บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

โครงสร้างของป่าธรรมชาติ

เมื่อพิจารณาค่า Importance Value of Index (IVI) ของไม้ยืนต้นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป พบว่าพืชที่เป็นไม้เด่น (dominant species) ของป่าธรรมชาติแห่งนี้คือ ไข่เขียว (Parashorea stellata Kurz.) และดังข้าว (Ryparosa javanica Bl.) ซึ่งมีค่า IVI ในพื้นที่ลาดชันปานกลางเท่ากับ 20.84 และ 19.79 ส่วนในพื้นที่ลาดชันสูงมีค่าเท่ากับ 23.57 และ 39.82 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2533) ที่กล่าวว่าพันธุ์ไม้เด่นในเขตป่าจังหวัดสุราษฎร์ธานี-นครศรีธรรมราช ได้แก่ ไข่เขียว (Parashorea stellata Kurz.) ยางแดง (Dipterocarpus alatus Roxb.) และตะเคียนสามพอน (Shorea gratissima Dyer.) เป็นต้น

ความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ยืนต้นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปในป่าธรรมชาติ บริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง มีค่าเท่ากับ 308 และ 252 ต้น / เฮกแตร์ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าน้อยเมื่อเทียบกับความหนาแน่นของยางพารา ที่ราตรี ภารา (2535) ศึกษาไว้ที่อำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าความหนาแน่นของยางพาราที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป บริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลาง (15 องศา) และพื้นที่ลาดชันสูง (25 องศา) มีค่าเท่ากับ 528 และ 440 ต้น / เฮกแตร์ การศึกษาของ Komiyama และคณะ (1988) เรื่องความหนาแน่นของไม้ป่าชายเลน ในประเทศอินโดนิเซีย พบว่าบริเวณที่มีไม้ตะบูน (Xylocarpus granatum) จะมีความหนาแน่น 412-716 ต้น / เฮกแตร์ ส่วนบริเวณที่มีไม้ลำแพน (Sonneratia alba) และโกงกางใบเล็ก (Rhizophora apiculata) ปนกัน จะมีความหนาแน่น 578 ต้น / เฮกแตร์ ส่วน Castellanous, Maass และ Kummerow (1991) ศึกษาพบว่าไม้ยืนต้นในป่าผลัดใบแถบ Chamela ประเทศเม็กซิโก จะมีความหนาแน่นมากถึง 4,700 ต้น / เฮกแตร์

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของลำต้นของไม้ยืนต้น บริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่าในบริเวณพื้นที่ลาดชันสูง เช่น ไข่เขียว (Parashorea stellata Kurz.) ดังข้าว (Ryparosa javanica Bl.) และหว้า (Eugenia sp.) ในพื้นที่ลาดชันปานกลางจะมี

เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของลำต้นเท่ากับ 45.9 , 42 และ 36.67 เซนติเมตร ส่วนในพื้นที่ลาดชันสูงจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของลำต้นเท่ากับ 26.03 , 29.67 และ 26.52 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับไม้ยืนต้นชนิดอื่น เช่น ดีงู (Elaeocarpus petiolatus (Jack) Wall.) ไม้ดำ (Diospyros sp.) ไทร (Ficus subcordata Bl.) คันแหลน (Ficus talboti King.) ก่อ (Lithocarpus sp.) และพังแหร (Trema orientalis Blume.) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 23.52 , 20.79 , 35.64 , 24.18 , 14.95 และ 14.53 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Yen (1987) ที่พบว่าไม้ยืนต้นบางชนิด เช่น ดีงู (Elaeocarpus japonicus Sieb. et Zucc.) อายุ 25 ปี , ไม้ดำ (Diospyros morrisiana Hance.) อายุ 22 ปี , ไทรย้อย (Ficus retusa Linn.) อายุ 5 ปี , ก่อ (Lithocarpus amygaalifolius (Skan) Hay.) อายุ 25 ปี และพังแหร (Trema orientalis Blume.) อายุ 15 ปี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของลำต้นเท่ากับ 17 , 15 , 25 , 17 และ 16 เซนติเมตร ตามลำดับ

พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของไม้ยืนต้นในพื้นที่ลาดชันปานกลางจะมีค่ามากกว่าในพื้นที่ลาดชันสูง ตัวอย่างเช่น ไข่เขียว (Parashorea stellata Kurz.) หว้า (Eugenia sp.) และ กาแซะ (Millettia atropurpurea) มีพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยเท่ากับ 2.81 , 1.84 และ 1.60 ตารางเมตร / เฮกแตร์ ในพื้นที่ลาดชันปานกลาง และมีค่าเท่ากับ 1.34 , 0.80 และ 0.21 ตารางเมตร / เฮกแตร์ ในพื้นที่ลาดชันสูง เมื่อพิจารณาพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ยืนต้นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป พบว่าพื้นที่หน้าตัดรวมของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ลาดชันปานกลาง (27.29 ตารางเมตร / เฮกแตร์) มีค่ามากกว่าในพื้นที่ลาดชันสูง (18.42 ตารางเมตร / เฮกแตร์) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่ามีค่าน้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่หน้าตัดรวมของพันธุ์ไม้ในป่าดิบชื้น ของประเทศอินโดนิเซีย ที่มีค่าเท่ากับ 37.3 ตารางเมตร / เฮกแตร์ (Sukadjo, Hagihara, Yamakura and Ogawa, 1990)

การศึกษาของ Hozumi, Yoda, Kokawa และ Kira (1969) พบว่าพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ยืนต้นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป ในป่าดิบชื้น ประเทศกัมพูชา มีค่าประมาณ 26.3 - 39.9 ตารางเมตร / เฮกแตร์ Komiyama และคณะ (1988) พบว่าพื้นที่หน้าตัดของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน ของประเทศอินโดนิเซีย มีค่าเท่ากับ 13.96 - 36.15 ตารางเมตร / เฮกแตร์ ส่วน Castellanous, Maass และ Kummerow (1991) ศึกษาพบว่าพื้นที่หน้าตัดของไม้ยืนต้นในป่าผลัดใบ ประเทศเม็กซิโก มีค่าเท่ากับ 23 ตารางเมตร / เฮกแตร์

การปกคลุมเรือนยอดของไม้ยืนต้นที่ศึกษาบริเวณพื้นที่ลาดชันทั้งสอง ส่วนใหญ่เรือนยอดจะอยู่ชิดหรือซ้อนกัน และมีเรือนยอดหลายระดับชั้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้จะมีส่วนช่วยสกัดกั้นน้ำฝนไม่ให้กระทบผิวดินโดยตรง เป็นการลดพลังงานของเม็ดฝน ทำให้น้ำฝนบางส่วน

ค่อย ๆ ไหลผ่านลำต้นลงสู่พื้นดิน จึงเป็นการลดความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านหน้าดิน โดยภาพรวมแล้วการปกคลุมเรือนยอดบริเวณพื้นที่ลาดชันสูงจะมีความหนาแน่นน้อยกว่า ในพื้นที่ลาดชันปานกลาง กล่าวคือพื้นที่ลาดชันสูงมีค่าการปกคลุมเรือนยอดของพันธุ์ไม้ทั้งหมดเท่ากับ 10,033.48 ตารางเมตร / เฮกแตร์ ส่วนพื้นที่ลาดชันปานกลางมีค่าเท่ากับ 14,169.58 ตารางเมตร / เฮกแตร์ และเรือนยอดของต้นไม้ในพื้นที่ลาดชันสูงจะอยู่ห่างกันมากกว่าในพื้นที่ลาดชันปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณผิวดินบางแห่งในพื้นที่ลาดชันสูงมีก้อนหินขนาดใหญ่อยู่ และชั้นดินเป็นดินตื้น จึงมีระยะห่างระหว่างต้นไม้แต่ละต้นมาก และมีจำนวนต้นไม้ต่อพื้นที่แปลงน้อยกว่าในพื้นที่ลาดชันปานกลาง ทำให้เกิดช่องว่างของพื้นที่มากกว่า โอกาสที่เม็ดฝนตกลงมาแล้วกระทบผิวดินจึงมีมากกว่า ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พื้นที่ลาดชันสูงมีโอกาสที่จะเกิดการพังทลายของดินได้ง่ายกว่าพื้นที่ลาดชันปานกลาง

