บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

5.1 โครงสร้างป่า

โครงสร้างป่าของป่าผลัดใบ บริเวณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ นี้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน โดยจะเปลี่ยนตามระดับความสูงเหนือน้ำทะเลที่เปลี่ยนไป จากทั้ง 4 แปลงศึกษาถาวร พบพรรณไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นระดับอก (DBH) ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป ทั้งหมด 140 ชนิด (ทั้งนี้ไม่สามารถจำแนกได้ 9 ชนิด) จาก 47 วงศ์ปรากฏอยู่ทั่วไปตามแปลงศึกษาต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม มีเพียง 20 ชนิดจาก 11 วงศ์ปรากฏอยู่ทุกแปลง โดย 3 ชนิดอยู่ในวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) และ 4 ชนิดอยู่ในวงศ์ก่อ (Fagaceae) ดังนั้นย่อมหมายถึงว่าพรรณไม้ทั่ว ๆ ไปในป่านี้จะเป็นของวงศ์ Dipterocarpaceae และพรรณไม้เด่นร่วมจะเป็นของวงศ์ Fagaceae บ่งชี้ให้เห็นว่าป่าบริเวณนี้เป็นผืนป่ารอยต่อระหว่างป่าเต็งรังและป่าดิบเขา ทั้งนี้ อาจมีรายละเอียดของโครงสร้างแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับความสูงของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งพื้นที่ภูเขาสูงของภาคเหนือในประเทศไทยมีลักษณะรูปแบบของป่าผลัดใบเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดตามความสูงที่เปลี่ยนแปลงไป (วิมลมาศ นุ้ยภักดี, 2542)

จากแปลงศึกษาทั้ง 4 แปลงศึกษา แปลงศึกษาที่ระดับความสูง 700 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง นั้นจะมีลักษณะเด่นคือจะมี สัก (*Tectona grandis*) อยู่มากซึ่งจะเป็นไม้เฉพาะที่พบในป่าเบญจพรรณ และพรรณไม้อื่น ๆ ที่พบก็คือแดง (*Xylia xylocarpa* var. *kerrii*) และราชพฤกษ์ (*Cassia fistula*) นอกจากนั้นแปลงศึกษาที่ระดับความสูง 700 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง จะมีค่าความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (H) สูงที่สุด แสดงว่าแปลงศึกษาที่ระดับความสูง 700 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นสังคมพืชที่มีความเสถียรภาพสูงมาก ปรากฏพืชพรรณเพียงไม่กี่ชนิดที่เป็นพืชเด่น จึงพบชนิดพันธุ์ชนิดอื่น ๆ มาก แปลงศึกษาที่ระดับความสูง 800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าความหลากหลายของชนิดพันธุ์ต่ำที่สุด เป็นสังคมพืชที่มีพืชเด่นเป็นจำนวนมาก ทำให้พบจำนวนชนิดพันธุ์ชนิดอื่นน้อยลง

เปรียบเทียบลักษณะเชิงปริมาณบางลักษณะระหว่าง 4 แปลงศึกษา เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยและความสูงต้นไม้เฉลี่ยในแปลงศึกษาที่ระดับความสูง 700 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าสูงที่สุด แต่พื้นที่หน้าตัดมีค่าน้อยที่สุด เพราะมีความหนาแน่นต้นไม้น้อยที่สุด แปลงศึกษาที่ระดับความสูง 800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นแปลงศึกษาที่มีความหนาแน่นต้นไม้มากที่สุด แต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นน้อยที่สุด

การกระจายเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสามารถบอกถึงสถานะของป่าได้ ในการศึกษานี้ การกระจายเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเป็นรูปตัว L ทั้ง 4 แปลงศึกษา หมายความว่าจำนวนต้นไม้ขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพียงอกมีขนาด 4.5-14.5 เซนติเมตร) มีปริมาณมาก และจำนวนต้นไม้ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพิ่มขึ้น ดังนั้นจำนวนต้นไม้ขนาดใหญ่จะมีน้อย ในสภาวะนี้แสดงว่าเป็นระยะคงที่ของป่า อย่างไรก็ตามความชันของกราฟการกระจายเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของแปลงศึกษาที่ระดับความสูง 800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีความชันมากแสดงว่ามีการทดแทนของสังคมพืชที่ดี

