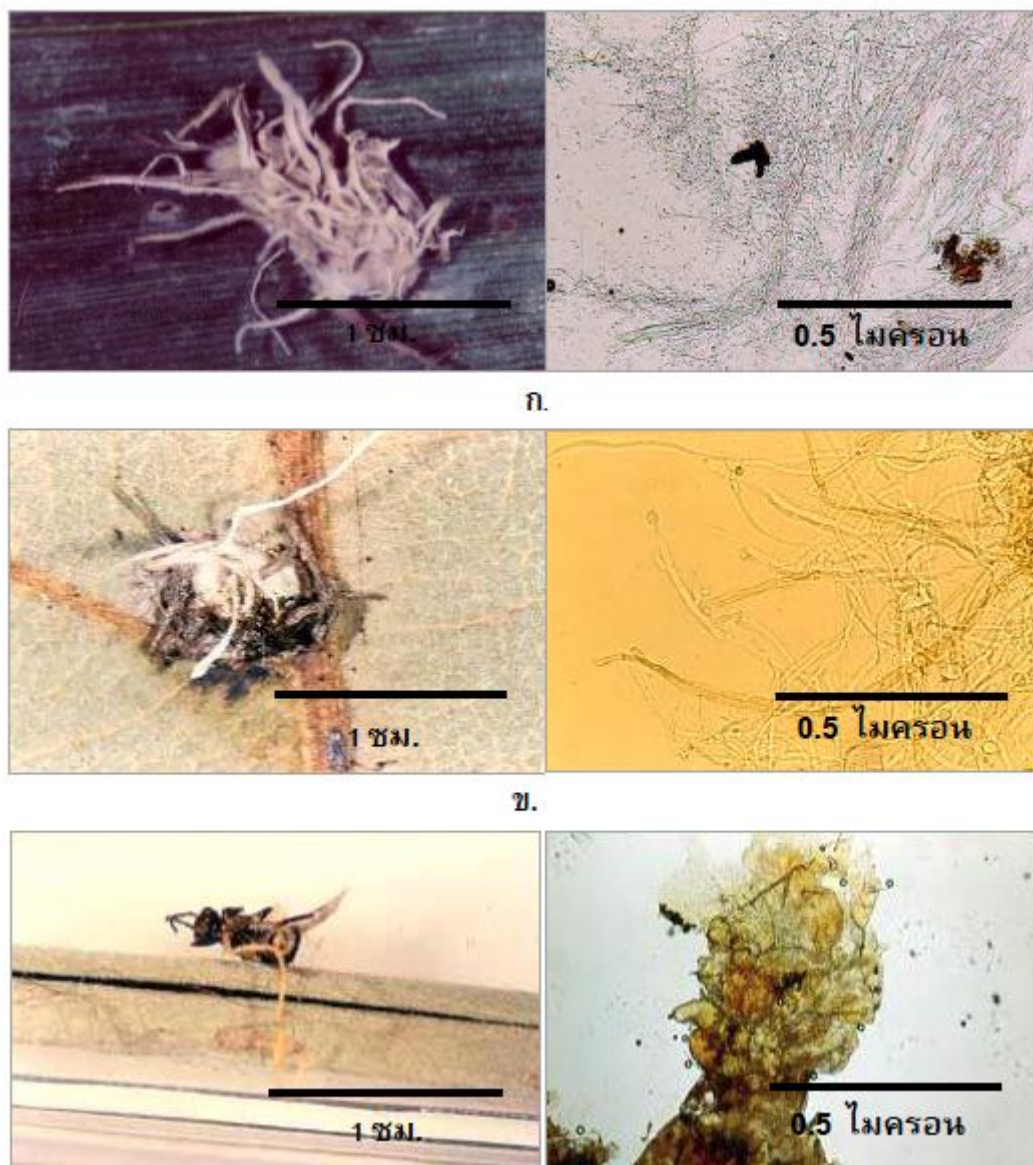
ภาพที่ 4.15 เชื้อรา *Ophiocordyceps unilateralis* ที่ทำลายมดซึ่งพบในเขตอุทยานแห่งชาติ ดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558- กันยายน 2559