มวลชีวภาพของราก

1. มวลชีวภาพรวมของราก

เมื่อพิจารณามวลชีวภาพรวมของรากทุกขนาดของต้นดังข้าว (Ryparosa javanica Bl.) และไข่เขียว (Parashorea stellata Kurz.) พบว่า มวลชีวภาพรวมของรากพืชทั้งสองชนิดในพื้นที่ลาดชันปานกลางมีค่ามากกว่าในพื้นที่ลาดชันสูง และค่ามวลชีวภาพรวมมีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของต้น กล่าวคือ เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นมีค่ามาก มวลชีวภาพรวมของรากก็จะมีค่ามากเช่นกัน การศึกษาครั้งนี้พบว่า มวลชีวภาพรวมของรากทุกขนาดของต้นดังข้าว (Ryparosa javanica Bl.) บริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูงมีค่าเท่ากับ 387.11 และ 114.49 ตัน / เฮกแตร์ ในขณะที่เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.5 และ 37.4 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนมวลชีวภาพรวมของรากทุกขนาดของต้นไข่เขียว (Parashorea stellata Kurz.) บริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูงมีค่าเท่ากับ 441.42 และ 236.18 ตัน / เฮกแตร์ และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของต้นเฉลี่ยเท่ากับ 52.5 และ 33.3 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่ามวลชีวภาพรวมของรากที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่ามาก เมื่อเทียบกับมวลชีวภาพรวมของรากไม้ยืนต้นในป่าบกทั่วไป ที่ส่วนใหญ่จะมีค่ามวลชีวภาพรวมมากกว่า 50 ตัน/ เฮกแตร์ (Watson and O' Loughlin, 1985)

Klinge และ Herrera (1978) ศึกษามวลชีวภาพรวมของไม้ป่าเขตร้อน แถบลุ่มน้ำอเมซอน ประเทศเวเนซูเอล่า พบว่ามีค่ามวลชีวภาพเท่ากับ 132 ตัน / เฮกแตร์ Hoffman

และ Kummerow (1978) พบว่ามวลชีวภาพของป่าไม้ก่อ (Evergreen oak forest) มีค่าเท่ากับ 113.1 ตัน / เฮกแตร์

Briggs (1977) พบว่ามวลชีวภาพรวมของรากไม้ป่าชายเลน ในประเทศออสเตรเลีย มีค่าประมาณ 147.3-160.3 ตัน / เฮกแตร์ ส่วน Komiyama และคณะ (1987) พบว่ามวลชีวภาพรวมของรากไม้ป่าชายเลน ในเขตโกงกาง (Rhizophora) ที่ทำการศึกษาในประเทศไทย ที่มีค่ามวลชีวภาพรวมเท่ากับ 509.5 ตัน/ เฮกแตร์

Fiala และ Hernandez (1993) ศึกษามวลชีวภาพของรากไม้ในป่าชายเลน ที่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศคิวบา พบว่าค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพรวมของราก Rhizophora mangle และ Avicennia germinans มีค่าเท่ากับ 313.0 และ 244.9 ตัน / เฮกแตร์

เมื่อพิจารณามวลชีวภาพรวมของรากขนาด 0-0.2 และ 0.2-0.5 เซนติเมตร ของต้นดังข้าวและไข่เขียว (ตารางที่ 4.7) พบว่ามวลชีวภาพรวมของรากพืชทั้งสองชนิดในพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนมวลชีวภาพรวมของรากขนาด 0.5-2.0 เซนติเมตรในพื้นที่ลาดชันสูงจะมีค่ามากกว่าในพื้นที่ลาดชันปานกลาง แต่เมื่อพิจารณามวลชีวภาพของรากขนาด 2.0-5.0 และ มากกว่า 5 เซนติเมตร พบว่าค่ามวลชีวภาพของรากทั้งสองขนาดในพื้นที่ลาดชันปานกลางจะมีค่ามากกว่าในพื้นที่ลาดชันสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากการปรับตัวของพืชต่อสภาพแวดล้อม กล่าวคือในพื้นที่ลาดชันสูงมีชั้นดินตื้นกว่าในพื้นที่ลาดชันปานกลาง อีกทั้งมีหินผุปะปนอยู่มาก จึงเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตและการหยั่งลงไปในดินของรากขนาดใหญ่ พืชจึงปรับตัวให้มีการเพิ่มจำนวนของรากขนาดกลาง ซึ่งจะมีบทบาทสำคัญในการช่วยยึดอนุภาคดินให้มีความคงทน แต่อย่างไรก็ตามการทำให้เกิดความมั่นคงของพื้นที่ลาดชันจำเป็นต้องมีรากขนาดใหญ่อยู่ด้วย เนื่องจากรากขนาดใหญ่จะมีบทบาทในการยึดต้นให้อยู่แน่นกับดิน และกระจายแรงที่มากระทำต่อต้นไปตามส่วนของราก ช่วยลดแรงที่กระทำต่อดิน ดังนั้นในพื้นที่ลาดชันสูงที่มีรากขนาดใหญ่อยู่น้อย เมื่อมีแรงมากระทำ จะไม่สามารถกระจายแรงไปตามส่วนของรากได้หมด แรงกระทำดังกล่าวจึงลงสู่ดินได้เร็ว ประกอบกับพื้นที่มีความลาดชันสูง จึงเกิดการพังทลายได้ง่าย