5.2 อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้เด่น

อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้เด่นป่าผลัดใบ บริเวณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการศึกษาในเดือนตุลาคม 2548 พบว่า กว้าว (*Tristaniopsis burmanica*) มีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 2.86 μmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ รองลงมาคือสัก (*Tectona grandis*) แข้งกวาง (*Wendlandia paniculata*) ก่อแดง (*Quercus kingiana*) เต็ง (*S. obtusa*) และพลวง (*D. tuberculatus*) มีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.50, 1.02, 0.61, 0.33 และ 0.28 μmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ศศิธร พ่วงปาน (2539) ศึกษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพรรณไม้เด่นป่าดิบเขา จังหวัดเชียงใหม่ ในเดือนพฤศจิกายน ได้แก่ ก่อลิ้ม (*Castanopsis indica*) ก่อหยุม (*C. argyrophylla*) และจำปีป่า (*Michelia baillonii*) มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเฉลี่ย 0.36, 0.56 และ 0.10 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของพรรณไม้ป่าผลัดใบเมื่อเปรียบเทียบกับพรรณไม้ป่าชายเลน พบว่า มีค่าน้อยกว่า โดยพรรณไม้ป่าชายเลน คือ แสมทะเล (*Avicennia marina*) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) และโปรงแดง (*Ceriops tagal*) มีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 6.49, 3.78, 3.73, 2.63 μmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ (ฐานนันท์ ประทุมมินทร์, 2545) การเปลี่ยนแปลงอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันจะมีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบที่แตกต่างกัน โดยตั้งแต่พระอาทิตย์ขึ้นจะมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงเวลาประมาณ 11 นาฬิกาจะมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อพระอาทิตย์ตกดิน สอดคล้องกับ Ishizuka และ Puangchit (1995) โดยศึกษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพันธุ์ไม้ป่าเขตร้อนชื้นจังหวัดกาญจนบุรี พบว่า แดง (*Xylia xylocarpa* var. *kerrii*) สัก (*Tectona grandis*) และกระท่อมหมู (*Mitragyna brunonis*) มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงเช้า (9:30-12:00 น.) สูงกว่าในช่วงบ่าย (13:00-15:30 น.) โดยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณแสงเพิ่มมากขึ้น และเริ่มคงที่เมื่อถึงจุดอิ่มตัว

5.3 มวลชีวภาพของพรรณไม้เด่น

5.3.1 มวลชีวภาพเหนือดินของพรรณไม้เด่น

ความสัมพันธ์แอลโลเมตรีสำหรับลำต้น กิ่ง ใบ และน้ำหนักเหนือพื้นดินทั้งหมดของพรรณไม้เด่นในพืชวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) และพืชวงศ์ก่อ (Fagaceae) ที่สร้างขึ้นมีนัยสำคัญ ($P<0.001$) และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) สูง

ค่าของ DBH^2H เป็นสัดส่วนโดยตรงต่อปริมาตรของลำต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นระดับอก (DBH) และความสูง (H) โดยจะนำไปใช้หาค่าความสัมพันธ์แอลโลเมตรีที่เฉพาะเจาะจงกับแต่ละชนิดของพรรณไม้กับน้ำหนักลำต้น (W_S) ที่มีรูปทรงลำต้นและค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น น้ำหนักลำต้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าของ DBH^2H สำหรับพรรณไม้ชนิดต่าง ๆ การใช้ตัวแปร DBH^2H ในความสัมพันธ์แอลโลเมตรีของน้ำหนักลำต้นนี้ได้มีการนำมาใช้กับพรรณไม้ในป่าผสมเขตร้อน (Ogawa *et al.*, 1965) และใช้กับต้นไม้ในป่าชายเลน (Komiyama *et al.*, 2000) ในกรณีที่ความสัมพันธ์แอลโลเมตรีที่สร้างขึ้นมาใช้กับพรรณไม้หลาย ๆ ชนิดนั้นจะต้องอยู่บนข้อกำหนดที่รูปทรงของลำต้นไม่แตกต่างกัน โดยใช้ค่าความถ่วงจำเพาะของไม้เป็นตัวแปรร่วม ดังนั้นความสัมพันธ์แอลโลเมตรีของน้ำหนักลำต้นของพืชวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) และพืชวงศ์ก่อ (Fagaceae) จะหาได้โดยใช้ตัวแปรอิสระของ DBH^2H และ SG

ในขั้นตอนการสร้างความสัมพันธ์แอลโลเมตรี สำหรับน้ำหนักกิ่งและใบในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำตัวแปรอิสระ D_B^2 มาใช้บนพื้นฐานทางชีววิทยาของ Pipe model of tree form (Shinozaki *et al.*, 1964ab) กล่าวว่า พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของลำต้นที่ความสูงระดับใดระดับหนึ่งภายในเรือนยอด จะเป็นสัดส่วนกับปริมาณทั้งหมดของใบและกิ่งที่มีอยู่เหนือระดับนั้นขึ้นไป คือ กำลังสองของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ความสูงของกิ่งสดกิ่งแรก เป็นสัดส่วนกับน้ำหนักรวมทั้งหมดของกิ่งหรือใบของต้นไม้ ความสัมพันธ์แอลโลเมตรีของแต่ละชนิดสำหรับน้ำหนักกิ่งและใบของพลวง (*D. tuberculatus*) เหียง (*D. obtusifolius*) เต็ง (*S. obtusa*) สัก (*Tectona grandis*) แข้งกวาง (*Wendlandia paniculata*) และกว้าว (*Tristaniopsis burmanica*) สร้างได้โดยใช้ D_B^2 เป็นตัวแปรอิสระ ส่วนความสัมพันธ์แอลโลเมตรีของน้ำหนักกิ่งและใบของพืชวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) และพืชวงศ์ก่อ (Fagaceae) ได้นำตัวแปรอิสระ $D_B^2.SG$ มาใช้ตามหลักการของ Pipe model of tree form (Shinozaki *et al.*, 1964a) ดังที่อธิบายถึงการสร้างความสัมพันธ์แอลโลเมตรีทั่วไปของน้ำหนักกิ่งและใบสำหรับต้นไม้ป่าชายเลนโดย Poungparn (2003)