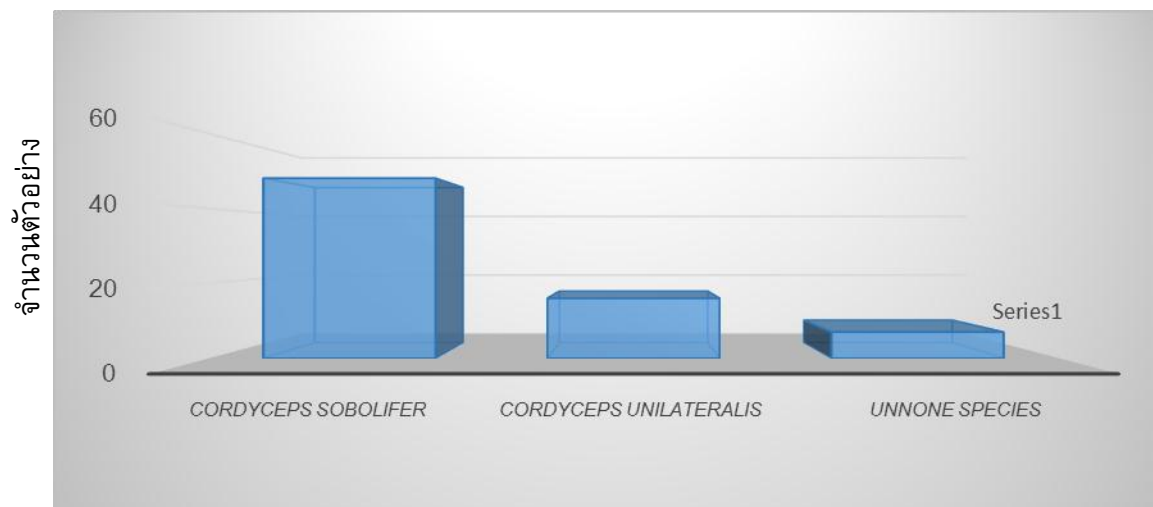
ภาพที่ 4.16 ลักษณะอาการและสปอร์ของเชื้อ *Ophiocordyceps unilateralis* ซึ่งพบบริเวณ อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558 - กันยายน 2559



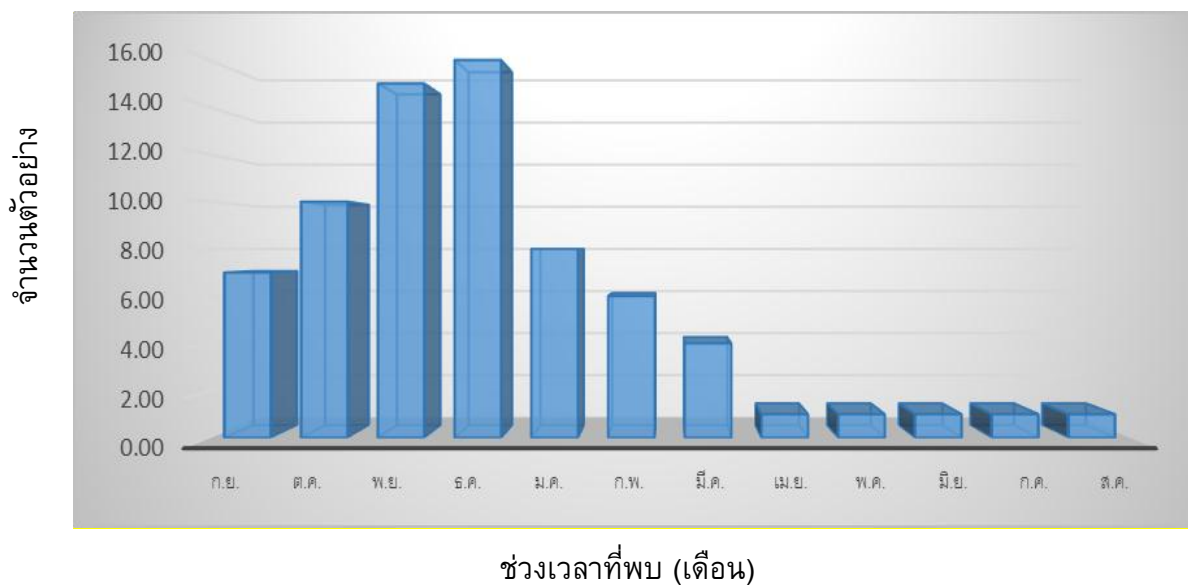
ภาพที่ 4.17 ลักษณะอาการและสปอร์ของเชื้อรา *Ophiocordyceps sobolifer* ที่ทำลายจิ้งจั่น ซึ่งพบบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558 - กันยายน 2559