Watson and O' Loughlin (1985) ศึกษาระบบรากของต้น Manuka (Leptospermum scoparium J.R. et G.Forst.) ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีชั้นดินตื้น มีหินปะปน พบว่ารากแก้วสามารถหยั่งลงไปในดินได้น้อย และรากมีการกระจายแบบไม่เป็นระเบียบเนื่องจากพยายามหลบหลีกก้อนหิน โดยมากจะพบว่ารากขนาดใหญ่ไม่สามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึกกว่า 50 เซนติเมตร ส่วนรากขนาดเล็กจะมีจำนวนมาก และประสานกันในลักษณะที่เป็นร่างแห

การศึกษาในสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และนิวซีแลนด์ พบว่าระบบรากของไม้ยืนต้นมีส่วนอย่างยิ่ง ในการช่วยเพิ่มเสถียรภาพของพื้นที่ลาดชันโดยจะทำหน้าที่เชื่อมอนุภาคดินที่ไม่เสถียร ให้กลายเป็นเม็ดดินที่เสถียร และช่วยให้เกิดความแข็งแกร่งของผิวหน้าดิน โดยเฉพาะที่ระดับความลึกจากผิวดินประมาณ 1 เมตร นอกจากนั้นรากพืชจะช่วยกระจายแรงที่มากระทำจากภายนอกไปตามส่วนของราก และรากขนาดใหญ่หรือรากแก้วจะทำหน้าที่ค้ำจุนต้นไว้ (Watson and O' Loughlin, 1985)

2. มวลชีวภาพของรากในแนวดิ่ง

2.1 มวลชีวภาพของรากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0-0.2 เซนติเมตร

หากทำการแบ่งรากตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง โดยหลักการของ Yen (1987) รากที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0-0.2 เซนติเมตร จะถูกจัดว่าเป็นรากละเอียด (fine root) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการยึดอนุภาคดิน ทำให้ดินมีความคงทนต่อการพังทลาย และทำหน้าที่ดูดน้ำและอาหาร เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพืช

เมื่อพิจารณาค่ามวลชีวภาพของรากขนาด 0-0.2 เซนติเมตร ของดังข้าวและไข่เขียว พบว่าประมาณ 80 เปอร์เซนต์ของมวลชีวภาพของรากจะกระจายความหนาแน่นอยู่ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร และมีแนวโน้มว่าค่ามวลชีวภาพลดลง เมื่อความลึกของดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่ามวลชีวภาพของรากขนาด 0-0.2 เซนติเมตร ของพืชทั้งสองชนิดในพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพของรากขนาด 0-0.2 เซนติเมตร ระหว่างดังข้าวและไข่เขียว พบว่าค่ามวลชีวภาพของรากดังข้าวและไข่เขียวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งในพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง และการกระจายความหนาแน่นของราก ส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับความลึกเดียวกันคือ 0-50 เซนติเมตร ความลึกสูงสุดที่รากพืชทั้งสองชนิดสามารถหยั่งลงไปในดินได้คือประมาณ 100 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามคาดว่ารากขนาด 0-0.2 เซนติเมตร ของดังข้าวและไข่เขียวน่าจะสามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึกกว่า 100 เซนติเมตร แม้ว่าบริเวณพื้นที่ที่ศึกษาจะมีชั้นดินตื้นประมาณ 1-2 เมตร และมีชั้นหินแกรนิตผุอยู่ถัดลงมาก็ตาม เนื่องจากรากขนาดนี้เป็นรากละเอียด จึงน่าจะสามารถชอนไชเข้าไปในร่องหิน หรือรอยแตกของหินผุได้ดีกว่ารากขนาดใหญ่

