

บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

Cordyceps เป็นฟังไจชั้นสูงจัดอยู่ในกลุ่มของแอสคอฟังไจ (sac fungi) ในระยะที่มีการสืบพันธุ์จะสร้าง ascocarp แบบ perithecium เป็นกลุ่มรวมกันอยู่บนโครงสร้างที่เรียกว่า stroma ซึ่งมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ชื่อจีนี่สนี้ตั้งขึ้นตามลักษณะของ stroma ที่มีส่วนปลายยอดพองออกเป็นกระเปาะ (Nilsson & Persson, 1978) มีการดำรงชีวิตแบบพาราสิต พบครั้งแรกในหนอนผีเสื้อ จึงมีชื่อสามัญว่า caterpillar fungi หรือ vegetable caterpillars (Hawkworth *et al.*, 1995) มีสมาชิกประมาณ 300 สปีชีส์ อาศัยอยู่ทั่วโลก (Kobayasi, 1982 อ้างโดย Spatafora, 2000) พบมากบริเวณป่าเขตร้อนที่มีความชื้น หรือในช่วงฤดูฝน ส่วนใหญ่เป็นพาราสิตบนตัวอ่อน ดักแด้ และตัวเต็มวัยของแมลง มีไม่กี่สปีชีส์ที่พบบนแมงมุมและบน ascocarp ที่อยู่ใต้ดินของเห็ด truffle ในจีนี่สน *Elaphomyces* (Hawker, 1966; Ainsworth & Sussman, 1968; Deverall, 1971; Cooke, 1977; Webster, 1980; Arora, 1986; Hudson, 1987; Ingold & Hudson, 1993 และ Alexopoulos *et al.*, 1996)

โดยทั่วไป *Cordyceps* มักจะเป็นที่รู้จักกันว่าเป็นฟังไจในกลุ่มที่เรียกว่า insect fungi เนื่องจากสมาชิกส่วนใหญ่ที่พบในจีนี่สนี้เป็นสปีชีส์ที่เจริญบนแมลง โดยเฉพาะแมลงที่อยู่ในออร์เดอร์ *Lepidoptera*, *Hemiptera*, *Hymenoptera*, *Coleoptera* และ *Diptera* (Landecker, 1996) เช่น ผีเสื้อ มวน มด ต่อ ผีเสื้อ ค้างคาว และแมลงวัน เป็นต้น *Cordyceps* จะเข้าทำลายแมลงที่เป็น host โดย ascospore ที่ไปตกหรือสัมผัสบนตัวแมลงจะสร้าง germ tube แทะผ่านผิวหนังชั้นนอกของแมลง โดยการย่อยสลายไคติน (chitin) เส้นใยจะเจริญและเพิ่มจำนวนอยู่ภายใน hemocoel ของแมลง หลังจากแมลงตายเส้นใยจะรวมตัวกันกลายเป็น sclerotium อัดแน่นจนเต็มอยู่ภายในร่างกายของแมลง ซึ่งแมลงในตอนนี้จะมียาพิษและค้ำค้ำยที่มีเหลือเพียงเปลือกหุ้มชั้นนอกเท่านั้น เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม sclerotium จะพัฒนาไปเป็น stroma เจริญออกมาบนผิวหนังของแมลงที่เป็น host (Webster, 1980 และ Cooke, 1977) เมื่อ stroma เจริญเติบโตเต็มที่และ ascospores ถูกปล่อยออกไปแล้วจากนั้นก็สลายไป ซึ่งซากของแมลงที่เหลืออยู่ก็จะมีสร้าง stroma ขึ้นมาใหม่ได้อีก (Evans, 1989)

แหล่งที่พบ *Cordyceps* มักจะแตกต่างกันไปตามแหล่งอาศัยของ host ซึ่งอาจจะฝังอยู่ในดิน ซากพืชที่ทับถม หรือไม้ผุ (Arora, 1986) สปีชีส์ที่พบตามพื้นดิน เช่น สปีชีส์ที่เจริญบนหนอนผีเสื้อจะสร้าง stroma ที่มีก้านชูขึ้นมาเหนือพื้นดิน ส่วนใหญ่พบในฤดูฝน เนื่องจากฟังไจ

ต้องการความชื้นสูงในการเจริญเติบโตเพื่อเจริญผ่านชั้นดินขึ้นมา สปีชีส์ที่เจริญบนแมลงที่อาศัยอยู่ตามผิวน้ำดินขึ้นไป เช่น สปีชีส์ที่เจริญบนมวน มด ต่อ และผึ้ง ก็จะพบตามผิวน้ำดินเช่นเดียวกัน โดยที่ stroma ไม่ได้เจริญผ่านชั้นดินขึ้นมา แต่จะเจริญผ่านชั้นของใบไม้ที่คลุมแมลงอยู่ ส่วนสปีชีส์ที่พบตามส่วนต่าง ๆ ของพืชที่แมลงอาศัยอยู่มักจะพบได้ตลอดทั้งปี โดยส่วนใหญ่พบตามไคโบไม้ เนื่องจากแมลงจะอาศัยอยู่เพื่อการพรางตัวเองจากศัตรูตามธรรมชาติ อีกทั้งยังเป็นการกำบังตัวเองจากสภาพแวดล้อม (Benjamin *et al.*, 2000)

Cordyceps ส่วนใหญ่ไม่นิยมรับประทาน เนื่องจากมีขนาดเล็ก และพบได้ไม่บ่อยนัก เมื่อเทียบกับฟังไจชนิดอื่น (Arora, 1986) แต่มีบางสปีชีส์ใช้เป็นยาสมุนไพร เช่น *C. sinensis* หรือที่รู้จักกันในชื่อของถั่งเช่า หรือหนาวหนอนร้อนหญ้า เป็นสปีชีส์ที่เจริญบนหนอนผีเสื้อชนิดหนึ่งที่พบในประเทศจีน ซึ่งเป็นที่นิยมของแพทย์แผนโบราณชาวจีนมาหลายศตวรรษ คนจีนนิยมรับประทานเป็นยาบำรุงกำลัง ทำให้เจริญอาหาร บำรุงประสาท บำบัดวัณโรค แก้อาการผิดปกติของไต โดยการนำไปใส่ในท้องเปิดและตุ๋นจนเปื่อย (Dickinson & Lucas, 1979; Jianzhe *et al.*, 1987; Benjamin, 1995; อูราภรณ์, 2541 และ Kim, 2000) ในปัจจุบันมีการนำมาทำเป็นการค้ารูปแบบต่าง ๆ และมีผู้พยายามเพาะเลี้ยงฟังไจนี้ในหนอนผีเสื้อ เนื่องจากเป็นที่ต้องการมากแต่ยังไม่ประสบความสำเร็จ *C. sobolifera* ที่เจริญอยู่บนตัวอ่อนของจักจั่น ก็เป็นอีกสปีชีส์ที่ใช้เป็นยาสมุนไพรในการรักษาการหดเกร็งของกล้ามเนื้ออย่างรุนแรง หรืออาการชักในเด็ก นิยมใช้กันมากในประเทศทางแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Jianzhe *et al.*, 1987 และ Kim, 2000) บางสปีชีส์ที่เจริญบนเห็ด truffle จี้นัส *Elaphomyces* เช่น *C. ophioglossoides* ก็มีรายงานถึงคุณสมบัติทางยาสมุนไพรเช่นกัน โดยใช้เป็นยาบำรุงกำลัง ช่วยในการหมุนเวียนโลหิต และควบคุมการมีรอบเดือนให้เป็นปกติ (Jianzhe *et al.*, 1987)

นอกจากใช้เป็นยาสมุนไพรแล้ว *Cordyceps* บางสปีชีส์ยังมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้ในการควบคุมแมลงที่เป็นศัตรูพืชบางชนิด เช่น ในประเทศแทนซาเนียพบว่าตัวอ่อนของด้วงชนิดหนึ่งที่เข้าทำลายระบบรากของต้นอ้อย และก่อปัญหาต่อการผลิตน้ำตาลจากอ้อยเป็นอย่างมากมี *C. barnesii* เจริญอยู่ จึงมีความสนใจที่จะนำ *C. barnesii* ไปใช้ในการควบคุมตัวอ่อนของด้วงชนิดนี้ในไร่อ้อย (Evans *et al.*, 1999) และเนื่องจาก *Cordyceps* มีความจำเพาะต่อชนิดของแมลง จึงน่าจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้สารเคมี

อนุกรมวิธานของ *Cordyceps*

Cordyceps มีลำดับชั้นทางอนุกรมวิธาน (Alexopoulos *et al.*, 1996 และ Ulloa & Hanlin, 2000) ดังนี้

อาณาจักร	<i>Fungi</i>
ไฟลัม	<i>Ascomycota</i>
คลาส	<i>Pyrenomycetes</i>
ออร์เดอร์	<i>Hypocreales</i>
แฟมิลี	<i>Clavicipitaceae</i>
จีนัส	<i>Cordyceps</i>

สปีชีส์ต้นแบบ (type species) คือ *C. militaris* (Linnaeus ex St. Amans) Link มี stromata รูปร่างคล้ายกระบอง สีแดงส้ม เจริญบนตัวอ่อนหรือดักแด้ของผีเสื้อ (*Lepidoptera*) พบได้ทั่วไป (Zhishu *et al.*, 1993) สปีชีส์นี้ถูกเรียกว่า “militaris” เนื่องจากมี stromata ลักษณะตั้งตรงมองคล้ายกับทำยี่นของทหาร (Alexopoulos *et al.*, 1996)

ลักษณะโดยทั่วไปของ *Cordyceps*

stromata (Dennis, 1978; Arora, 1986; Hanlin, 1990 และ Zhishu *et al.*, 1993)