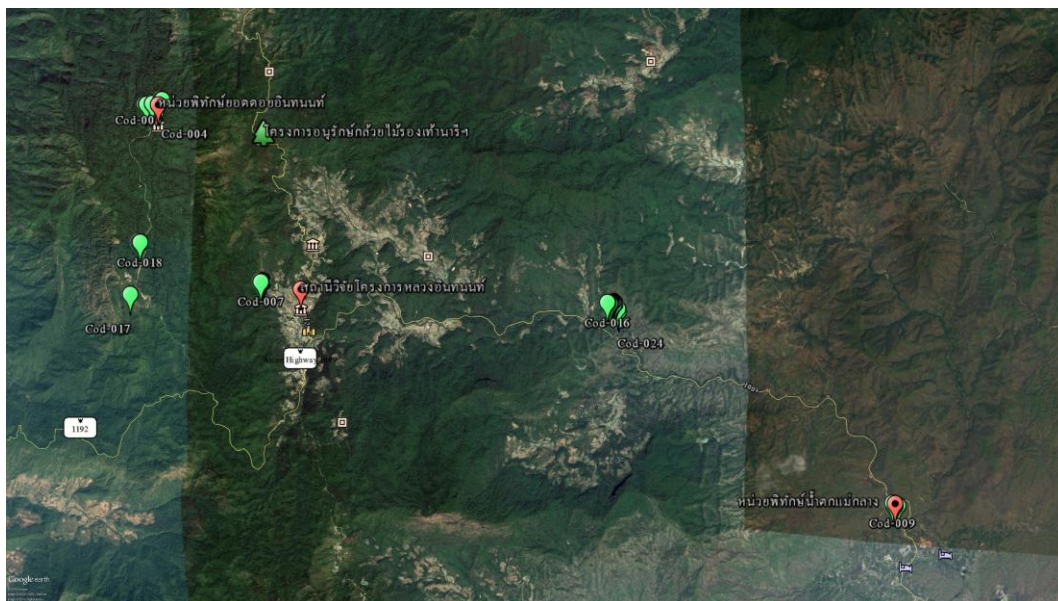
ภาพที่ 4.18 ลักษณะอาการและสปอร์ของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ซึ่งทำลายแมลงชนิดต่างๆ ได้แก่ หนอนผีเสื้อ (ก.) ตัวง (ข.) และ ผึ้ง (ค.) ซึ่งพบบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558 - กันยายน 2559



ภาพที่ 4.19 ปริมาณตัวอย่างของเชื้อราชนิดต่างๆ ที่พบทำลายแมลงในพื้นที่ศึกษา เขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558 - กันยายน 2559



ภาพที่ 4.20 การขึ้นลงของประชากรของเชื้อราสกุล *Ophiocordyceps* spp. ที่พบทำลายแมลงในพื้นที่ศึกษา เขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือน มกราคม 2558 - กันยายน 2559



ภาพที่ 4.21 แผนที่การแพร่กระจายของเชื้อราสกุล *Ophiocordyceps* ที่พบทำลายแมลงในพื้นที่ศึกษา เขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จากการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม 2558 - กันยายน 2559 ซึ่งสามารถสืบค้นเพื่อหาจุดอ้างอิงได้จาก <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1cHhbEIVuYD6mLUNYqfz5JtUh-VM>

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การสำรวจ รวบรวม จำแนกชนิด และระบุจุดพิกัด ของแมลงที่ถูกเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ลงทำลาย ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ ตั้งแต่เดือนกันยายน 2558- กันยายน 2559 ในช่วงพิกัด เส้นรุ้งที่ 18 องศา 24 ลิปดา 00 ฟิลิปดาเหนือ (พิกัด UTM; 2034381 N) ถึง 18 องศา 40 ลิปดา 00 ฟิลิปดาเหนือ (พิกัด UTM; 2063808 N) และเส้นแวงที่ 98 องศา 24 ลิปดา 00 ฟิลิปดาตะวันออก (พิกัด UTM; 436635 E) ถึง 98 องศา 41 ลิปดา 00 ฟิลิปดาตะวันออก (พิกัด UTM; 466609 E) ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 2,565 เมตร ครอบคลุม พื้นที่บริเวณอ่างกา กัวแม่ปาน และ น้ำตกวชิรธาร ของอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์

ในการสำรวจ สามารถรวบรวมตัวอย่างเชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* รวมทั้งหมด 71 ตัวอย่าง โดยพบว่าแมลงอาศัยที่ถูกเชื้อราชนิดนี้ลงทำลายโดยมากเป็น มด และ จักจั่น นอกจากนี้ยัง ได้พบในแมลงอาศัยในกลุ่มด้วง ผี และหนอนผีเสื้อ ซึ่งไม่สามารถระบุชนิดด้วย และจากการจำแนก ชนิดโดยการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าเชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* ที่ทำลายมด ที่รวบรวมได้ทั้งหมด 71 ตัวอย่าง สามารถระบุได้ว่า 48 ตัวอย่าง คือ เชื้อรามดซอมบี้ (zombie ant fungus) หรือ *Ophiocordyceps unilateralis* (ภาพที่ 4.1) และ ที่ทำลายจักจั่นคือ เชื้อราจักจั่น (cicada fungus หรือ cicada flower) หรือ *Ophiocordyceps sobolifera* ซึ่งสามารถรวบรวมได้ ทั้งหมด 17 ตัวอย่าง (ภาพที่ 4.2) ส่วนที่เหลืออีก 6 ตัวอย่าง ยังไม่สามารถระบุชนิดได้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางนิเวศวิทยาประชากรของเชื้อราเหล่านี้ พบว่ามีการแพร่กระจาย สูงในช่วงตั้งแต่เดือนตุลาคม ถึงเดือนธันวาคม โดยมีการแพร่กระจายสูงสุดในเดือนธันวาคม และมี ดัชนีความหลากหลายทางชนิด โดยการใช้การคำนวณค่าดัชนีความหลากหลาย (Diversity index) ทางชนิด เช่น Shannon-Wiener Index (Shannon, 1948, pp. 623-656) มีค่าเท่ากับ 0.56 อีกทั้ง ได้มีการจัดทำแผนที่การแพร่กระจายเชิงพื้นที่ (spatial distribution) ในรูปแผนที่การแพร่กระจาย แบบจุด (dot distribution map) และเชื่อมโยงกับระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic information systems - GIS) อ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลก เพื่อนำเสนอข้อมูลความหลากหลายทางชนิด ควบคู่ไปกับข้อมูล การแพร่กระจายทางภูมิศาสตร์ (Geographical distribution) โดยใช้โปรแกรม ArcView GIS เพื่อการเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์โรคแมลง และ ความหลากหลายทางชนิดที่พบ ผ่านระบบออนไลน์ ณ ปัจจุบัน