จากการศึกษารากของ Chaparral (Ceanothus megacarpus) ซึ่งเป็นไม้พุ่มที่เจริญในลักษณะ Pure stand บนภูเขา Santa Ynez ในรัฐแคลิฟอร์เนีย พบว่ารากของไม้ชนิดนี้สามารถเจริญลงไปในดินได้ลึกถึง 10 เมตร และรากสามารถแทงทะลุเข้าไปในชั้นหิน (bed rock) ได้ (Schlesinger and Gill, 1980) ส่วน Abbott และ Reynolds (1991) พบว่าในพื้นที่ที่มีหินบะซอลต์เป็นหินพื้นอยู่ข้างใต้ ไม่ได้เป็นตัวจำกัดความลึกในการหยั่งลงไปในดินของราก big sagebrush (Artemisia tridentatta)

Jordan และ Escalante (1980) พบว่าในบริเวณป่าดงดิบ แถบลุ่มน้ำอเมซอน ที่ดินมีธาตุอาหารไม่เพียงพอ รากขนาดเล็กของพืชจะอยู่กันเป็นกลุ่ม (root mat) บริเวณผิวดิน เนื่องจากที่ผิวดินจะมีเศษใบไม้ร่วงลงมาทับถมกัน ทำให้มีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าในชั้นดินที่ลึกลงไป

Bedeneau และ Auclair (1989) ศึกษามวลชีวภาพของรากไม้ก่อที่เจริญอยู่ในดินทรายปนกรวด พบว่ามวลชีวภาพของรากส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณดินชั้นบน และสามารถพบรากละเอียดได้ถึงที่ระดับความลึก 80 เซนติเมตร

2.2 มวลชีวภาพของรากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 5 เซนติเมตร

รากขนาดใหญ่ของพืชมีบทบาทอย่างมาก ในเรื่องการค้ำจุนลำต้น ช่วยยึดให้ต้นอยู่แน่นกับดิน ทำให้เกิดความมั่นคงของต้นพืช และทำหน้าที่กระจายแรงกระทำที่มาจากภายนอกไปสู่ดิน

มวลชีวภาพของรากขนาดใหญ่ของดังข้าวและไข่เขียวในพื้นที่ลาดชันปานกลางจะมีค่ามากกว่าในพื้นที่ลาดชันสูงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากในพื้นที่ลาดชันปานกลางมีชั้นหินแกรนิตผุอยู่ลึกกว่า รากขนาดใหญ่จึงสามารถเจริญเติบโตได้ดี ทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน

เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพของรากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 5 เซนติเมตร ระหว่างดังข้าวและไข่เขียว พบว่าไข่เขียวมีค่ามวลชีวภาพมากกว่าดังข้าว และรากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 5 เซนติเมตรของไข่เขียว ก็สามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึกกว่ารากของดังข้าว โดยที่ความลึกสูงสุดที่รากไข่เขียวสามารถหยั่งลงไปได้มีค่าเท่ากับ 100 เซนติเมตร ทั้งในพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง ส่วนรากดังข้าวในพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูงสามารถเจริญลงไปในดินได้ลึกเพียง 80 และ 40 เซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามคาดว่าเป็นการยากที่รากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 5 เซนติเมตรของดังข้าวและไข่เขียว จะเจริญลงไปใน

ดินได้ลึกกว่า 100 เซนติเมตร โดยเฉพาะในพื้นที่ลาดชันสูง ทั้งนี้เนื่องจากรากขนาดใหญ่จะไชซอนเข้าไปในชั้นหินผุได้ยากกว่ารากขนาดเล็ก