เป็นโครงสร้างที่เกิดจากการรวมตัวของเส้นใย เจริญออกมาจากแมลง แมงมุม หรือเห็ด truffle ที่ฝังอยู่ใต้ดิน อาจเกิดอยู่เดี่ยว ๆ หรือมีหลาย stromata ลักษณะอ่อนนุ่ม บางครั้งอาจพบที่มีลักษณะแข็งบ้าง แต่ก็มีความแข็งไม่มากนัก มีรูปร่างหลายแบบ ได้แก่ ทรงกระบอก (cylindric) ทรงกระบอกปลายป่อง (capitate) คล้ายกระบอง (clavate) หรือคล้ายกระบองปลายบาน เป็นต้น (รูป 1) ก้านมักจะเป็ทรงกระบอกตั้งตรง หรือโค้งงอ บางครั้งมีการแตกแขนง ส่วนที่ใช้ในการสืบพันธุ์อยู่ด้านบนลักษณะพองออกขนาดใหญ่กว่าส่วนก้าน เป็นที่เกิดของ perithecia เรียกว่า fertile part หรือ fertile head (รูป 2) รูปร่างแบบทรงกระบอกสั้น คล้ายกระบอง รูปไข่ เกือบกลม หรือมีรูปร่างไม่แน่นอน ผิวมักจะหยาบหรือเป็นปุ่มเล็ก ๆ เกิดจากส่วนของ perithecia ที่ยื่นออกมา หรือบางครั้งอาจมองเห็นเป็นหลุมเล็ก ๆ มีสีแตกต่างกันไปตั้งแต่สีขาว เหลือง ส้ม แดง ไปจนถึงสีน้ำตาลหรือดำ บางสปีชีส์ส่วนของก้านและ fertile head อาจจะมีสีแตกต่างกัน ขนาดของ stromata แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสปีชีส์ และขนาดของ host ที่เป็นแหล่งอาศัย



รูป 1 รูปร่าง stromata แบบต่างๆ

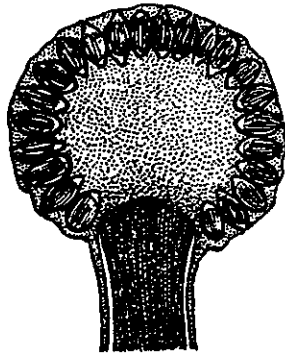
ก ทรงกระบอกปลายป่อง (capitate)

ข ทรงกระบอกแตกแขนง

ค คล้ายกระบอง (clavate)

ง คล้ายกระบองปลายบาน

(ที่มา : Shimizu & Kobayasi, 1997)



ก



ข

รูป 2 รูปร่างของ fertile head ที่มี perithecia ฝังอยู่ เมื่อตัดตามยาว

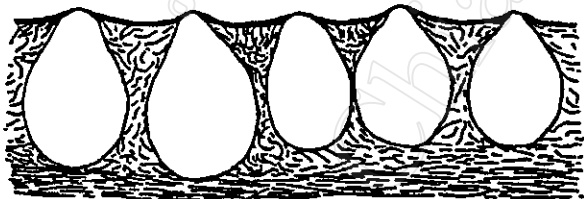
ก รูปร่างค่อนข้างกลม (subglobose)

ข รูปร่างแบบทรงกระบอก (cylindric)

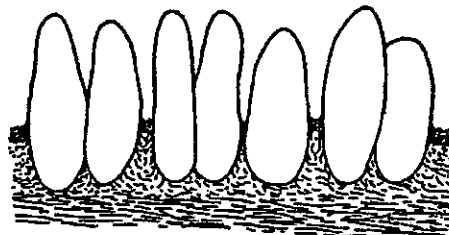
(ที่มา : Hanlin, 1990 และ Hywel-Jones, 1995b)

perithecia (Dennis, 1978; Hanlin, 1990 และ Zhishu *et al.*, 1993)

เกิดอยู่บนส่วนของ fertile head การวางตัวของ perithecia บน stromata มีทั้งแบบที่ฝังอยู่ใน stromata ทั้งหมด (immersed perithecia) และแบบที่ฝังอยู่ใน stromata เพียงบางส่วน (superficial perithecia) รูปร่างของ perithecia เป็นแบบรูปไข่ คล้ายหยดน้ำ หรือเกือบกลม ภายในตรงส่วนฐานเป็นที่เกิดของ asci จำนวนมาก ด้านบนมีช่องเปิดเรียกว่า ostioles เป็นทางออกของสปอร์ (รูป 3)



ก



ข

รูป 3 รูปแบบการวางตัวของ perithecia บน stroma

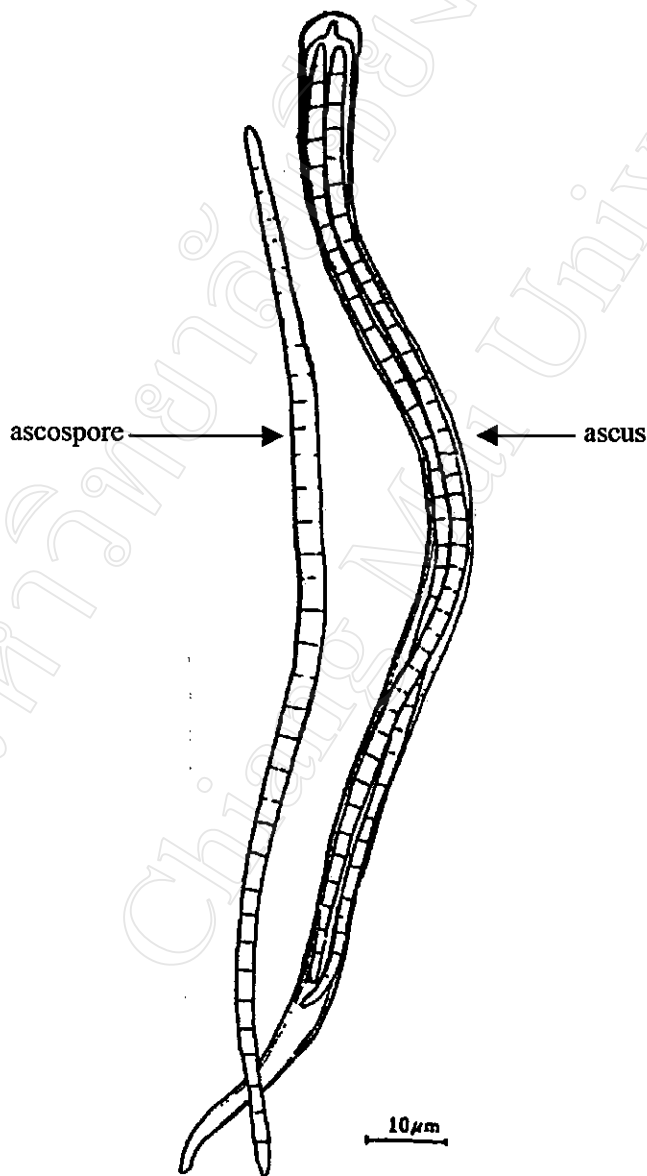
ก immersed perithecia

ข superficial perithecia

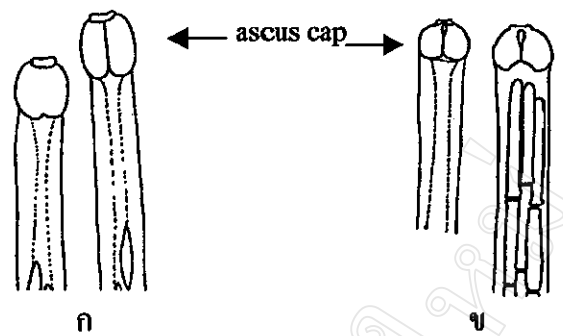
(ที่มา : Hywel-Jones, 1994)

asci (Dennis, 1978; Hanlin, 1990 และ Zhishu *et al.*, 1993)

มีลักษณะเป็นถุงทรงกระบอกยาว หรือคล้ายกระบอง โส ไม่มีสี มีผนังชั้นเดียว (unitunicate) ผิวเรียบ ภายในมี 8 ascospores เรียงตัวขนานตามความยาว (รูป 4) ส่วนปลายมี ascus cap ลักษณะผนังหนาคล้ายโคนัทหรือคล้ายหมวกปิดอยู่ มีช่องเปิด (apical pore) เล็กๆ อยู่ตรงกลางเป็นทางออกของสปอร์ รูปร่างของ ascus cap เมื่อมองทางด้านข้างจะมีทั้งที่เป็นแบบแบนกว้าง และรูปร่างกลมหรือค่อนข้างกลม (รูป 5)



รูป 4 รูปร่าง ascus และ ascospore
(ที่มา : Jianzhe *et al.*, 1987)



รูป 5 รูปร่าง ascus cap

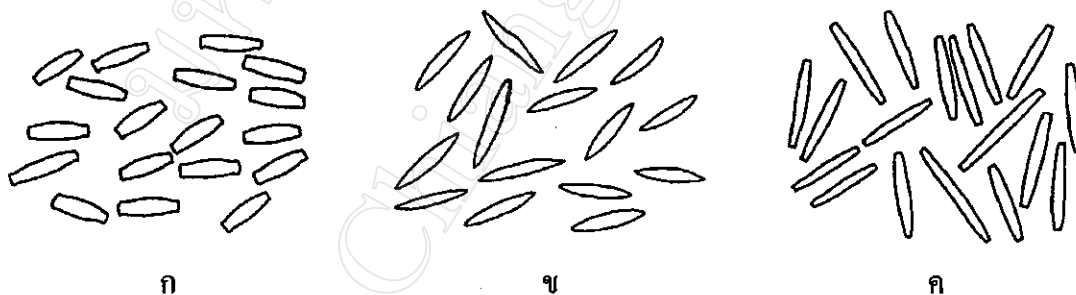
ก รูปร่างกลมหรือค่อนข้างกลม (rounded)

ข รูปร่างแบนกว้าง (flattened)