ความสัมพันธ์แอลโลเมตรีของน้ำหนักรวมเหนือพื้นดินสำหรับพรรณไม้ ในการศึกษาครั้งนี้ หาได้โดยการประมาณหามวลชีวภาพของต้นไม้จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับรูปทรงของต้นไม้ (Tree form) ในรูปของความสัมพันธ์ทางด้านปริมาณอย่างถูกต้อง ก็จะช่วยให้การ

ประมาณหามวลชีวภาพของต้นไม้มีความผิดพลาดน้อยที่สุด ด้วยวิธี Simple pipe model ของรูปทรงของพืช ของ Oohata และ Shinozaki (1979) น้ำหนักรวมเหนือพื้นดินสัมพันธ์กับพื้นที่หน้าตัดลำต้นที่ฐานของต้นไม้ ดังนั้นความสัมพันธ์แอลโลเมตรีที่เฉพาะเจาะจงของน้ำหนักรวมเหนือพื้นดินของพลวง (*D. tuberculatus*) เหียง (*D. obtusifolius*) เต็ง (*S. obtusa*) สัก (*Tectona grandis*) แข้งกวาง (*Wendlandia paniculata*) และกว้าว (*Tristaniopsis burmanica*) จะหาได้โดยใช้ตัวแปรเดียวของ DBH^2 อ้างอิงถึงพื้นฐานทางชีววิทยาเดียวกัน Poungparn (2003) ประยุกต์ความสัมพันธ์แอลโลเมตรีสำหรับน้ำหนักรวมเหนือพื้นดินของต้นไม้ในป่าชายเลนหลาย ๆ ชนิด โดยใช้ตัวแปรอิสระ $DBH^2.SG$ การประยุกต์นี้อธิบายลักษณะทางกายภาพไว้เช่นกันโดย Chiba (1998) ดังนั้น ความสัมพันธ์แอลโลเมตรีสำหรับน้ำหนักรวมเหนือพื้นดินของพืชวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) และพืชวงศ์ก่อ (Fagaceae) ถูกหามาโดยใช้ตัวแปรอิสระ $DBH^2.SG$

5.3.2 มวลชีวภาพใต้ดินของพรรณไม้เด่น

การศึกษาน้ำหนักรากของพรรณไม้เด่น ได้แก่ พลวง (*D. tuberculatus*) และเหียง (*D. obtusifolius*) มีเพียงชนิดละ 1 ตัวอย่างเท่านั้น เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านเวลาและแรงงาน ในการเก็บตัวอย่างรากฝอย (Fine root) ซึ่งมีการกระจายตัวอยู่ที่บริเวณผิวดินเป็นจำนวนมากนั้น อาจคลาดเคลื่อนไปเนื่องจากแรงดันของน้ำที่ใช้ในการฉีดล้างรากทำให้รากฝอยจำนวนหนึ่งสูญหายไป

การประมาณมวลชีวภาพรากจากตัวอย่างน้ำหนักรากของพรรณไม้ 1 ตัวอย่าง Komiyama (2000) อธิบายไว้ว่า น้ำหนักราก (W_R) มีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนกับ ($D_{0.3}^2$) บนพื้นฐานของ Pipe model $W_R/D_{0.3}^2$ ของโปรงแดง (*Ceriops tagal*) พืชป่าชายเลน มีค่าเท่ากับ 0.1716 ส่วน $W_R/D_{0.3}^2$ ของพลวง (*D. tuberculatus*) ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.0609 ซึ่งน้อยกว่าโปรงแดง (*C. tagal*) ประมาณ 3 เท่า แสดงว่าที่ขนาดลำต้นเท่ากัน น้ำหนักรากของพลวง (*D. tuberculatus*) น้อยกว่าโปรงแดง (*C. tagal*) ประมาณ 3 เท่า จากค่าอัตราส่วน T/R ของพลวง (*D. tuberculatus*) และเหียง (*D. obtusifolius*) มีค่าเท่ากับ 3.49 และ 5.07 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับโปรงแดง (*C. tagal*) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.05 ซึ่งว่ามีค่าสูงกว่ามาก แสดงว่าพืชป่าบกมีมวลชีวภาพรากน้อยกว่าพืชป่าชายเลน