2.3 มวลชีวภาพของรากรวมทุกขนาด

เมื่อพิจารณามวลชีวภาพรวมของรากต้นดังข้าว บริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง พบว่า 90 % ของมวลชีวภาพของรากรวมทุกขนาด จะกระจายอยู่ที่ระดับความลึก 0-40 เซนติเมตร ส่วนมวลชีวภาพของรากไข่เขียว บริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง พบว่า 90 % ของมวลชีวภาพของรากรวมทุกขนาด จะกระจายอยู่ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร แสดงว่ารากของต้นไข่เขียวสามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึกกว่าต้นดังข้าว การศึกษาของ Davidson , Kapustka และ Koch (1989) พบว่า 50 % ของมวลชีวภาพของรากไม้ยืนต้น จะมีการกระจายอยู่ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ส่วนพวกไม้ล้มลุกนั้น 90 % ของมวลชีวภาพของรากจะมีการกระจายอยู่ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร

Fiala และ Hernandez (1993) ศึกษาพบว่าประมาณ 80 % ของมวลชีวภาพรวมของราก Rhizophora mangle และ Avicennia germinans จะกระจายอยู่ที่ระดับความลึก 0-40 เซนติเมตร และรากของ Rhizophora mangle จะมีมวลชีวภาพมากกว่าและสามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึกกว่ารากของ Avicennia germinans

Castellanous , Maass และ Kummerow (1991) ศึกษามวลชีวภาพของรากไม้ยืนต้นในป่าผลัดใบเขตร้อน ประเทศเม็กซิโก พบว่าสองในสามของมวลชีวภาพรวมของรากจะกระจายความหนาแน่นอยู่ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 29 % ของรากทั้งหมดจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากน้อยกว่า 5 เซนติเมตร

ผลการศึกษาของ Yen (1987) สามารถจำแนกรากไม้ยืนต้นได้เป็น 3 พวก คือพวกที่มีระบบรากตื้น รากส่วนใหญ่จะมีความหนาแน่นมากที่สุดที่ระดับความลึก 0-60 เซนติเมตร พวกที่มีระบบรากลึกปานกลาง รากส่วนใหญ่จะเจริญหนาแน่นมากที่สุดที่ระดับความลึก 61-90 เซนติเมตร และพวกที่มีระบบรากลึกมาก จะมีความหนาแน่นมากที่สุดที่ระดับความลึกมากกว่า 90 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในตารางที่ 4.3-4.6 อาจกล่าวได้ว่าต้นดังข้าวและไข่เขียวเป็นพืชที่มีระบบรากตื้น

การศึกษาของราตรี ภารา (2535) พบว่าบริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง รากของยางพาราจะมีความหนาแน่นส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร จึงจัดว่าเป็นพืชที่มีระบบรากตื้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าต้นดังข้าวและไข่เขียวจะถูกจัดให้อยู่ในพวกที่มีระบบ

รากตื้นเช่นเดียวกับยางพารา แต่จากผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ารากของดังข้าวและไข่เขียวสามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึกกว่ารากของยางพารา และมีค่ามวลชีวภาพโดยรวมมากกว่ายางพารา จึงมีความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของพื้นที่ลาดชัน และช่วยลดการพังทลายของดินได้ดีกว่า

Menzel , Aitken , Dowling และ Simpson (1990) ศึกษาการกระจายความหนาแน่นของรากลิ้นจี่ (Litchi chenensis cv. Tai So) ในดินที่เป็นกรดของประเทศออสเตรเลีย พบว่าในเนื้อดินแบบ Loamy coarse sand , Sandy clay loam และ Clay loam-light clay นั้น 80 % ของรากลิ้นจี่จะมีการกระจายความหนาแน่นของรากอยู่ที่ระดับความลึก 0-20 , 0-40 และ 0-60 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนไม้ผลชนิดอื่น เช่น แอปเปิ้ล ลูกแพร์ (Atkinson ,1980) อาโวกาโด (Salazar-Garcia and Cortes-Flores ,1986) และมะนาว (Avilan et al ,1986) จะมีระบบรากคล้ายกับลิ้นจี่ รากสามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึกประมาณ 1-9 เมตร แต่โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 1-2 เมตร และรากส่วนใหญ่ (ประมาณ 80 % ของมวลชีวภาพ) จะมีการกระจายความหนาแน่นอยู่ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร แต่โดยทั่วไปจะพบอยู่ในช่วง 0-30 เซนติเมตร