(ที่มา : Hywel-Jones, 1996)

ascospores (Dennis, 1978; Arora, 1986; Hanlin, 1990 และ Zhishu *et al.*, 1993)

ลักษณะยาวคล้ายเส้นด้าย ผิวเรียบ สีเมื่อดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ มักจะมีผนังกันหลายอัน (multiseptate) ความยาวของ ascospores ใกล้เคียงกับความยาวของ asci ส่วนมากสปอร์จะหักออกเป็นแท่งสั้น ๆ เซลล์เดียว เรียกว่า part-spores อยู่ภายใน asci บางสปีชีส์จะเกิดการหักของสปอร์หลังจากถูกปล่อยออกมาภายนอก asci แล้วเท่านั้น รูปร่างและขนาดของ part-spores จะแตกต่างกันออกไป อาจมีรูปร่างเป็นแท่งทรงกระบอกสั้น ๆ รูปร่างแบบถังเบียร์ หรือรูปร่างแบบกระสวย (รูป 6)



รูป 6 รูปร่าง part-spores

ก รูปร่างแบบถังเบียร์ (barrel-shaped)

ข รูปร่างแบบกระสวย (fusoid)

ค รูปร่างแบบทรงกระบอกปลายตัด (cylindric)

(ที่มา : Hywel-Jones, 1995c; 1996)

การศึกษาและการเก็บรวบรวม *Cordyceps*

การศึกษาเกี่ยวกับฟังไจก่อโรคในแมลง (Entomopathogenic fungi) นักวิทยาศาสตร์พบว่าตัวอย่างของฟังไจที่เก็บรวบรวมได้จากสถานที่ต่าง ๆ ส่วนใหญ่จัดอยู่ในจีนัส *Cordyceps* จากลักษณะเด่นของ *Cordyceps* ทั้งรูปร่างและสีสันทที่สะดุดตา จึงทำให้ฟังไจในจีนัสนี้เป็นที่รู้จักและใช้เป็นตัวอย่างในการอธิบายถึง Entomopathogenic fungi เสมอ ๆ ผู้ที่ศึกษา *Cordyceps* ส่วนใหญ่มักจะตรวจสอบเพื่อค้นหารายละเอียดทางด้านอนุกรมวิธานของสปีชีส์ในจีนัสนี้มากกว่าจะศึกษาเพื่อหาคุณสมบัติทางด้านอื่น ๆ โดยทั่วไปการจัดจำแนกในระดับสปีชีส์ของ *Cordyceps* จะอาศัยการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาและชนิดของ host เป็นหลัก ในการเก็บรวบรวมตัวอย่างจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องค้นหา host ที่ *Cordyceps* เจริญอยู่ว่าเป็น host ชนิดใด เนื่องจากลักษณะรูปร่างภายนอกของ stroma เพียงอย่างเดียวไม่อาจใช้แยกความแตกต่างระหว่างสปีชีส์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน และอาจเกิดความผิดพลาดในการจัดจำแนกได้ (Arora, 1986)

ในต่างประเทศได้มีผู้ศึกษาและเก็บรวบรวม *Cordyceps* หลายสปีชีส์ในสถานที่ต่าง ๆ Dennis (1978) ได้รายงานการพบและบรรยายลักษณะของ *Cordyceps* 8 สปีชีส์ ที่พบในสหราชอาณาจักรไว้ในหนังสือ *British Ascomycetes* ได้แก่ *C. canadensis*, *C. capitata*, *C. forquignoni*, *C. gracilis*, *C. militaris*, *C. ophioglossoides*, *C. sphecocephala* และ *C. tuberculata* ในจำนวนนี้มีทั้งสปีชีส์ที่เจริญบนแมลงและบนเห็ด truffle สปีชีส์ที่พบบนแมลง คือ *C. gracilis* เจริญบนตัวอ่อนของผีเสื้อ พบในระหว่างเดือนเมษายน-มิถุนายน *C. militaris* เจริญบนตัวอ่อนและดักแด้ของผีเสื้อที่ฝังอยู่ในดิน พบในช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายน *C. tuberculata* เจริญบนตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยของผีเสื้อกลางคืน สปีชีส์นี้พบทั้งในช่วงฤดูใบไม้ผลิและฤดูใบไม้ร่วง *C. forquignoni* เจริญบนแมลงวัน (ออร์เดอร์ *Diptera*) ที่เกาะอยู่ตามกิ่งไม้ และ *C. sphecocephala* เป็นสปีชีส์ที่เจริญบนตัวต่อและผึ้ง (ออร์เดอร์ *Hymenoptera*) สำหรับ *C. canadensis*, *C. capitata* และ *C. ophioglossoides* พบบน ascocarp ของเห็ด truffle จีนัส *Elaphomyces* ในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม จากการศึกษาในครั้งนี้ Dennis พบว่า *C. sphecocephala* เป็นสปีชีส์ที่พบได้ค่อนข้างยาก ต่างจาก *C. militaris* ที่มักจะพบได้ทั่วไปในสหราชอาณาจักร (Dennis, 1978) ในขณะเดียวกันก็มีรายงานการพบและบรรยายลักษณะของ *C. militaris* (Dickinson & Lucas, 1979) รวมทั้ง *C. canadensis* และ *C. ophioglossoides* (Phillips, 1983) ที่มาจากประเทศทางแถบยุโรปด้วยเช่นกัน Bramley (1985) ได้เข้าไปสำรวจและเก็บรวบรวมฟังไจจากแคว้น Yorkshire ประเทศอังกฤษ พบ *Cordyceps* 6 สปีชีส์ คือ *C. capitata*, *C. forquignoni*, *C. gracilis*, *C. militaris*, *C. ophioglossoides* และ *C. entomorrhiza* สปีชีส์

สุดท้ายนี้เป็นสปีชีส์ที่เจริญบนตัวอ่อนของด้วงและยังไม่มีเคยมีรายงานการพบมาก่อน นอกจากนี้ในอเมริกาก็มีรายงานเกี่ยวกับ *Cordyceps* เช่นกัน Arora ในปี ค.ศ.1986 ได้รายงานและจัดทำรูปวิธานของ *Cordyceps* ที่พบในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกาไว้ 12 สปีชีส์ ได้แก่ *C. capitata*, *C. clavulata*, *C. entomorrhiza*, *C. gracilis*, *C. militaris*, *C. melolanthae*, *C. myrmecophila*, *C. ophioglossoides*, *C. ravenelii*, *C. sphecocephala*, *C. unilateralis* และ *C. washingtonensis* พร้อมบรรยายลักษณะสำคัญของบางสปีชีส์ที่พบไว้ด้วย จัดเป็นครั้งแรกที่มีรายงานการพบ *Cordyceps* ที่เจริญบนมด ได้แก่ *C. myrmecophila* และ *C. unilateralis* (Arora, 1986) นอกจากนี้ในป่าแถบอเมริกาเหนือก็มีรายงานการพบและบรรยายรูปร่างลักษณะของ *C. capitata* และ *C. militaris* (Bessette & Sundberg, 1987 และ McKnight & McKnight, 1987) ไว้ในหนังสือคู่มือการเก็บเห็ดด้วยเช่นกัน

จากรายงานการพบ *Cordyceps* ทั้งในยุโรปและอเมริกา ทำให้มีผู้สนใจศึกษา *Cordyceps* มากขึ้นและมีการรายงานออกมามากขึ้นเนื่องจากหลายประเทศ เช่น Jianzhe et al. (1987) ได้รวบรวมและบรรยายลักษณะของ *Cordyceps* 6 สปีชีส์ ที่พบในประเทศจีน ได้แก่ *C. hawkesii*, *C. martialis*, *C. militaris*, *C. ophioglossoides*, *C. sinensis* และ *C. sobolifera* ส่วนใหญ่เป็นสปีชีส์ที่เจริญบนผีเสื้อทั้งในระยะตัวอ่อนและระยะดักแด้ มีเพียง *C. sobolifera* สปีชีส์เดียวเท่านั้นที่เจริญบนตัวอ่อนของจักจั่น ส่วน *C. ophioglossoides* เจริญบน ascocarp ของ *Elaphomyces* Imazeki et al. (1988) ได้ตีพิมพ์หนังสือที่เป็นภาพสีเกี่ยวกับฟังไจที่พบในประเทศญี่ปุ่น รวมทั้ง *Cordyceps* ถึง 28 สปีชีส์ ได้แก่ *C. capitata*, *C. coccidiicola*, *C. facis*, *C. ferruginosa*, *C. gracilioides*, *C. heteropoda*, *C. intermedia*, *C. japonensis*, *C. japonica*, *C. martialis*, *C. melolanthae*, *C. militaris*, *C. myrmecogena*, *C. nakazawai*, *C. neovolkiana*, *C. nutans*, *C. ophioglossoides*, *C. prolifera*, *C. purpureostromata*, *C. ramosopulvinata*, *C. roseostromata*, *C. rubiginosoperitheciata*, *C. rubrostromata*, *C. sobolifera*, *C. sphecocephala*, *C. takaomontana*, *C. tuberculata* และ *C. valvatostipitata* Samson et al. เป็นนักวิจัยอีกกลุ่มหนึ่งที่สนใจศึกษาและได้รวบรวม *Cordyceps* จากหลายประเทศ เช่น บราซิล คอสตาริกา เอกวาดอร์ แคนาดา เนเธอร์แลนด์ และอินโดนีเซีย รวมทั้งทวีปแอฟริกา ได้รายงานการพบ *Cordyceps* ไว้ 8 สปีชีส์ ได้แก่ *C. australis*, *C. curculionum*, *C. dipterigena*, *C. locustiphila*, *C. militaris*, *C. tuberculata*, *C. unilateralis* และ *C. variabilis* ในจำนวนนี้มีหลายสปีชีส์เจริญบน host ชนิดใหม่ที่ยังไม่เคยมีรายงานว่าพบ *Cordyceps* อาศัยอยู่ ได้แก่ *C. locustiphila* เจริญบนด้วงเตน *C. curculionum* และ *C. variabilis* เจริญอยู่บนแมลงปีกแข็งพวกด้วง (Samson et al., 1988) Evans (1989) ศึกษาเกี่ยวกับ *Cordyceps* ที่เจริญบนมดในเขตร้อนและพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป

ของมดเมื่อเกิดการติดเชื้อ โดยมดในกลุ่ม ponerine ant และ formicine ant ซึ่งติดเชื้อ *C. australis* และ *C. unilateralis* ตามลำดับ จะเคลื่อนที่อย่างไร้จุดหมายเมื่อถูกรบกวน โดยการไต่ขึ้นไปบนต้นพืชที่เป็นแหล่งอาหาร และแสดงอาการกระตุกของขาหน้าและหนวดไปพร้อมกัน มดเหล่านี้จะตายโดยเกาะติดแน่นกับกิ่งก้านหรือใบของพืช และพบ stromata เจริญออกมาทางช่องเปิดหรือรอยต่อระหว่างลำตัวของมด ในออสเตรเลียก็มีรายงานของ *Cordyceps* เช่นกัน คือ *C. robertsii* เป็นสปีชีส์ที่เจริญบนหนอนผีเสื้อ เก็บรวบรวมตัวอย่างได้จากบริเวณป่าฝนบนเกาะแทสมาเนีย และทางตะวันออกเฉียงใต้ (Fuhrer & Robinson, 1992) Horn *et al.* (1993) ได้จัดทำรูปวิธานของ *Cordyceps* บางสปีชีส์ที่พบในรัฐแคนซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา รูปวิธานนี้จัดจำแนก *Cordyceps* ได้ 4 สปีชีส์ คือ *C. capitata*, *C. melolonthae*, *C. militaris* และ *C. ophioglossoides* ในปี ค.ศ. 1993 Zhishu *et al.* ได้เก็บรวบรวมและจัดทำรูปวิธานของ *Cordyceps* จากมณฑล Guangdong ประเทศจีน พบ *Cordyceps* ทั้งหมด 17 สปีชีส์ คือ *C. ampullacea*, *C. arbuscula*, *C. barnesii*, *C. brasiliensis*, *C. cicadae*, *C. gunnii*, *C. imagamiana*, *C. martialis*, *C. militaris*, *C. myrmecophila*, *C. nutans*, *C. oxycephala*, *C. polyarthra*, *C. pruinosa*, *C. sphecocephala*, *C. superficialis* และ *C. tricentris* (Zhishu *et al.*, 1993) ในเวลาเดียวกัน Sung *et al.* (1993) ได้รายงานว่าพบ *C. militaris*, *C. nutans* และ *C. sphecocephala* ในประเทศเกาหลี อีก 2 ปีต่อมาก็มีรายงานจาก Sung & Hyun ที่ได้เก็บรวบรวม *Cordyceps* จากจังหวัด Kangwon ประเทศเกาหลี ในช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายน ตามออกมา การศึกษาครั้งนี้พบ *Cordyceps* 6 สปีชีส์ ในจำนวนนี้มี 3 สปีชีส์ ที่ยังไม่เคยมีรายงานว่าพบมาก่อนในประเทศเกาหลี ได้แก่ *C. scarabacicola* เจริญบนด้วงแรดในแฟมิลี Scarabaeidae *C. kyushuensis* และ *C. roseostroma* เจริญบนผีเสื้อ (Sung & Hyun, 1995) Panigrahi (1995) รายงานการพบ *C. militaris* จาก Darjeeling แถบเทือกเขาหิมาลัยระหว่างการศึกษาทางด้านนิเวศวิทยาของผีเสื้อ *Andraca bipunctata* ซึ่งเป็นศัตรูของต้นชา พบว่าบนดักแด้ของผีเสื้อชนิดนี้ที่ตกอยู่ตามพื้นดินมี *C. militaris* เจริญอยู่ และสามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปในบริเวณนี้ ป่าดั้นไม้จำพวกมะเดื่อที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติในประเทศญี่ปุ่นก็มีรายงานเกี่ยวกับ *C. militaris* เช่นกัน โดยพบบนดักแด้ของผีเสื้อ *Quadricalcarifera punctatella* (Motsch.) ที่ฝังอยู่ในดิน (Kamata *et al.*, 1997) และเมื่อไม่นานมานี้ก็มีรายงานการพบ *Cordyceps* จากทางตะวันออกเฉียงทวีปแอฟริกา คือ *C. barnesii* เจริญบนตัวอ่อนของด้วง *Cochliotus melolonthoides* ซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่เข้าทำลายระบบรากของต้นอ้อยที่ใช้ผลิตน้ำตาลในประเทศแทนซาเนีย หลังจากตัวอ่อนที่ติดเชื้อตายพบว่าภายในช่องท้องมีเส้นใยสีขาวขุ่นแล้วเปลี่ยนเป็นสีเหลืองดำ และสุดท้ายจะกลายเป็นสีแดงดำก่อนที่จะสร้าง stromata เจริญออกมาจากตัวอ่อน (Evans *et al.*, 1999)

การศึกษาและการเก็บรวบรวม *Cordyceps* ในประเทศไทย

ในประเทศไทยการศึกษาเกี่ยวกับ *Cordyceps* ยังมีไม่มากนัก Schumacher เป็นบุคคลแรก ๆ ที่ได้เข้ามาศึกษาและเก็บรวบรวม *Ascomycetes* ทางภาคเหนือของประเทศไทย ได้รายงานการพบ *Cordyceps* ไว้ด้วยเช่นกัน โดยพบเพียงสปีชีส์เดียวเท่านั้น คือ *C. nutans* เจริญบนตัวเต็มวัยของมวน ซึ่งเก็บรวบรวมได้จากป่าก่อและป่าเบญจพรรณในเขตอุทยานแห่งชาติคอยสุเทพ-ปุย ที่ความสูง 600-1200 เมตรจากระดับน้ำทะเล (Schumacher, 1982) จากรายงานการพบ *Cordyceps* ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1982 ทำให้ Hywel-Jones สนใจที่จะศึกษาและเก็บรวบรวมฟังไจที่เจริญบนแมลงรวมทั้ง *Cordyceps* ในประเทศไทย ได้รายงานการพบสปีชีส์ใหม่ที่พบเป็นครั้งแรกจากตัวอ่อนของผีเสื้อ 2 สปีชีส์ คือ *C. khaoyaiensis* และ *C. pseudomilitaris* จากอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่และเขาสามหลั่นตามลำดับ ซึ่งมีลักษณะภายนอกที่คล้ายคลึงกับ *C. vinosa* และ *C. militaris* ตามลำดับ แต่ลักษณะภายในจะแตกต่างกัน เนื่องจาก *C. khaoyaiensis* และ *C. pseudomilitaris* เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะไม่มีการแตกหักของ ascospores ไปอยู่ในรูปของ part-spores เหมือนกับ *C. vinosa* และ *C. militaris* นอกจากนี้ *C. khaoyaiensis* ยังเป็นสปีชีส์ที่พบยากอีกด้วย (Hywel-Jones, 1994) ในปีต่อมาก็พบสปีชีส์ใหม่อีกสปีชีส์หนึ่ง บนตัวอ่อนของด้วงในแฟมิลี *Elateridae* คือ *C. brunneapunctata* จากการเปรียบเทียบกับ *Cordyceps* อีก 7 สปีชีส์ที่พบบนด้วงในแฟมิลี *Elateridae* เช่นกัน ได้แก่ *C. elateridicola*, *C. gracilis*, *C. rubra*, *C. salebrosa*, *C. stylophola* และ *C. viperina* พบว่า *C. brunneapunctata* มีความแตกต่างจากสปีชีส์เหล่านี้แม้ว่าจะมีส่วนของ perithecia ขึ้นออกมาจาก stroma (superficial perithecia) และบริเวณปลายของ fertile head มีการสร้างระยะ anamorph คล้ายกับ *C. stylophola* ก็ตาม (Hywel-Jones, 1995a) ในปีเดียวกันก็พบ *C. sphecocephala* ที่เจริญบนตัวต่อและผึ้ง (Hywel-Jones, 1995b) อีกสปีชีส์ คือ *C. nutans* เจริญอยู่บนพวกมวน (Hywel-Jones, 1995c) และ *C. cylindrica* ที่เข้าไปอาศัยในแมงมุม ซึ่งเป็นรายงานการพบ *Cordyceps* สปีชีส์ที่เจริญบนแมงมุมเป็นครั้งแรกจากประเทศไทย (Hywel-Jones & Sivichi, 1995) นอกจากนี้ยังพบ *Cordyceps* อีก 2 สปีชีส์ เจริญบนตัวเต็มวัยของมดงานในแฟมิลี *Formicinae* คือ *C. cf. myrmecophila* และ *C. irangiensis* ทั้ง 2 สปีชีส์นี้พบในแหล่งอาศัยเดียวกัน และมีลักษณะภายนอกที่คล้ายกัน จึงไม่สามารถที่จะแยกความแตกต่างได้จากการตรวจสอบลักษณะภายนอกที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเพียงอย่างเดียว การจัดจำแนกต้องอาศัยการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยรูปร่างของ part-spores เป็นลักษณะสำคัญที่ทำให้เห็นความแตกต่างของ 2 สปีชีส์นี้ เนื่องจาก part-spores ของ *C. irangiensis* มีรูปร่างแบบกระสวย ส่วน part-spores ของ *C. cf. myrmecophila* เป็นแท่งทรงกระบอกปลายตัด (Hywel-Jones, 1996)