อภิปรายผล

จากตัวอย่างแมลงและแมงมุมที่พบถูกทำลายโดยเชื้อราโรคแมลงในวงศ์ Ophiocordycipitaceae ที่พบบนต้นพืชในระดับความสูงไม่เกิน 1.5 เมตร รวมทั้ง พื้นดิน ตามวิธีของ Poinar and Thomas (1984, 392 pp.) ซึ่งพบว่าสามารถรวบรวมตัวอย่างได้ 71 ตัวอย่าง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความชื้นสูงเช่นบริเวณน้ำตกในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ อีกทั้งช่วงเดือนที่พบมากจะเป็นช่วงปลายฝนต้นหนาว แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้พบอุปสรรคคือการเกิดภัยแล้งในช่วงปี 2558 ซึ่งส่งผลอย่างมากต่อการพบตัวอย่างแมลงที่ติดเชื้อ เนื่องจากความแห้งแล้งของอากาศไม่เหมาะสมต่อการก่อโรคของเชื้อรา ประกอบกับการเกิดไฟป่าเป็นระยะ ทั้งนี้จากการจำแนกชนิดพบว่า เชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* ที่สำรวจพบมากที่สุดได้แก่ *O. unilateralis* ซึ่งลงทำลายมด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Kittakoopa *et al.* (1999, p 453–457) ซึ่งได้ศึกษาความหลากหลายของเชื้อราชนิดนี้ และอ้างว่าเป็นเชื้อราที่สำคัญในการก่อโรคมดสกุลต่างๆ โดยทั้งนี้จากผลการศึกษานี้ชี้ว่าเชื้อราดังกล่าวก่อโรคมดมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Pontoppidan *et al.* (2009) ซึ่งรายงานว่า *O. unilateralis* มีความสำคัญต่อประชากรมด และเป็นเชื้อราสาเหตุโรคแมลงชนิดหนึ่งซึ่งทำลายมดมากที่สุด โดยจากการสำรวจในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยสามารถพบมดที่ติดเชื้อมัน ถึง 26 ตัวต่อตารางเมตร ในส่วนของเชื้อรามดซอมบี้ (zombie ant fungus) หรือ *O. unilateralis* ที่พบบนมดซอมบี้ (zombie ant) หรือ มด *Camponotus leonardi* ที่พบในเขตร้อนและในประเทศไทยที่สถานีรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาช่อง จังหวัดตรัง (Harmon, 2009, Pontoppidan *et al.*, 2009, Evans *et al.*, 2011, pp. 598-602) อาจเป็น *Ophiocordyceps unilateralis sensu lato complex*