5.3.3 มวลชีวภาพของพืชพื้นล่าง

จากการศึกษามวลชีวภาพพืชพื้นล่างครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างพืชพื้นล่างในเดือนมกราคม การเริ่มต้นของฤดูแล้งเป็นตัวแทนของมวลชีวภาพพืชพื้นล่างของป่าผลัดใบ Tadaki (1977 อ้างถึงใน พงษ์ศักดิ์ สหุนาพุ, 2538) ได้แสดงหลักฐานให้เห็นว่ามวลชีวภาพของพืชพื้นล่างจะมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับปริมาณมวลชีวภาพของใบของไม้ชั้นบน ซึ่งคล้ายคลึงกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงที่ส่องลงมาถึงพื้นป่า อย่างไรก็ตาม มวลชีวภาพของพืชพื้นล่างนี้มีค่า

น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณมวลชีวภาพของป่าทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ชั้นบน แปลงศึกษาที่ระดับความสูง 700 800 900 และ 1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าเท่ากับ 134.91, 120.59, 204.66 และ 190.46 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ และมวลชีวภาพของพืชพื้นล่างจากการวางแปลงศึกษาขนาด 1x1 ตารางเมตรจำนวน 10 แปลงย่อย มีค่าเท่ากับ 1.68, 3.04, 1.65 และ 1.86 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ จากการหาความสัมพันธ์โดยใช้ Simple linear regression ของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ชั้นบนกับมวลชีวภาพของพืชพื้นล่างป่าผลัดใบ (ทั้ง 4 แปลงศึกษา) มีค่า R^2 เท่ากับ 0.4283 มีความสัมพันธ์กันน้อยกว่า ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ชั้นบนกับมวลชีวภาพของพืชพื้นล่างป่าเต็งรัง (เฉพาะแปลงศึกษาที่ระดับความสูง 800 900 และ 1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง) มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9995 เนื่องจากโครงสร้างของป่าเบญจพรรณมีความแตกต่างกับป่าเต็งรัง แต่ก็มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือมวลชีวภาพของพืชพื้นล่างมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับมวลชีวภาพเหนือดินของไม้ชั้นบน

5.4 ปัจจัยแวดล้อมอื่นที่มีอิทธิพลต่อการสะสมคาร์บอนของพรรณไม้ป่าผลัดใบ

5.4.1 ซากพืช

ปริมาณซากพืชมีความแตกต่างกันค่อนข้างสูงในระหว่างแปลงศึกษาทั้ง 4 แปลง ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างทางโครงสร้างของป่า ระยะการทดแทนของป่า และลักษณะภูมิอากาศเฉพาะถิ่น เป็นต้น แปลงศึกษาที่ระดับความสูง 800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีปริมาณซากพืชที่ไม่ใช่ใบ (Non-leaf litter) มีค่า 13% ซึ่งน้อยกว่า 25% ของปริมาณซากพืชทั้งหมด แสดงว่า เป็นป่ารุ่น (Secondary forest) เป็นป่าที่มีการทดแทนสูง (Bray and Gorham, 1964)

เดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคมมีซากพืชปริมาณน้อย เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโตในฤดูฝน และในเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมมีการร่วงหล่นของซากพืชมาก ในช่วงฤดูแล้งเพื่อเป็นการลดการคายน้ำของพืช

5.4.2 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดินบางประการ

จากการวิเคราะห์สมบัติของดินบางประการในพื้นที่แปลงศึกษา 700 800 900 และ 1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ ลักษณะเนื้อดิน ความหนาแน่นของดิน ความชื้นของดิน ปฏิกิริยาของดินของดิน อินทรียวัตถุในดิน คาร์บอนทั้งหมด ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โปแตสเซียมที่สกัดได้ แคลเซียมที่สกัดได้ และแมกนีเซียมที่สกัดได้ เนื้อดินมีความสัมพันธ์กับ

คุณสมบัติของดินบางประการ เช่น ความสามารถในการแลกประจุบวก ความสามารถในการอุ้มน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ความคงทนของเม็ดดิน เป็นต้น

ดินในป่าเบญจพรรณที่มีสักเด่น (แปลง 700 MSL) เป็นดินร่วน ส่วนดินในป่าเต็งรังที่มีไม้เด่นต่างกันก็มีลักษณะเนื้อดินต่างกัน ดินในป่าเต็งรังที่มีไม้พลวง-เต็งเด่น (แปลง 800 MSL) จะมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินในป่าเต็งรังที่มีไม้พลวงเด่น (แปลง 900 MSL) มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนดินทราย และที่ผิวดินจะเป็นดินร่วนปนดินทราย ส่วนดินในป่าเต็งรังที่มีไม้พลวง-รังเด่น (แปลง 1,000 MSL) มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียวเกือบตลอดชั้นความลึกของดิน ยกเว้นที่บริเวณผิวดินมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินทราย จะเห็นได้ว่า ในป่าเต็งรังที่มีไม้พลวงเด่นจะมีเนื้อดินหยาบกว่า คือมีปริมาณอนุภาคทรายสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสลายตัวผุพังของวัตถุต้นกำเนิดดินน้อยกว่าป่าเต็งรังที่มีไม้เด่นชนิดอื่น