นอกจากนี้ยังพบ *Cordyceps* อีกหลายสปีชีส์ที่ยังไม่เคยมีรายงานจากประเทศไทย มาก่อน จากการศึกษาความหลากหลายของ tropical macrofungi ในประเทศไทย โดย Chalermpongse ในปี ค.ศ. 1997 พบว่าส่วนใหญ่เป็นพวก *Ascomycetes* สามารถจัดจำแนกออกได้เป็น 4 คลาส 46 ออร์เดอร์ 264 แฟมิลี 3,266 จินัส 32,267 สปีชีส์ ในจำนวนนี้มีจินัส *Cordyceps* 3 สปีชีส์ คือ *C. militaris*, *C. capitata* และ *C. ophioglossides* ซึ่งเคยมีรายงานการพบจากหลายแห่งในต่างประเทศ แต่เป็นครั้งแรกที่พบในประเทศไทย (Chalermpongse, 1997) เช่นเดียวกับ Li *et al.* ที่ได้สำรวจและเก็บรวบรวมฟังไจที่เจริญบนแมลง (insect fungi) จากอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ พบว่าเป็นฟังไจในจินัส *Cordyceps* ถึง 8 สปีชีส์จากทั้งหมด 32 สปีชีส์ ใน 11 จินัส คือ *C. cf. acicularis*, *C. irangiensis*, *C. cf. martialis*, *C. myrmecophila*, *C. nelomboidico*, *C. pseudollodii*, *C. sphecocephala* และ *C. tuberculata* ในจำนวนนี้มีหลายสปีชีส์ที่พบเป็นครั้งแรกประเทศไทย ได้แก่ *C. cf. acicularis*, *C. cf. martialis* และ *C. tuberculata* เจริญอยู่บนผีเสื้อ *C. pseudollodii* เจริญบนมด และ *C. nelomboidico* เจริญบนแมงมุม (Li *et al.*, 1999)

จากการพบ *Cordyceps* หลายสปีชีส์ในประเทศไทย อาจเป็นไปได้ว่าบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ซึ่งยังคงมีพื้นที่ป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์จะมี *Cordyceps* อีกหลายสปีชีส์ที่ยังไม่ถูกค้นพบ ถึงแม้ว่าจะมีเพียงสปีชีส์เดียวที่เคยมีรายงานการพบจากอุทยานแห่งนี้นี้ก็ตาม

จากการศึกษาและเก็บรวบรวม *Cordyceps* จากแหล่งต่าง ๆ สรุปได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 สรุปรายงานการพบ *Cordyceps* จากแหล่งต่าง ๆ และชนิดของ host ที่เป็นแหล่งอาศัย

ลำดับ	<i>Cordyceps</i>	host *	แหล่งที่พบ	ผู้รายงาน
1	<i>C. cf. acicularis</i>	ผีเสื้อ	ไทย	Li <i>et al.</i> , 1999
2	<i>C. ampullacea</i>	ด้กแด้ผีเสื้อ	Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
3	<i>C. arbuscular</i>	ตัวอ่อนของด้วง	Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
4	<i>C. australis</i>	มด (<i>Paltohyreus</i> sp.)	แอฟริกา	Somson <i>et al.</i> , 1988
5	<i>C. barnesii</i>	ตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยของด้วง	Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
		ตัวอ่อนของด้วง	แทนซาเนีย	Evans <i>et al.</i> , 1999
6	<i>C. brasiliensis</i>	ตัวอ่อนของด้วง	Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
7	<i>C. brunneapunctata</i>	ตัวอ่อนของด้วงคืด	ไทย	Hywel-Jones, 1995a

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับ	<i>Cordyceps</i>	Host *	แหล่งที่พบ	ผู้รายงาน
8	<i>C. canadensis</i>	เห็ด truffle (<i>Elaphomyces</i>)	สหราชอาณาจักร ยุโรป	Dennis, 1978 Phillips, 1983
9	<i>C. capitata</i>	เห็ด truffle (<i>Elaphomyces</i>)	สหราชอาณาจักร อังกฤษ สหรัฐอเมริกา แคนซัส/ สหรัฐอเมริกา	Dennis, 1978 Bramley, 1985 Arora, 1986 Horn <i>et al.</i> , 1993
10	<i>C. cicadae</i>	ตัวอ่อนจักจั่น	Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
11	<i>C. clavulata</i>	เพลี้ยหอย	สหรัฐอเมริกา	Arora, 1986
12	<i>C. coccidiicola</i>	แมลงวัน	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
13	<i>C. curculionun</i>	ตัวเต็มวัยของด้วงงวง	บราซิล	Samson <i>et al.</i> , 1988
14	<i>C. cylindica</i>	แมลงมุม	ไทย	Hywel-Jones & Sivichi, 1995
15	<i>C. dipterigena</i>	แมลงวันหัวบุบ	อินโดนีเซีย	Samson <i>et al.</i> , 1988
16	<i>C. entomorrhiza</i>	ตัวอ่อนของด้วง	อังกฤษ สหรัฐอเมริกา	Bramley, 1985 Arora, 1986
17	<i>C. facis</i>	ตัวอ่อนของด้วง	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
18	<i>C. ferruginosa</i>	ตัวอ่อนของด้วง	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
19	<i>C. forquignoni</i>	แมลงวัน	สหราชอาณาจักร อังกฤษ	Dennis, 1978 Bramley, 1985
20	<i>C. graciliodes</i>	ตัวอ่อนของด้วง	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
21	<i>C. gracilis</i>	หนอนผีเสื้อ	สหราชอาณาจักร อังกฤษ สหรัฐอเมริกา	Dennis, 1978 Bramley, 1985 Arora, 1986
22	<i>C. gunnii</i>	หนอนผีเสื้อ	Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
23	<i>C. hawkesii</i>	หนอนผีเสื้อ	จีน	Jianzhe <i>et al.</i> , 1987
24	<i>C. heteropoda</i>	ตัวอ่อนจักจั่น	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
25	<i>C. imagamiana</i>	ตัวเต็มวัยผีเสื้อ	Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับ	<i>Cordyceps</i>	Host *	แหล่งที่พบ	ผู้รายงาน
26	<i>C. intermedia</i>	เห็ด truffle (<i>Elaphomyces</i>)	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
27	<i>C. irangiensis</i>	มด	ไทย	Hywel-Jones, 1996
			ไทย	Li <i>et al.</i> , 1999
28	<i>C. japonensis</i>	ตัวต่อ	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
29	<i>C. japonica</i>	เห็ด truffle (<i>Elaphomyces</i>)	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
30	<i>C. khaoyaiensis</i>	หนอนผีเสื้อ	ไทย	Hywel-Jones, 1994
31	<i>C. kyushnensis</i>	หนอนผีเสื้อกลางคืน	Kangwon/เกาหลี	Sung & Hyun, 1995
32	<i>C. locustiphila</i>	ด้งแตนหนวดยักษ์	เอ็กวาดอร์	Samson <i>et al.</i> , 1988
33	<i>C. martialis</i>	ด้งแค้ผีเสื้อ	จีน	Jianzhe <i>et al.</i> , 1987
			ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
			Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
34	<i>C. cf. martialis</i>	ด้งแค้ผีเสื้อ	ไทย	Li <i>et al.</i> , 1999
35	<i>C. melolonthae</i>	ตัวอ่อนของด้ง	สหรัฐอเมริกา	Arora, 1986
			แคนซัส/	Horn <i>et al.</i> , 1993
			สหรัฐอเมริกา	
			ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
36	<i>C. militaris</i>	หนอนหรือด้งแค้ผีเสื้อ	สหราชอาณาจักร	Dennis, 1978
			ยุโรป	Dickinson & Lucas, 1979
			อังกฤษ	Bramley, 1985
			สหรัฐอเมริกา	Arora, 1986
			อเมริกาเหนือ	Bessette & Sundberg, 1987
				McKnight & McKnight, 1987
			จีน	Jianzhe <i>et al.</i> , 1987
			เนเธอร์แลนด์	Samson <i>et al.</i> , 1988
			เกาหลี	Sung <i>et al.</i> , 1993

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับ	<i>Cordyceps</i>	host *	แหล่งที่พบ	ผู้รายงาน
			Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
			แคนซัส/ สหรัฐอเมริกา	Horn <i>et al.</i> , 1993
			Darjeeling/ เทือกเขาหิมาลัย	Panigrahi, 1995
			Kangwon/เกาหลี	Sung & Hyun, 1995
			ไทย	Chalermpongse, 1997
			ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
				Kamata <i>et al.</i> , 1997
37	<i>C. myrmecogena</i>	ตัวต่อ	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
38	<i>C. myrmecophila</i>	มด	สหรัฐอเมริกา	Arora, 1986
			Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
			ไทย	Li <i>et al.</i> , 1999
39	<i>C. cf. myrmecophila</i>	มด	ไทย	Hywel-Jones, 1996
40	<i>C. nakazawai</i>	คักแค้ผีเสื้อ	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
41	<i>C. nelomboidico</i>	แมงมุม	ไทย	Li <i>et al.</i> , 1999
42	<i>C. neovolkiana</i>	ตัวอ่อนของด้วง	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
43	<i>C. nutans</i>	มวน	ไทย	Schumacher, 1982
			ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
			เกาหลี	Sung, 1993
			Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
			ไทย	Hywel-Jones, 1995c
			Kangwon/เกาหลี	Sung & Hyun, 1995
44	<i>C. ophioglossoides</i>	เห็ด truffle (<i>Elaphomyces</i>)	สหราชอาณาจักร	Dennis, 1978
			ยุโรป	Phillips, 1983
			อังกฤษ	Bramley, 1985
			สหรัฐอเมริกา	Arora, 1986