ส่วนวินันท์ดา ทิมะมาน และคณะ (2554, 13 หน้า) รายงานว่า การสำรวจและเก็บตัวอย่างราทำลายแมลงและแมงมุม ที่ดำเนินการระหว่างเดือนธันวาคม 2550 ถึงกันยายน 2552 ในกลุ่มป่าแก่งกระจาน โดยเฉพาะพื้นที่อุทยานแห่งชาติแก่งกระจานและอุทยานแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติไทยประจัน จังหวัดเพชรบุรี พบเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. รวม 10 ชนิดคือ *O. communis*, *O. dipertigena*, *O. humbertii*, *O. irangiensis*, *O. irangensis myrmecophila*, *O. myrmecophila*, *O. nutans*, *O. pseudolloydii*, *O. sphaecocephala* และ *O. unilateralis* กับต่อมาได้เพิ่ม *O. sobolifera* รวมเป็น 11 ชนิดโดยเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ทั้งหมดพบว่ลงทำลายแมลงส่วนใหญ่ในอันดับ Hymenoptera ยกเว้น *O. dipertigena* ลงทำลายแมลงในอันดับ Diptera และ *O. nutans* ลงทำลายแมลงในอันดับ Hemiptera ส่วนเชื้อราอีกชนิดหนึ่งคือ *O. sobolifera* คงจะได้ชื่อในภายหลัง แต่ไม่ได้รับบุชนิดของแมลงอาศัย และยังไม่มียานงานยืนยันที่แน่นอน แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานของ Hsu *et al.* (2015: p. 432) ว่าเชื้อราที่ทำลายจักจั่นคือ *C. cicadae* ซึ่งเป็นเชื้อในสกุล *Ophiocordyceps* อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีสรรพคุณทางยาและเภสัชกรรม ทั้งนี้จึงควรมีการศึกษาในเชิงลึกต่อไป ซึ่งอาจใช้วิธีการทางชีวโมเลกุลในการจำแนกเพื่อยืนยันว่าเชื้อราสองชนิดที่ทำลายจักจั่นนั้นเป็นชนิดเดียวกันหรือไม่ ทั้งนี้จากการที่การศึกษาในครั้งนี้ มีการบันทึก

จุดพิกัดของแหล่งที่พบแมลง และ/หรือ แมงมุมที่ถูกทำลายโดยเชื้อราโรคแมลงในวงศ์ Ophiocordycipitaceae ประกอบกับการวิเคราะห์ข้อมูลทางนิเวศวิทยาประชากรของเชื้อรา *Ophiocordyceps* spp. ซึ่งเก็บตัวอย่างได้จากอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ นำมาบูรณาการกับระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic information systems - GIS) อ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลกเพื่อนำเสนอข้อมูลความหลากหลายทางชนิดควบคู่ไปกับข้อมูล (Geographical distribution) น่าจะมีประโยชน์ในการต่อยอดการวิจัย โดยช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการตามเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ต่อไป

ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้และการทำวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาในโครงการนี้ เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจความหลากหลายทางชนิดของเชื้อราทำลายแมลงชนิดต่างๆ ในสกุล *Ophiocordyceps* ที่พบในพื้นที่วนอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ในปีแรกของการวิจัย คือการระบุชนิด คำนวณหาดัชนีความหลากหลายทางชนิด และสร้างข้อมูลภูมิสารสนเทศ <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1cHhbEiVuYD6mLUNYqfz5JtUh-VM> ซึ่งจะมีส่วนช่วยเสริมพื้นฐานงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อยอดการวิจัยในปีต่อไป กล่าวคือจะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการเข้าสู่พื้นที่และจุดที่พบการระบาดของเชื้อราดังกล่าว โดยอาศัยระบบนำทางจากระบบดาวเทียม Google Earth ซึ่งจะเป็นการลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการสำรวจและการดำเนินงานวิจัย เช่น การเข้าเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยการศึกษาในปีวิจัยที่สอง ได้คาดหวังว่าจะมีการเก็บตัวอย่างเชื้อราในสกุล *Ophiocordyceps* ที่อาจสามารถนำมาจำแนกสายพันธุ์ (isolates) เพื่อการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ และนำมาวิเคราะห์สารประกอบเพื่อการใช้ประโยชน์ในทางยาและเภสัชกรรม ซึ่งอาจช่วยนำไปสู่การลดหรือทดแทนการนำเข้าถิ่นเข้า หรือ *Ophiocordyceps sinensis* หรือ *Ophiocordyceps* ชนิดอื่นๆ จากต่างประเทศในอนาคตได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

- กนก เลิศพานิช. (2557). Population Ecology. วันที่ 27 กรกฎาคม 2557. http://www.kmitl.ac.th/agritech/nutthakorn/04090035_2202/multiweb/environment/pdf/population.pdf.
- กรมแผนที่ทหาร. (2535). แผนที่สภาพภูมิประเทศจังหวัดเชียงใหม่ มาตรฐาน 1:50,000. กรุงเทพฯ: กระทรวงกลาโหม.
- คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2557). ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. วันที่ 27 กรกฎาคม 2557. <http://www.gisthai.org/about-gis/gis.html>.
- ไทยออฟโรดคอตคอม. (มปป.). แหล่งท่องเที่ยวพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์. วันที่ 27 กรกฎาคม 2557. <http://www.thailandoffroad.com/>.
- นิวัติ อนงค์รักษ์. (2545). ลำดับดินบนพื้นที่สูงที่ได้รับอิทธิพลจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในบริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รุ่งเกียรติ แก้วเพชร และ ศมาพร แสงยศ. (2559). แฟ้มข้อมูลแผนที่เพื่อการวิจัยและการเรียนการสอน.
- วรรณฤดี หิรัญรัตน์. (2557). สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากราเอนโดไฟต์ (Bioactive Compounds from Endophytic Fungi). วันที่ 27 กรกฎาคม 2557. http://rms.rdi.tsu.ac.th/ejournal/journaldetail/12_2/10.pdf
- วินันท์ดา หิมะมาน, จันจิรา อายะวงศ์, กิตติมา ด้วงแค และกฤษณา พงษ์พานิช. (2554). ความหลากหลายของราทำลายแมลงและแมงมุมในกลุ่มป่าแก่งกระจาน. สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 13 หน้า.
- สารานุกรมเสรี. (2557). ถังเช่า. วันที่ 27 กรกฎาคม 2557. <http://th.wikipedia.org/wiki/ถังเช่า>.
- สุชาดา มงคลสัมฤทธิ์, เจเนต เจนนีเฟอร์ เหลืองสะอาด, กนกศรี ทัศนาศัย และสมศักดิ์ ศิวชัย. (2553). ราก่อโรคในแมลงของประเทศไทย. ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. ปทุมธานี. 163 หน้า