ความชื้นในดินของแปลงศึกษาที่ระดับความสูง 800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่ามากที่สุด เฉลี่ย 23.6% แปลงศึกษาที่ระดับความสูง 1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีความชื้นเฉลี่ย 21.1% ส่วนแปลงศึกษาที่ระดับความสูง 700 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 17.7% และแปลงศึกษาที่ระดับความสูง 900 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 16.8% ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด จะเห็นได้ว่า สอดคล้องกับปริมาณอนุภาคดินเหนียวและปริมาณมวลชีวภาพพืชพื้นล่างด้วย คือ ในแปลงศึกษาที่ปริมาณอนุภาคดินเหนียวมาก จะมีความชื้นในดินมาก และในแปลงที่มีปริมาณมวลชีวภาพพืชพื้นล่างมากก็จะมีความชื้นในดินมากด้วยเช่นกัน

ปฏิกิริยาของดิน (pH) มีค่าแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดินซึ่งมีปริมาณของประจุบวกที่มีอิทธิพลต่อความเป็นปฏิกิริยาของดิน เช่น K, Ca, Mg และ Na การชะล้างประจุบวกออกจากดินโดยน้ำก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ปฏิกิริยาของดินเปลี่ยนไป นอกจากนี้ กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินก็มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาของดิน เช่น แบคทีเรีย รา เป็นต้น และไฟป่าก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาของดิน (เสวียน เปรมประสิทธิ์, 2538) ปฏิกิริยาของดิน (pH) ทั้ง 4 แปลงศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 5.5-6.4 จะเห็นได้ว่าปฏิกิริยาของดินในป่าผลัดใบทั้ง 4 แปลงนี้มีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจาก มีวัตถุต้นกำเนิดดินเดียวกัน ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมดในป่าเบญจพรรณที่มีสักเป็นไม้เด่นมีปริมาณอินทรียวัตถุมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชมากกว่าจึงมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากกว่า ไนโตรเจนในดินจะถูกปลดปล่อยออกมาจากอินทรียวัตถุโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน และลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วน (ดินเนื้อละเอียด) จึงมีความสามารถในการดูดยึดน้ำได้มากกว่าดินร่วนเหนียวปนทราย (ดินเนื้อหยาบ) การระบายน้ำและอากาศของดินทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินสลายตัวเร็วกว่าในดินร่วน ส่วนปริมาณฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นก็มีความแตกต่างกันในแต่ละแปลงศึกษาและระดับความลึกของดิน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก ลักษณะของเนื้อดินและวัตถุต้นกำเนิดดินเช่นกัน

5.5 การสะสมคาร์บอนของสังคมพืชป่าผลัดใบ

จากความสัมพันธ์แอลโลเมตรีที่ได้จากการศึกษามวลชีวภาพเหนือดินของพรรณไม้เด่นมาคำนวณหามวลชีวภาพของป่า โดยใช้สมการที่เฉพาะเจาะจงกับพรรณไม้แต่ละชนิด ได้แก่ พลวง (*D. tuberculatus*) เหียง (*D. obtusifolius*) เต็ง (*S. obtusa*) สัก (*Tectona grandis*) กว้าว (*Tristaniopsis burmanica*) และแข้งกวาง (*Wendlandia paniculata*) ส่วนพรรณไม้ที่ไม่มีสมการเฉพาะเจาะจงจะใช้ความสัมพันธ์แอลโลเมตรีของพืชวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) และพืชวงศ์ก่อ (Fagaceae) คำนวณเป็นมวลชีวภาพรวมในปี พ.ศ. 2548 มีค่าเท่ากับ 166.42, 148.76, 252.46 และ 234.95 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ ในแปลงศึกษา 700 800 900 และ 1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ และการเพิ่มพูนมวลชีวภาพ เท่ากับ 5.92, 3.52, 3.96 และ 4.35 ตัน/เฮกแตร์/ปี