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับ	<i>Cordyceps</i>	host *	แหล่งที่พบ	ผู้รายงาน
			จีน	Jianzhe <i>et al.</i> , 1987
			ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
			แคนซัส/ สหรัฐอเมริกา	Horn <i>et al.</i> , 1993
45	<i>C. oxycephala</i>	ตัวต่อ	Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
46	<i>C. polyarthra</i>	ดักแด้ผีเสื้อ	Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
47	<i>C. prolifera</i>	ตัวอ่อนจิกจั่น	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
48	<i>C. pruinosa</i>	รังไหมหรือดักแด้ ผีเสื้อ	Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
49	<i>C. pseudollodii</i>	มด	ไทย	Li <i>et al.</i> , 1999
50	<i>C. pseudomilitaris</i>	หนอนผีเสื้อ	ไทย	Hywel-Jones, 1994
51	<i>C. purpureostromata</i>	ตัวอ่อนของด้วง	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
52	<i>C. ramosopulvinata</i>	ตัวอ่อนจิกจั่น	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
53	<i>C. ravenelii</i>	ตัวอ่อนของด้วง	สหรัฐอเมริกา	Arora, 1986
54	<i>C. robertsii</i>	หนอนผีเสื้อ	ออสเตรเลีย	Fuhrer & Robinson, 1992
55	<i>C. roseostroma</i>	หนอนหรือดักแด้ ผีเสื้อ	Kangwon/เกาหลี	Sung & Hyun, 1995
56	<i>C. roseostromata</i>	ตัวอ่อนของด้วง	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
57	<i>C. rubiginosoperitheciata</i>	ตัวอ่อนของด้วง	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
58	<i>C. rubrostromata</i>	ตัวอ่อนของด้วง	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
59	<i>C. scarabacicola</i>	ตัวเต็มวัยด้วงแรด	Kangwon/เกาหลี	Sung & Hyun, 1995
60	<i>C. sinensis</i>	หนอนผีเสื้อ	จีน	Jianzhe <i>et al.</i> , 1987
61	<i>C. sobolifera</i>	ตัวอ่อนจิกจั่น	จีน	Jianzhe <i>et al.</i> , 1987
			ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
62	<i>C. sphecocephala</i>	ตัวต่อและผึ้ง	สหราชอาณาจักร	Dennis, 1978
		ตัวต่อ	สหรัฐอเมริกา	Arora, 1986
			ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988

ตาราง 1 (ต่อ)

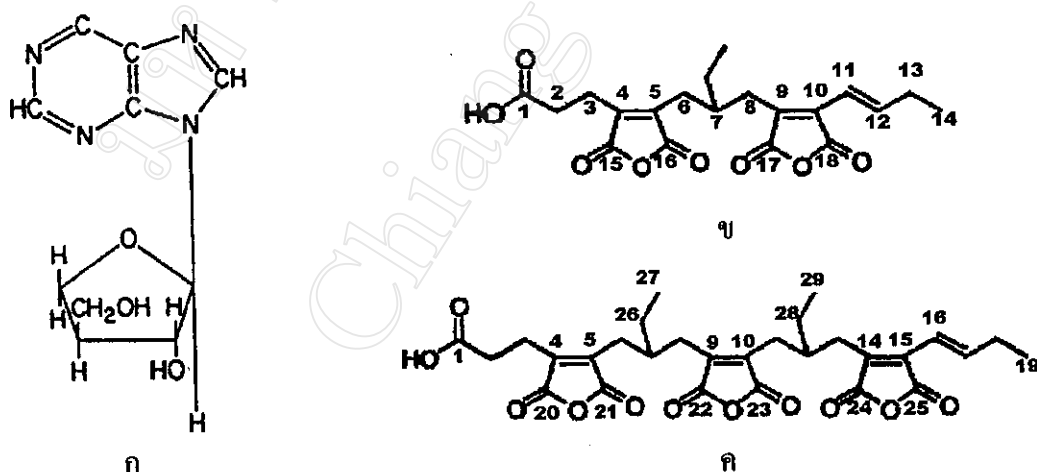
ลำดับ	<i>Cordyceps</i>	Host *	แหล่งที่พบ	ผู้รายงาน
			Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
			ไทย	Hywel-Jones, 1995b
			Kangwon/เกาหลี	Sung & Hyun, 1995
			ไทย	Li <i>et al.</i> , 1999
63	<i>C. superficialis</i>	ตัวอ่อนของค้าง	Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
64	<i>C. takaomontana</i>	ดักแด้ผีเสื้อ	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
65	<i>C. tricentris</i>	ตัวเต็มวัยจักจั่น	Guangdong/จีน	Zhishu <i>et al.</i> , 1993
66	<i>C. tuberculata</i>	ดักแด้ผีเสื้อกลางคืน	สหราชอาณาจักร	Dennis, 1978
		ตัวเต็มวัยผีเสื้อกลางคืน	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
			อินโดนีเซีย	Samson <i>et al.</i> , 1988
			ไทย	Li <i>et al.</i> , 1999
67	<i>C. unilateralis</i>	มด	สหรัฐอเมริกา	Arora, 1986
		มด (<i>Camponotus</i> spp., <i>Polyrhachis</i> spp.)	คอซตาริกา	Somson <i>et al.</i> , 1988
68	<i>C. valvatostipitata</i>	เห็ด truffle (<i>Elaphomyces</i>)	ญี่ปุ่น	Imazeki <i>et al.</i> , 1988
69	<i>C. variabilis</i>	ตัวอ่อนของด้วงคืด	แคนาดา	Samson <i>et al.</i> , 1988
70	<i>C. washingtonensis</i>	หนอนหรือดักแด้ผีเสื้อ	สหรัฐอเมริกา	Arora, 1986
*	ออร์เดอร์ <i>Coleoptera</i>	: ค้าง		
	ออร์เดอร์ <i>Diptera</i>	: แมลงวัน		
	ออร์เดอร์ <i>Hemiptera</i>	: มวน		
	ออร์เดอร์ <i>Homoptera</i>	: จักจั่น เพลี้ยหอย		
	ออร์เดอร์ <i>Hymenoptera</i>	: ต่อ ผึ้ง มด		
	ออร์เดอร์ <i>Orthoptera</i>	: ตั๊กแตน		
	ออร์เดอร์ <i>Lepidoptera</i>	: ผีเสื้อ		

การเพาะเลี้ยงเชื้อบริสุทธิ์ และการผลิตสารต่าง ๆ จาก *Cordyceps*

โดยทั่วไปฟังไจที่เป็นพาราสิตจะเจริญและสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์อย่างอิสระบน host ที่เป็นแหล่งอาศัย อย่างไรก็ตามมีหลายชนิดที่นำมาเพาะเลี้ยงให้เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ (Deverall, 1971) รวมทั้ง *Cordyceps* ดังจะเห็นได้จากการทดลองของ Wang (1989) ที่ได้ทดลองเพาะเลี้ยง *Cordyceps* 7 สปีชีส์ ได้แก่ *C. aphodii*, *C. gracillis*, *C. memorabilis*, *C. militaris*, *C. sobolifera*, *C. sphingum* และ *Cordyceps* sp. โดยใช้ ascospores พบว่า *Cordyceps* ทุกสปีชีส์เจริญได้ดีในอาหาร potato dextrose agar จากผลการทดลองดังกล่าวจึงได้มีผู้เลี้ยงเห็นประโยชน์จากเชื้อบริสุทธิ์ของ *Cordyceps* มากขึ้น จึงได้ทดลองเลี้ยง *Cordyceps* สปีชีส์ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เช่น Sung *et al.* (1993) นำ stroma ของ *Cordyceps* 2 สปีชีส์ คือ *C. militaris* และ *C. nutans* วางบนฝาจานเพาะเชื้อและติดด้วยเทปกาว แล้วคว่ำลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร water agar เพื่อแยกเชื้อบริสุทธิ์ของ *Cordyceps* ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมงสปอร์จะงอก หลังจากนั้นย้ายสปอร์ที่งอกไปเพาะเลี้ยงต่อบนอาหาร potato dextrose agar พบว่าเส้นใยบริสุทธิ์ของ *Cordyceps* เจริญได้ดีบนอาหารชนิดนี้ นอกจากวิธีข้างต้นแล้วยังได้ทดลองเพาะเลี้ยงเส้นใยบนอาหารที่ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 5 กรัม แป้งข้าวสาลี 5 กรัม ผสมกับน้ำ 100 มิลลิลิตร พบว่าเส้นใยจะเจริญได้ดี และสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์ด้วย แต่จะเป็นโครงสร้างสืบพันธุ์ที่ไม่สมบูรณ์ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Hywel-Jones (1994) ที่ได้นำ *C. khaoyaiensis* และ *C. pseudomilitaris* ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคในตัวอ่อนของผีเสื้อ มาเพาะบนอาหาร potato dextrose agar ที่อุณหภูมิ 22 °C ในที่มีด พบว่าเส้นใยบริสุทธิ์สามารถเจริญได้เช่นเดียวกัน แต่ไม่พบการสร้าง ascospore และได้รายงานว่เส้นใยที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นระยะ anamorph ชื่อ *Hirsutella* sp. การศึกษาครั้งต่อมาพบว่า *C. nutans* เจริญได้ไม่นานบนอาหาร potato dextrose agar และมีระยะ anamorph ชื่อ *Hymenostilbe nutans* (Hywel-Jones, 1995c) ปีเดียวกัน Sung *et al.* (1995) ได้ศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง *Cordyceps* 6 สปีชีส์ คือ *C. militaris*, *C. roseostromata*, *C. kyushuensis*, *C. scarabaeicola*, *C. nutans* และ *C. sphecocephala* พบว่าเส้นใยของทุกสปีชีส์เจริญได้ดีบนอาหาร potato dextrose agar ที่อุณหภูมิ 20 °C ที่ pH แตกต่างกันออกไป จากการศึกษาของ Hodge *et al.* (1996) ที่ได้นำ ascospore ของ *C. subsessilis* มาเพาะเลี้ยงจนได้เส้นใยในระยะ anamorph พบว่ามีลักษณะและคุณสมบัติเหมือนกับ *Tolytocladium inflatum* ซึ่งเป็นฟังไจในดินชนิดหนึ่ง จึงสรุปว่า *T. inflatum* เป็นระยะ anamorph ของ *C. subsessilis* เนื่องจากจะพบ *Cordyceps* ส่วนใหญ่เจริญอยู่บนซากของแมลงซึ่งอาจต้องการสารอาหารบางอย่างจากแมลงในการเจริญเติบโต Sung (2000) จึงได้เกิดแนวความคิดที่จะทดลองเลี้ยง *C. militaris* ในอาหาร