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

- Ban, S., Sakane T., Toyama, K. & Nakagiri, A. (2009). Teleomorph-anamorph relationships and reclassification of *Cordyceps cuboidae* and its allied species. *Mycoscience*, 50, 261-272.
- Baral, B. & Maharjan, J. (2012). In-vitro culture of *Ophiocordyceps sinensis* (Yarsagumba) and their associated endophytic fungi of Nepal Himalaya. *Scientific World*, 10(10), 38-42.
- Blackwell, M. (1984). New information on *Cordycepioideus bisporus* and *Cordycepioideus octosporus*. *Mycologia*, 76(4), 763-765.
- Boesi A. & Cardi, F. (2009). *Cordyceps sinensis* Medicinal Fungus: Traditional Use among Tibetan People, Harvesting Techniques, and Modern Uses by *HerbalGram*, 83, 52-61.
- Bok, J.W., Lerner, L., Chilton, J., Klingeman, H. & Towers, G.N. (1999). Antitumour sterols from the mycelia of *Cordyceps sinensis*. *Phytochemistry*, 51, 891-898.
- Burrough, P.A. & McDonnell, R.A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford: Oxford University Press, 327 pp.
- Copping, L.G. (2009). *The manual of biocontrol agents*. 4th ed. Hampshire, UK: BCPC, 702 pp.
- Chen, Y.J., Shiao, M.S., Lee, S.S. & Wang, S.Y., (1997). Effect of *Cordyceps sinensis* on the proliferation and differentiation of human leukemic U937 cells. *Life Sciences*, 60, 2349-2359.
- Dictionary.com . (2014). Perithecia. Retrieved July 28, 2014. <http://dictionary.reference.com/browse/Perithecia?s=t>
- Evan, H. C., & Samson, R.A. (1982). *Cordyceps* species and their anamorphs pathogenic on ants (Formicidae) in tropical forest ecosystems: The *Cephalotes* (Myrmicinae) complex. *Transaction British Mycological Society*, 79 (3), 431-453.
- Evan, H.C., Simon, L.E. & Hughes, D.P. (2011). *Ophiocordyceps unilateralis* - A keystone species for unraveling ecosystem functioning and biodiversity of fungi in tropical forests? *Commucatives & Integrative Biology*, 4(5), 598-602.
- Harmon, K. (2009). Fungus makes zombie ants do all the work". *Scientific American*. Retrieved 2010-08-22.