กิตติพงษ์ พงษ์บุญ (2543) ทำการศึกษาบทบาทการทดแทนตามธรรมชาติต่อการสูญเสียดินและน้ำ ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร พบว่า ในสังคมป่าเบญจพรรณ ปริมาณมวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินเพิ่มขึ้นในแต่ละปี โดยมีปริมาณมวลชีวภาพ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 - 2541 เท่ากับ 140.71, 155.93, 177.06, 190.29, 194.28 และ 197.78 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ โดยมีอัตราการเพิ่มพูนของปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละปีเท่ากับ 15.22, 21.13, 13.24, 3.99 และ 3.50 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ และมีอัตราการเพิ่มพูนเฉลี่ยของปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 10.72 ตัน/เฮกแตร์/ปี ในสังคมป่าเต็งรัง ปริมาณมวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินเพิ่มขึ้นในแต่ละปี โดยมีปริมาณมวลชีวภาพ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 - 2541 เท่ากับ 83.98, 96.17, 107.40, 115.14, 119.26 และ 123.41 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ โดยมีอัตราการเพิ่มพูนของปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละปีเท่ากับ 12.19, 11.23, 7.73, 4.12 และ 4.15 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ และมีอัตราการเพิ่มพูนเฉลี่ยของปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 7.89 ตัน/เฮกแตร์/ปี ในพื้นที่ไร่ร้าง ในปี พ.ศ. 2536 ที่เริ่มต้นทำการศึกษาจะยังไม่มีปริมาณมวลชีวภาพ เนื่องจากได้ทำการถางต้นไม้และวัชพืชก่อนทำการศึกษา ต่อมาจะเริ่มมีวัชพืชและลูกไม้ต่างๆ เกิดขึ้น จนเมื่อถึงปี พ.ศ. 2541 จะมีปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 0.000, 0.25, 1.14, 2.84, 3.26 และ 6.18 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ โดยมีอัตราการเพิ่มพูนของปริมาณมวลชีวภาพแต่ละปีเท่ากับ 0.25, 0.89, 1.70, 0.42 และ 2.92 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ และมีอัตราการเพิ่มพูนเฉลี่ยของปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 1.24 ตัน/เฮกแตร์/ปี

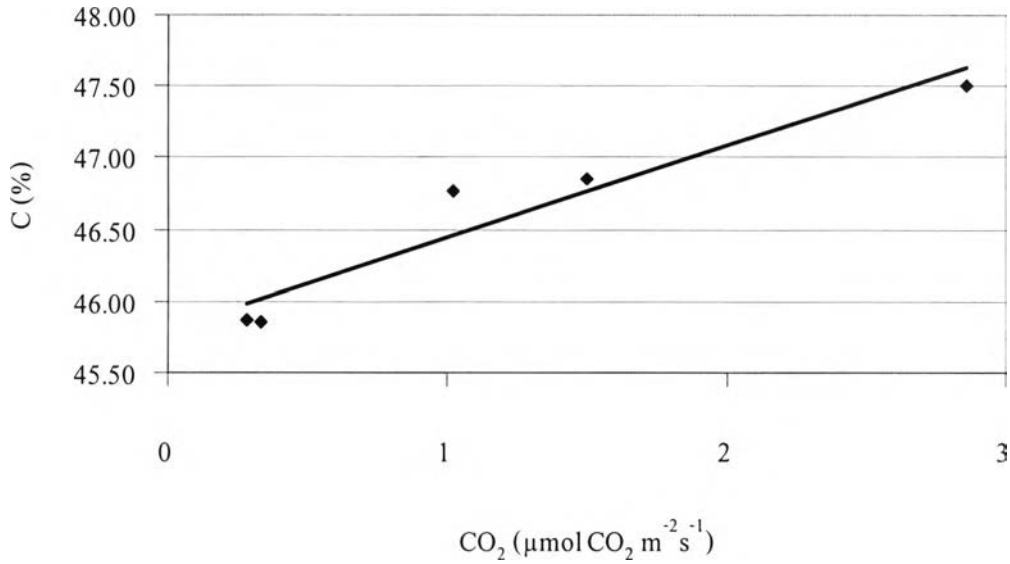
จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนของพรรณไม้เด่นชนิดต่าง ๆ ที่สะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยพลวง (*D. tuberculatus*) เหียง (*D. obtusifolius*) เต็ง (*S. obtusa*) ก่อแพะ (*Quercus kerrii*) ก่อแงะ (*Q. mespilifolia*) ก่อขาว (*Lithocarpus thomsonii*) สัก (*Tectona grandis*) กว้าว (*Tristaniopsis burmanica*) และแข้งกวาง (*Wendlandia paniculata*) มีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย 45.87, 46.49, 45.85, 45.65, 45.56, 45.28, 46.85, 47.50 และ 46.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากปริมาณการสะสมคาร์บอนของพรรณไม้เด่น กว้าวเป็นพรรณไม้ที่มีการสะสมคาร์บอนมากที่สุด ทั้งนี้อาจ

เนื่องมาจากลักษณะนิสัย (Habit) ของกว้าว คือเป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ มีช่วงระยะเวลาที่มีใบติดอยู่กับต้นนานกว่า จึงทำให้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสะสมคาร์บอนได้มากกว่าพรรณไม้เด่นชนิดอื่น ๆ ที่มีการผลัดใบในฤดูแล้ง

จากการหาความสัมพันธ์โดยใช้ Simple linear regression พบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอนมีความสัมพันธ์แปรผันตามกับอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ภาพที่ 5.1) กล่าวคือ พรรณไม้ที่มีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง จะมีปริมาณการสะสมคาร์บอนสูงด้วย สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับปริมาณการสะสมคาร์บอน คือ

$$\%C = 0.637(CO_2 \text{ Uptake rate}) + 45.085 \quad R^2 = 0.9172$$

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
กับปริมาณการสะสมคาร์บอน



ภาพที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับปริมาณการสะสมคาร์บอน

นอกจากนี้ ปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ ลำต้นส่วนโคน (Stem base) ลำต้นส่วนกลาง (Stem middle) ลำต้นส่วนยอด (Stem top) กิ่ง (Branch) ใบ (Leaf) ส่วนที่ตายแล้ว (Dead part) ดอกและผล (Flower & fruit) มีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย 46.17, 46.27, 46.35, 45.68, 47.40, 45.44 และ 46.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เสริมพงษ์ นวลงาม (2545) โดยการศึกษาในสวนป่าที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา มีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 46