ที่มีข้าวและคักแด้ของแมลงเป็นส่วนประกอบ พบว่าหลังจากการเพาะเชื้อเป็นเวลา 60 วัน จะมีการสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์ที่มี perithecia เกิดอยู่บน stroma ซึ่งสร้างอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ และสามารถสังเกตเห็น asci จำนวนมากถูกปล่อยออกมาจาก perithecia ภายใต้อกล้องจุลทรรศน์

นอกจากจะเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วเชื้อบริสุทธิ์ของ *Cordyceps* ยังมีประโยชน์ในการสร้างสารเมตาโบไลต์หลายชนิด เป็นต้นว่า cordycepin หรือ 3'-deoxyadenosine (รูป 7 ก) สร้างโดย *C. militaris* เป็นสารที่มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ (Ainsworth, 1971) และยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางชีวภาพในการต่อต้านการเกิดเนื้องอก (antitumor activities) ได้อีกด้วย (Chang & Hayes, 1978) สาร polysaccharide (CS-F30) ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเส้นใย *C. sinensis* ในอาหารเหลว มีคุณสมบัติช่วยลดระดับ cholesterol ในเลือดได้ (Kiho *et al.*, 1996) สาร rythrostominone, deoxyerythrostominone, 4-O-methyl erythrostominone, epierythrostominol, deoxyerythrostominol และ 3,5,8-trihydroxy-6-methoxy-295-oxohexa-1,3-dienyl-1,4-naphthoquinone ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในกลุ่ม naphthoquinones สร้างโดย *C. unilateralis* BCC 1869 ที่เลี้ยงในอาหาร potato dextrose broth สารประกอบทั้ง 6 ชนิดนี้มีผลในการต่อต้านเชื้อสาเหตุโรคมาลาเรีย *Plasmodium falciparum* (Kittakoop *et al.*, 1999) นอกจากนี้ *Cordyceps* บางสปีชีส์ยังมีความสามารถในการสร้างสารประกอบชนิดใหม่อีกด้วย เช่น *C. pseudomilitaris* สร้างสาร cordyanhydrides A และ B (รูป 7 ข และ ค) สารประกอบทั้งสองชนิดนี้จัดเป็นสารที่พบได้ยากในธรรมชาติ (Isaka *et al.*, 2000)



รูป 7 สารเมตาโบไลต์ที่สร้างโดย *Cordyceps*

ก cordycepin (3'-deoxyadenosine)

ข cordyanhydrides A

ค cordyanhydrides B

ความรู้เกี่ยวกับอุทยานแห่งชาติคอยสุเทพ-ปุย (กรมป่าไม้, 2539)

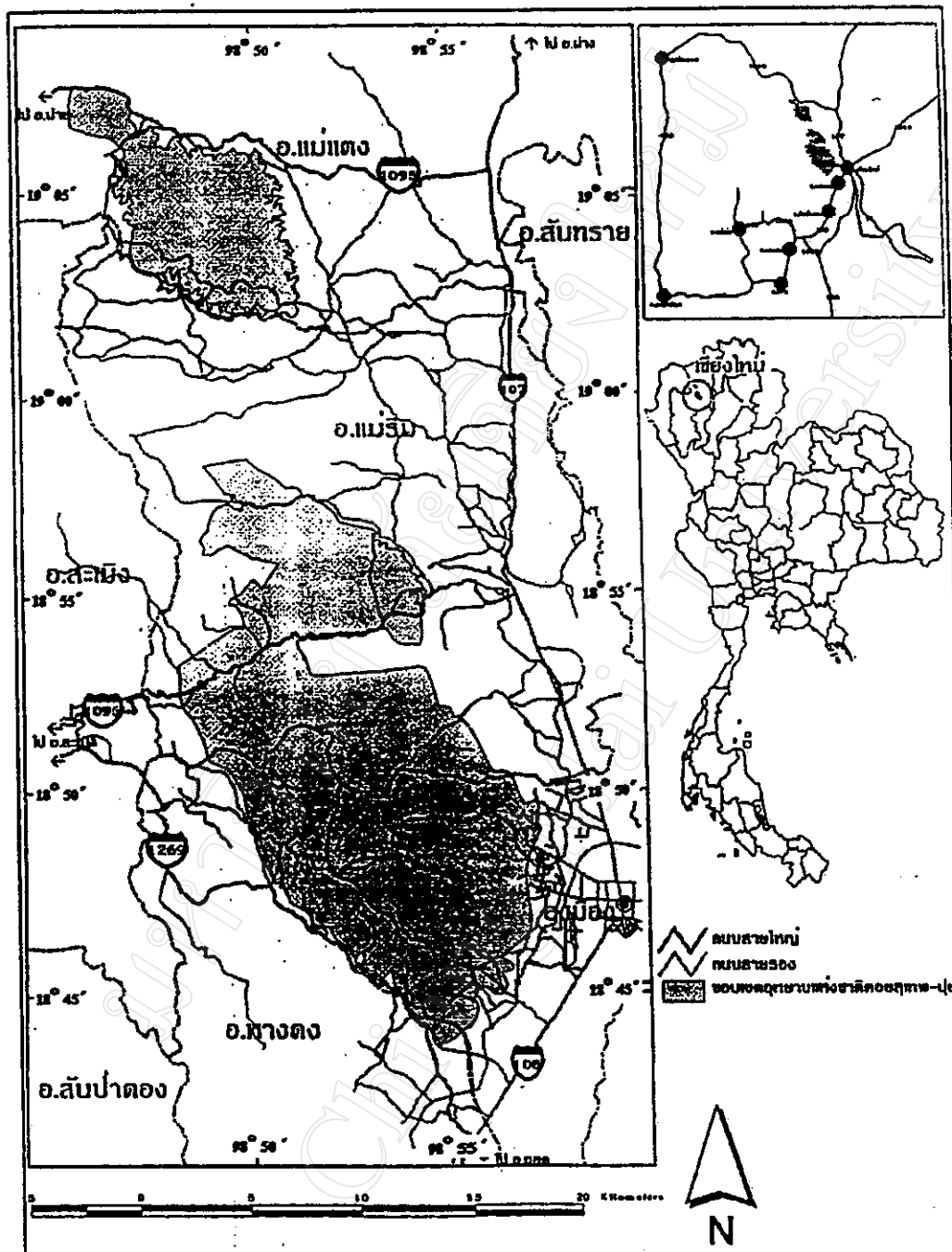
อุทยานแห่งชาติคอยสุเทพ-ปุย ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ห่างจากตัวเมืองไปทางทิศตะวันตกประมาณ 5 กิโลเมตร อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ $18^{\circ}43'$ ถึง $18^{\circ}54'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $101^{\circ}05'$ ถึง $101^{\circ}50'$ ตะวันออก ได้รับการประกาศให้เป็นอุทยานแห่งชาติตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 นับเป็นอุทยานแห่งชาติแห่งที่ 22 ของประเทศ ครอบคลุมท้องที่อำเภอเมือง อำเภอแมริม และอำเภอหางดง มีพื้นที่ 100,662.50 ไร่ ต่อมาในปี พ.ศ. 2525 ได้มีพระราชกฤษฎีกายกขยายขอบเขตอุทยานแห่งชาติคอยสุเทพ-ปุย เข้าไปในพื้นที่ตำบลสบเปิง อำเภอแม่แตง และตำบลแม่แรม ตำบลโป่งแยง อำเภอแมริม โดยส่วนที่ผนวกเข้ามาใหม่มีพื้นที่ 62,500 ไร่ รวมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 163,162.50 ไร่ หรือ 262.50 ตารางกิโลเมตร (รูป 8) ประกอบด้วยป่าที่อุดมสมบูรณ์ เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร มีแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่สวยงามหลายแห่ง อีกทั้งมีสถานที่สำคัญทางศาสนาและทางประวัติศาสตร์ คือ วัดพระธาตุดอยสุเทพวรรมหาวิหาร และพระตำหนักภูพิงคราชนิเวศน์