- Hendricks, C.A. (1981). Soil-vegetation relations in the north continental highland region of Thailand: A preliminary investigation of soil-vegetation correlation. *Soil Survey Report Technical Bulletin*, 32, 1-112.
- Holliday, J. & Cleaver, M. (2008). Medicinal value of the caterpillar fungi species of Genus *Cordyceps* (Hr.) Ling (Sacomycetes). A review. *International Journal of Medicinal Mushroom*, 10(3), 219-234.
- Hobbs, C. (1995). *Medicinal mushrooms: an exploration of tradition, healing, & culture*. 2nd ed. Santa Cruz, CA, USA: Botanica Press, 252 pp.
- Hsu, J.H., Jhou, B.Y., Yeh, S.H., Yen-lien Chen, Y.I. and Chin-Chen, C.C. (2015). Healthcare Functions of *Cordyceps cicadae*. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 5(6), 432. Doi: 10.4172/2155-9600.1006432
- Hywel-Jones, N. L. (1994). *Cordyceps khaoyaiensis* and *Cordyceps pseudomilitaris*, two new pathogens of lepidopteran larvae from Thailand. *Mycological Research*, 98, 939-942.
- Hywel-Jones, N. L. (1995a). *Cordyceps sphecocephala* and a *Hymenostilbe* sp. infecting wasps and bees in Thailand. *Mycological Research*, 99, 154-158.
- Hywel-Jones, N. L. (1995b). *Cordyceps nutans* and its anamorph, a pathogen of Hemipteran bugs in Thailand. *Mycological Research*, 99, 724-726.
- Hywel-Jones, N. L. (1995c). *Cordyceps brunneapunctata* sp. nov. infecting beetle larvae (Coleoptera: Elateridae) in Thailand. *Mycological Research*, 99, 1195-1198.
- Hywel-Jones, N. L. (1996). *Cordyceps myrmecophila* -like fungi infecting ants in the leaf litter of tropical forest in Thailand. *Mycological Research*, 100, 613-619.
- Hywel-Jones, N. L. (2002). Whole ascospores and part-spores in the megagenus *Cordyceps*. *Mycological Research*, 106, 2-3.
- Hywel-Jones, N. L. & Sivichai, S. (1995). *Cordyceps cylindrica* and its association with *Nomuraea atypicola* in Thailand. *Mycological Research*, 99, 809-812.
- Jone, K. (1993). A brief pharmacologic review of *Cordyceps sinensis* and *C. ophioglossoides*. Armana Research.
- Kittakoop, P., Punyaa, J., Kongsaree, P., Lertwerawat, Y., Jintasirikul, A., Tanticharoen, M., & Thebtaranonth, Y. (1999). "Bioactive naphthoquinones from *Cordyceps unilateralis*." *Phytochemistry*. 52 (3): 453-457.
- LeClerc, E.L., Leonard, W.H. & Clark, A.G. (1966). *Field plot technique*. 2nd ed. Minneapolis, Minnesota: Burgess Publishing, 373 pp.
- Mizuno, T. (1998). Immunological diet for cancer serious disease. Gendaishorin, Tokyo, 188 pp. *Mycobiology*, 33(4), 235-239.

- Poinar, G.O. Jr. & Thomas, G.M.. (1984). *Laboratory guide to insect pathogens and parasites*. New York: Plenum Press. 392 pp.
- Pontoppidan, M.B., Himaman, W., Hywel-Jones, N., Boomsma, J.J. & Hughes D.P. (2009). "Graveyards on the move: The spatio-temporal distribution of dead *Ophiocordyceps*-infected ants." *PLOS ONE*. 4 (3): e4835.
- Pooma, R. & Barfod, A. (2001). Vegetation type of Northern Thailand, pp. 11-15. In E. Poulsen, F. Skov, S. Lakanavichian, S. Thanisawanyangkura, H. Borgtoft & O. Hoiris. *Forest in Culture- Culture in Forest. Research Centre on Forest and People in Thailand*, Danish. Institute of Agricultural Sciences, Denmark.
- Shannon, C.E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.
- Samson, R.A., Even, H.C. & Latgé, J. P. (1988). *Atlas of Entomopathogenic fungi*. New York : Springer-Verlag. 187 pp.
- Shrestha, B. & Sung J.M. (2005). Notes on *Cordyceps* species collected from the Central Region of Nepal. *Mycobiology*, 33(4), 235-239.
- Srivilai, P., Suraporn, S. & Louchanwoot, P. (2013). First report of *Cordyceps* sp. isolated from cicada in Northeastern Thailand and their characterizations. *Journal of Biological Sciences*, 13 (7), 587-595. Doi: 10.3923/jbs.2013.587.595
- Steinhaus, E.A. (1967). *Principles of insect pathology*. New York: Hafner Publishing, 756 pp. (Facsimile of the Edition of 1949).
- Sung, G.H., Hywel-Jones, N.L., Sung, J.M., Luangsa-ard, J.J., Shrestha, B. & Spatafora, J.W. (2007). Phylogenetic classification of *Cordyceps* and the clavicipitaceous fungi. *Studies in Mycology*, 57, 5-59.
- Tanada, Y. & Kaya, H.K. (1993). *Insect pathology*. San Diego: Academic Press, 666 pp.
- TCM Wiki. com. (2014). Dong-chong-xia-cao. Retrieved July 27, 2014. from <http://www.tcmwiki.com/wiki/dong-chong-xia-cao>
- Thefreedictionary. 2014. Stroma. Retrieved July 28, 2014. From <http://www.thefreedictionary.com/stroma>
- wikipedia. (2014). Cordycepin. (Online). Retrieved July 27, 2014. From <http://en.wikipedia.org/wiki/Cordycepin>.
- wikipedia. (2014). Spatial distribution. Retrieved July 27, 2014. From <http://en.wikipedia.org/wiki/spatial> distribution.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine*. Cambridge, MA: Herman et Cie, Paris and MIT Press, 194 pp.