สวนป่าสักที่ปานามามีการสะสมคาร์บอนเหนือดิน ใต้ดิน พืชพื้นล่าง ซากพืชและดินเฉลี่ย 104.5, 15.7, 2.6, 3.4 และ 225 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์ (Kraenzel *et al.*, 2003) ส่วนการสะสมคาร์บอนเหนือดิน ใต้ดิน พืชพื้นล่าง ซากพืชและดินในป่าเบญจพรรณ (แปลงศึกษา 700 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง) มีค่าเท่ากับ 62.27, 14.50, 0.78 และ 4.34 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์ และ 206.36 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์*เมตร ตามลำดับ ป่าเต็งรัง (แปลงศึกษา 800 900 และ 1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง) มีปริมาณการสะสมคาร์บอนเหนือดิน ใต้ดิน พืชพื้นล่าง ซากพืชและดินเฉลี่ย 79.11, 18.47, 1.01 และ 2.65 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์ และ 111.68 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์*เมตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณการสะสมคาร์บอนเหนือดิน ใต้ดิน พืชพื้นล่างและซากพืชได้จากการนำค่ามวลชีวภาพเหนือดิน ใต้ดิน พืชพื้นล่างและซากพืชคูณกับเปอร์เซ็นต์คาร์บอนเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์คาร์บอนโดยเครื่อง CHNO analyzer ส่วนปริมาณการสะสมคาร์บอนของดินจะต้องนำความหนาแน่นของดินเข้ามาคูณร่วมด้วย

จากการเปรียบเทียบปริมาณการสะสมคาร์บอนของป่าประเภทต่าง ๆ พบว่าความสามารถในการสะสมคาร์บอนของป่าผลัดใบดีพอสมควร มีปริมาณใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าผลัดใบอื่น ๆ ทั้งป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง และพื้นที่แปลงป่าปลูก โดยมีปริมาณการสะสมคาร์บอนมากกว่าพื้นที่ไร่ร้าง แต่ก็น้อยกว่าพื้นที่ป่าชายเลนหรือป่าไม่ผลัดใบประเภทอื่น ๆ ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการการสะสมคาร์บอนของป่าประเภทต่าง ๆ

สถานที่	ประเภทของป่า	ชนิดพันธุ์ไม้	ปริมาณการสะสมคาร์บอน (tC/ha)						อ้างอิง
			เหนือดิน	ใต้ดิน	ในดิน	พืชพื้นล่าง	ซากพืช	รวม	
เม็กซิโก	Temperate coniferous		56.0	109.1		-	-	165.1	CSERGE (1993)
	Temperate broadleaved		39.0	29.5		-	-	68.5	
	Tropical evergreen		144.0	66.0		-	-	210.0	
	Tropical deciduous		67.5	29.5		-	-	97.0	
อินเดีย	Tropical dry evrgreen		20.0[b]	-	-	-	-	20.0	Ravindranath *et al.* (1993)
	Subtropical dry evergreen		79.9[b]	-	-	-	-	79.9	
	Himalayan miost temperate		84.6[b]	-	-	-	-	84.6	
	Subalpine and alpine		63.7[b]	-	-	-	-	63.7	
ไอวอรี โคสต์	Tropical		151.5[b]	-	-	-	-	151.5	Clark *et al.* (2001)
ไทย	Tropical		167.0[b]	-	-	-	-	167.0	
เปอโตริโก	Tropical		23.8[b]	-	-	-	-	23.8	
สหรัฐอเมริกา	Tropical		103.0[b]	-	-	-	-	103.0	
อินเดีย	Tropical secondary mixed deciduous		20.8[b]	-	-	-	-	20.8	Prasad *et al.* (2001)
อินเดีย	Monsoon mixed deciduous evergreen		46.0-320.0[b]	10.5-73.0[b]		-	-	56.5-393.0	Singh *et al.* (1994)
สหรัฐอเมริกา	Rain deciduous		73.5-105.0[b]	16.0-21.0[b]		-	-	89.5-126.0	Zavitovski and Stevens (1972)
รัสเซีย	Deciduous		30.5-103.5[b]	9.5-21.5[b]		-	-	40.0-125.0	Smirnova and Gorodentseva (1958)
อังกฤษ	Coniferous plantation & deciduous		31.0-82.0[b]	8.5-24.5[b]		-	-	39.5-106.5	Ovington (1962)
อังกฤษ	Mixed deciduous		64.0[b]	38.0[b]		-	-	102.0	Satchell[a]
สวีเดน	Mixed deciduous woodland		100.5[b]	17.0[b]		-	-	117.5	Andersson (1971)
กานา	Moist semideciduous		116.5[b]	27.0[b]		-	-	143.5	Greenland and Kowal (1960)
ศรีลังกา	Mixed evergreen and gry deciduous		16.0[b]	8.5[b]		-	-	24.5	Koopman and Andriesse (1982)
สหรัฐอเมริกา	สวนป่า	ยูคาลิปตัส	156.0[b]	37.5[b]		-	-	193.5	Attiwill[a]
ปานามา	สวนป่า	สัก	104.50	15.70	225.00[**]	2.60	3.40	351.20	Kracnzel *et al.* (2003)