ภูมิประเทศ

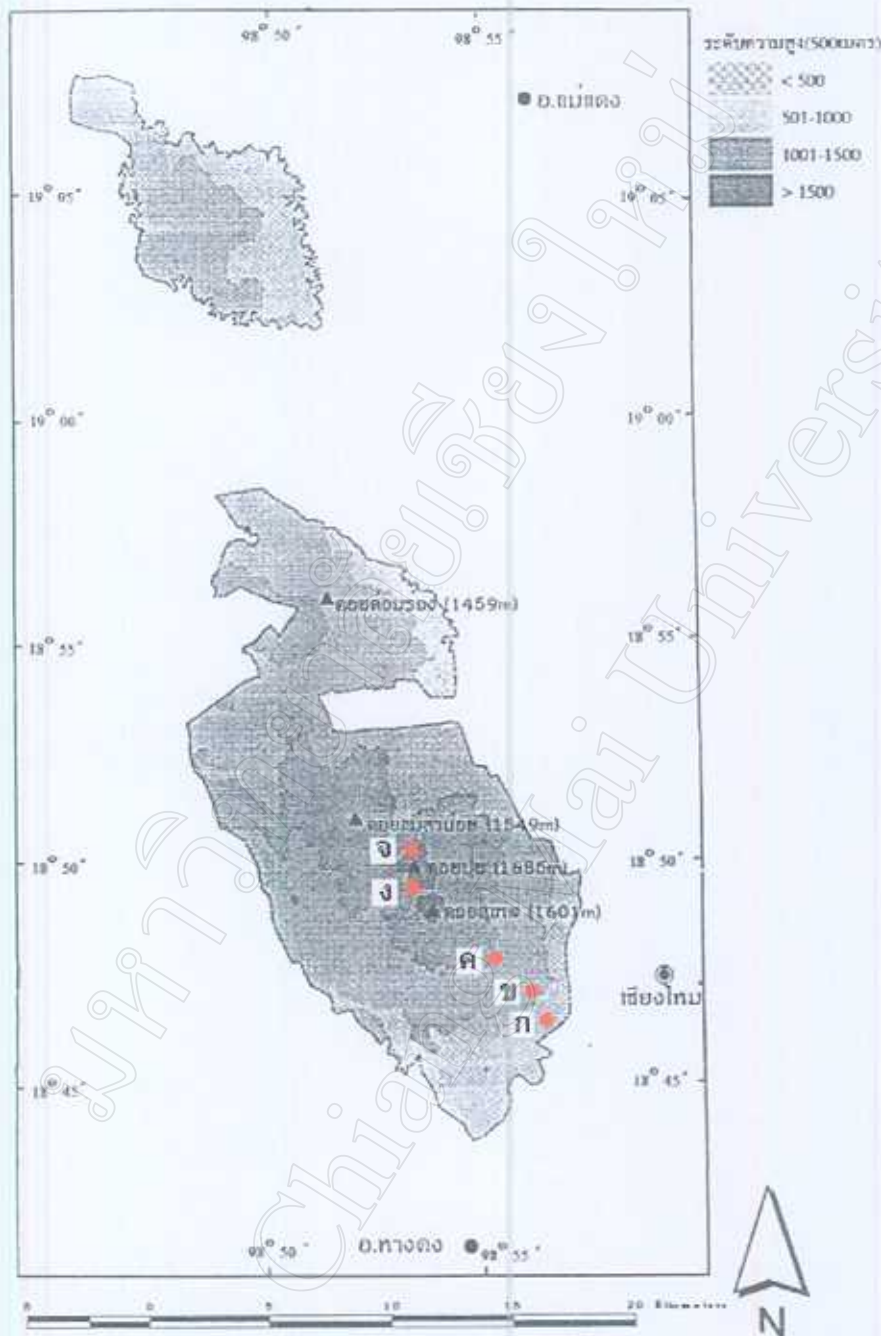
สภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน ประกอบด้วยหินหลายชนิด ได้แก่ หินแกรนิต ควอตไซต์ ไมกา และหินทราย พื้นที่มีระดับความสูงอยู่ระหว่าง 330-1,685 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ยอดเขาที่สำคัญ คือ คอยปุย คอยบวกห้า และคอยสุเทพ มีคอยปุยเป็นยอดเขาที่สูงที่สุด มีความสูง 1,658 เมตร จากระดับน้ำทะเล นอกจากนี้ยังมีคอยค่อมร่อง คอยแม่ลวด และคอยป่าสาบหลวง ในเขตอำเภอแมริม สำหรับพื้นที่อุทยานแห่งชาติในเขตอำเภอแม่แตงที่ผนวกเข้ามาใหม่มีพื้นที่ไม่สูงชันเหมือนคอยสุเทพและคอยปุย (รูป 9) ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงเชื่อมติดต่อกันจึงเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญ ได้แก่ ลุ่มน้ำแม่สาว แม่ริม แม่แรม และแม่สา อยู่ทางทิศตะวันออกของอุทยาน ไหลลงสู่แม่น้ำปิงในเขตอำเภอแมริม ลุ่มน้ำสุเทพอยู่ทางทิศใต้ ลุ่มน้ำแม่มาไทร แม่ท่าช้าง อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และไหลลงสู่แม่น้ำปิงในอำเภอหางดง เป็นต้น

ภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบฝน หรือเมืองร้อนเฉพาะฤดู หรือแบบทุ่งหญ้าเมืองร้อนในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะมีอากาศชุ่มชื้น และฝนตกตลอดฤดู อุณหภูมิอยู่ระหว่าง $16.5-23.3$ องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $56.7-89.3$ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่อนข้างชุ่มชื้น และเนื่องจากพื้นที่ป่าเป็นยอดเขาสูง อากาศจึงเย็นสบายตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 16 องศาเซลเซียส ฤดูหนาวอากาศหนาวจัด ในฤดูฝนอากาศเย็นและชื้น ฝนตกมากที่สุดในเดือนสิงหาคมและกันยายน



รูป 8 แผนที่แสดงที่ตั้งและอาณาเขตของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย
(ที่มา : ฝ่ายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนา
ประเทศไทย, 2540)



รูป 9 แผนที่แสดงระดับความสูงและจุดสำรวจในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย
ก สวนสัตว์เชียงใหม่ ข น้ำตกวังบัวบาน ค น้ำตกมณฑาธาร
ง ห้วยคอกม้า จ บ้านมิ่งช้างเตียน
(ที่มา : ฝ่ายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนา
ประเทศไทย, 2540)

ทรัพยากรธรรมชาติ (กรมป่าไม้, 2539)

จากลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศที่มีความหลากหลาย ทำให้บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย มีสภาพของสังคมพืชหลายชนิดแตกต่างกันไปในแต่ละระดับความสูงได้แก่

1. ป่าผสมผลัดใบ

ป่าผสมผลัดใบ เป็นป่าที่อยู่ตามที่ราบเชิงเขา หรือบริเวณที่มีระดับต่ำ มีพื้นที่ประมาณ 47 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 18 ของพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ ป่าบริเวณน้ำตกวังบัวบาน สวนสัตว์เชียงใหม่ ลงมาจนถึงมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พันธุ์ไม้ที่พบมากในป่านี้ ได้แก่ ไม้สัก แดง ประดู่ รกฟ้า สมอไทย ตะคร้อ ตีนนก มะกอกเกลื่อน ดั้ว ยอป่า และก่อกชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีไม้ไผ่ขึ้นผสมอยู่หลายชนิด รวมทั้งกล้วยไม้ในสกุล หวายช้าง กุหลาบ และเข็ม เป็นต้น

2. ป่าเต็งรัง

ป่าเต็งรังจะอยู่ต่ำกว่า 800 เมตร จากระดับน้ำทะเลลงมา แต่อยู่ในระดับสูงกว่าป่าผสมผลัดใบ มีพื้นที่ประมาณ 50 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 19 ของพื้นที่ป่าทั้งหมด ป่าโดยทั่วไปเป็นป่าโปร่ง ได้แก่ ป่าบริเวณน้ำตกมณฑาธาร พันธุ์ไม้ที่สำคัญ ได้แก่ เหียง พลวง เต็งรัง พะยอม แข็งกวาง และมีไม้ก่อกหลายชนิดผสมอยู่เช่น ก่อแพะ ก่อค้าง และก่อหนู เป็นต้น

3. ป่าดิบชื้น

ป่าดิบชื้นอยู่ค่อนข้างสูง ระดับความสูง 600 เมตรจากระดับน้ำทะเลขึ้นไป ส่วนมากจะอยู่ตามลำห้วยที่มีความชุ่มชื้น ได้แก่ ป่าโป่งแยง และสะเมิง ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ในวงศ์ก่อ ได้แก่ ก่อไม้ ก่อแป้น ก่อตลับ ก่อมัน ก่อเดือย ก่อค้าง ไม้ที่มีขนาดใหญ่ในป่านี้ ได้แก่ ยางป่า จำปีป่า มณฑาคอย สารภีคอย ทะโล้ และมะหวน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีไม้หายาก เช่น ไม้หอม อบเชย และพญาไม้ พืชที่ชอบขึ้นอยู่ตามริมห้วย ได้แก่ ทองลวด บ่อเต้า เดือยน้ำ และกล้วยป่า พืชยี่เกาะที่พบ ได้แก่ ข้าหลวงหลังลาย ชายผ้าสีดา ตามพื้นล่างของป่ามักจะพบพวกกุศ และเฟิร์น

4. ป่าดิบเขา

ป่าดิบเขาเป็นป่าส่วนใหญ่ เมื่อรวมกับป่าดิบชื้นจะมีพื้นที่ประมาณ 50 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 20 ของพื้นที่ทั้งหมด อยู่ในระดับความสูง 1,000 เมตรขึ้นไป ได้แก่ ป่าบริเวณห้วยคอกม้า บ้านม้งช้างเถียน พันธุ์ไม้ที่สำคัญในป่าดิบเขาได้แก่ ไม้ในวงศ์ก่อ ซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น ก่อแป้น ก่อเดือย ก่อแดง ก่อดำ ก่อหนู ก่อค้าง และก่อแหลม เป็นต้น ไม้อื่นๆ ที่สำคัญ

ได้แก่ ไม้ทะโล้ ชุนไม้ กำยาน อบเชย กำลั้งเสือโคร่ง สลีนก แข็งกวาง เหมือด พิกุลป่า และ มะขามป้อม ไม้พื้นล่างขนาดเล็กที่พบ ได้แก่ กุหลาบป่า อ้าหลวง เข็มขาว เข็มแดง รองเท้านารี และไม้กระถินโรง เป็นต้น รวมทั้งพวกมอส เฟิร์น และฟอยลมเกาะอยู่บนต้นไม้

5. ป่าสนเขา

ป่าสนเขามีการกระจายเป็นหย่อมเล็ก ๆ ตามบริเวณที่สูง โดยเฉพาะตามสันเขามีพื้นที่เพียง 4.88 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.86 ของพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ บริเวณยอดคอยุ่ คอยบวกห้า ผาดำ แหลมสน ไม้สนที่พบมีทั้งสนสองใบ และสนสามใบ แต่ส่วนมากจะเป็นสนสามใบ