- Winkler, D. (2008). Yartsa Gunbu (*Cordyceps sinensis*) and the fungal commodification of Tibet's rural economy¹. *Economic Botany*, 62(3), 291–305.
- Zhu, B.C., Chai, Y.Q., Zhang, S.S., Peng, X.X., Jin, Y.W. & Chen, G.J. (2016). Effects of active components from *Ophiocordyceps sobolifera* on anticonvulsions. *Mycosystema*, 35(5), 619-627.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ: นายรุ่งเกียรติ แก้วเพชร
ประวัติการศึกษา: พ.ศ. 2542 ระดับปริญญาตรี วท.บ. (โรคพืชวิทยา)
 พ.ศ. 2547 ระดับปริญญาโท วท.ม. (เทคโนโลยีชีวภาพ)
 ด้วยทุนสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ: เทคโนโลยีของเอนไซม์ (Enzyme Technology) การใช้
 จุลินทรีย์ควบคุมแมลงศัตรูพืชทางการเกษตร (Microbial
 Control of Agricultural Pests)

ประสบการณ์การทำงาน:

- รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต พ.ศ. 2548 - 2551
- เลขานุการคณะกรรมการพัฒนางานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต พ.ศ.2548 - 2551

ผลงานวิจัยที่สำคัญ:

1. Kawpet, R., W. Sridokchan and A. Aungsuratana. 2011. Performance of Entomopathogenic Fungi Endogenous Strains in Rice Pest Control towards Biological Method, p. 104. In Proceeding of ISSAAS International Symposium & Congress on A Holistic Approach in Establishing Food Security Securing Food Supplies to Meet the Future Demand of the Increasing Population. 7-10 November 2011, International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences. Bogor Agricultural University (IPB), Bogor, Indonesia.
2. Kawpet, R. and W. Sridokchan. 2012. Entomopathogenic Fungi Endogenous Strains Efficiency on Rice Pest Management towards Organic Farming, p. 7. In Proceeding of JKTC Seminar 2012 Natural Environment and Sustainable Agriculture in Asian Countries. 10-12 November 2012, Okayama University, Okayama, Japan.
3. Detection of Genetic Exchange of Formulated and Indigenous Strains of Entomopathogenic Fungi in the Agro-ecosystem (หัวหน้าโครงการ, พ.ศ.2555; วช.)

ตำแหน่งปัจจุบัน: อาจารย์ประจำ
สถานที่ทำงาน: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
 228-228/1-3 ถนนสีรินธร บางพลัด เขตบางพลัด
 กรุงเทพมหานคร 10700 โทรศัพท์/ โทรสาร: 0 2423 9403
 Email: runkiat99@yahoo.com

ชื่อ: นางสาวศมาพร แสงยศ
 ประวัติการศึกษา: พ.ศ. 2542 - ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (โรคพืชวิทยา)
 มหาวิทยาลัยแม่โจ้
 พ.ศ. 2546 - ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กีฏวิทยา)
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 พ.ศ. 2554 - ปริญญาดุษฎีบัณฑิต (กีฏวิทยา)
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 (ทุนโครงการ Biodiversity Research and Technology Program (BRT Program) ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ)

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ:

กีฏวิทยาทางการเกษตร (Agricultural Entomology)
 การควบคุมแมลงศัตรูพืชและวัชพืชโดยชีววิธี (Biological Control of Insect Pests and Weeds) และ
 ความปลอดภัยทางชีวภาพของพืชดัดแปลงพันธุกรรม (Biosafety of Genetically Modified crops)

ประสบการณ์การทำงาน:

- นักวิจัย ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (พ.ศ. 2543-2555)
- รองคณบดีฝ่ายวิชาการและมาตรฐานการศึกษา คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (พ.ศ. 2557 – 2559)

ผลงานตีพิมพ์และงานวิจัยที่สำคัญ:

1. Saengyot, S. and B. Napompeth. 2008. Simple technique for mass propagation of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales) for microbial control in Thailand. Journal of ISSAAS. 13 (Supplement): 96-102.
2. Saengyot S. and I. Burikam. 2011. Host plants and natural enemies of papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Thailand. Thai Journal of Agricultural Science 44(3): 197-205.
3. Saengyot, S. and I. Burikam. 2012. Development and growth ratio of predaceous coccinellid, *Sasajiscymnus quinquepunctatus* (Weise) on papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink. Kasetsart Journal (Natural Science) 46(3): 418-426.
4. Species Diversity and Utilization of Predatory Thrips for Biological Control of Insect Pests. (หัวหน้าโครงการ, พ.ศ. 2556; สวทช.)

ตำแหน่งปัจจุบัน: อาจารย์ประจำ

สถานที่ทำงาน: หลักสูตรอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ตู้ ปณ. 49 แม่โจ้ ต. หนองหาร อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290
โทรศัพท์/โทรสาร: 0 5387 5840
Email: samaporn@mju.ac.th