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการการสะสมคาร์บอนของป่าประเภทต่าง ๆ

สถานที่	ประเภทของป่า	ชนิดพันธุ์ไม้	ปริมาณการสะสมคาร์บอน (tC/ha)						อ้างอิง
			เหนือดิน	ใต้ดิน	ในดิน	พืชพื้นล่าง	ซากพืช	รวม	
จ.นครราชสีมา	สวนป่า	กระถินเทพา	92.45	-	53.24*	-	-	145.69	เสริมพงศ์ นวลงาม (2545)
		กระถินณรงค์	56.74	-	37.27*	-	-	94.01	
		ยูคาลิปตัส	55.66	-	37.91*	-	-	93.57	
		แดง	41.89	-	43.15*	-	-	85.04	
		ทะบูง	38.46	-	42.28*	-	-	80.74	
		ประดู่ป่า	24.72	-	37.58*	-	-	62.30	
		เลา	4.29	-	48.85*	-	-	53.14	
		หญ้าคา	1.77	-	45.93*	-	-	47.70	
จ.นครศรีธรรมราช	ป่าชายเลน	โกงกางใบเล็ก	24.63	26.63[c]	-	-	-	51.26	ฐานันท์ ประทุมมินทร์ (2545)
		แสมทะเล	9.81	4.31	-	-	-	14.12	
		ถั่วขาว	10.94	3.06	-	-	-	14.00	
		โปรงแดง	8.56	6.75	-	-	-	15.31	
จ.เชียงใหม่	ป่าเบญจพรรณ	สักเด่น	62.27	14.50	206.36**	0.78	4.34	288.25	การศึกษาครั้งนี้
	ป่าเต็งรัง	พลวง-เต็งเด่น	55.40	12.96	96.93**	1.40	1.55	168.24	
		พลวงเด่น	94.56	21.99	97.44**	0.76	2.60	217.35	
		พลวง-รังเด่น	87.36	20.46	140.60**	0.86	3.81	253.09	
		เฉลี่ย	79.11	18.47	111.68**	1.01	2.65	212.92	

หมายเหตุ : * เป็นปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินระดับความลึกถึง 30 เซนติเมตร

** เป็นปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในดินระดับความลึกถึง 100 เซนติเมตร

a อ้างถึงใน DeAngelis *et al.* 1981; ชื่อของ International Biological Programme investigators

b ได้จากการคำนวณซึ่งสมมติให้ปริมาณคาร์บอนมีค่าเป็น 50% ของมวลชีวภาพ

c รวมปริมาณคาร์บอนของรากและรากค้ำยัน

5.6 ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของสังคมพืชป่าผลัดใบ

ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิ (Net primary production; NPP) ของสังคมพืชป่าผลัดใบ บริเวณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2548 ได้จากปริมาณการเพิ่มพูนของมวลชีวภาพ (Biomass increment; Y) ของสังคมพืชป่าผลัดใบ รวมกับปริมาณการสูญเสียผลผลิตของสังคมพืชป่าไปโดยการร่วงหล่นกลายเป็นซากพืช (Litter; L) หรือการสะสมคาร์บอนของสังคมพืชรวมกับปริมาณการสะสมคาร์บอนของซากพืช ทำให้ได้ผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของสังคมพืชป่าผลัดใบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.07, 3.17, 4.43 และ 5.77 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์/ปี ส่วนป่าฝนเขตร้อน (Tropical rain forest) มีผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิเท่ากับ 28.6 ตัน/เฮกแตร์/ปี (Kira *et al.*, 1967) หรือประมาณ 14.3 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์/ปี เนื่องจากปริมาณการสะสมคาร์บอนจะมีค่าประมาณ 50% ของมวลชีวภาพ และผลผลิตขั้นปฐมภูมิของป่าชายเลน มีค่าประมาณ 13.85 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์/ปี (Komiyama, 2004) จะเห็นว่าผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิของป่าผลัดใบมีค่าน้อยกว่าป่าไม่ผลัดใบ การที่ป่าผลัดใบมีกำลังผลิต (Productivity) ต่ำ อาจเป็นเพราะว่ามีช่วงที่ปราศจากใบยาวนานในฤดูแล้ง ซึ่งมีการผลัดใบและมีดัชนีพื้นที่ผิวใบ (Leaf area index; LAI) น้อย (Kira, 1975)