รากของต้น Konoshi Neolitsea (Neolitsea konishii (Hay.) Kaneh. et Sasaki) และต้นประดู่แขก (Dalbergia sissoo Roxb.) ที่ความลาดชัน 15 องศา จะมีการกระจายความหนาแน่นของรากที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เท่ากับ 48 และ 63 เปอร์เซนต์ การกระจายความหนาแน่นของรากที่ระดับความลึก 31-60 เซนติเมตร เท่ากับ 43 และ 32 เปอร์เซนต์ และรากสามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึกที่สุดเท่ากับ 70 และ 80 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนที่ความลาดชัน 30 องศา รากของต้น Kawakami Fir (Abies kawakamii (Hay.) Ito) และต้น Indian Sesbania (Sesbania sesban (L.) Merr) มีการกระจายความหนาแน่นของรากที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เท่ากับ 66 และ 90 เปอร์เซนต์ การกระจายความหนาแน่นของรากที่ระดับความลึก 31-60 เซนติเมตร เท่ากับ 30 และ 10 เปอร์เซนต์ และความลึกสูงสุดที่รากสามารถหยั่งลงไปในดินได้มีค่าเท่ากับ 120 และ 70 เซนติเมตร ตามลำดับ (Yen, 1987)

เมื่อนำผลการศึกษาที่ได้ครั้งนี้มาเปรียบเทียบกับรูปแบบ (pattern) ของรากที่ Yen (1987) ศึกษาไว้ สามารถกล่าวได้ว่ารากของดังข้าวและไข่เขียวมีรูปแบบการกระจายความหนาแน่นของรากเป็นแบบ H-type คือเป็นพืชที่มีความลึกที่รากสามารถหยั่งลงไปได้ลึกปานกลาง ประมาณ 80 เปอร์เซนต์ของมวลชีวภาพของรากจะอยู่ที่ระดับความลึก 0-60 เซนติเมตร รากส่วนใหญ่เจริญเติบโตทั้งในแนวดิ่งและแนวนอนได้ไกลพอสมควร ซึ่งลักษณะ

ดังกล่าวจัดว่าเป็นรากที่มีส่วนช่วยในการยึดดิน (soil binding) และช่วยในการรักษาเสถียรภาพของพื้นที่ลาดชัน (slope-stabilizing) ได้เป็นอย่างดี

เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการกระจายความหนาแน่นของรากดังข้าวและไข่เขียวกับยางพารา (ตารางที่ 5.1) พบว่ารากของยางพารามีรูปแบบเป็นพวก M-type คือประมาณ 80 เปอร์เซนต์ของมวลชีวภาพของรากจะอยู่ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร ขอบเขตของรากใหญ่จะแคบ ซึ่งเป็นรูปแบบของรากแบบเดียวกับของไม้ล้มลุกทั่วไป จึงมีความสามารถในการยึดดินได้น้อย ดังนั้นบริเวณที่ปลูกยางพาราจึงมีโอกาสที่จะเกิดการพังทลายสูงกว่าในป่าธรรมชาติที่มีไม้ยืนต้นปกคลุม

ในการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าบริเวณป่าดิบชื้น ที่น้ำตกท่าแพแห่งนี้ มีพันธุ์ไม้ยืนต้นอื่น ๆ ที่อยู่ในวงศ์เดียวกันกับที่ Yen (1987) ทำการศึกษาถึง 5 ชนิด คือ ไม้ในสกุล Lithocarpus , Trema , Ficus , Elaeocarpus และ Diospyros ซึ่งรูปแบบการกระจายความหนาแน่นของรากพืชทั้ง 5 ชนิดก็เป็นแบบ H-type เช่นเดียวกับดังข้าวและไข่เขียว ซึ่งจะช่วยในการยึดดินได้ดี และน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้บริเวณป่าธรรมชาติแห่งนี้ไม่เกิดแผ่นดินถล่มในปี พ.ศ. 2531 ทั้งที่บริเวณอื่นรอบ ๆ ที่แห่งนี้ เกิดการพังทลายอย่างรุนแรง

3. มวลชีวภาพของรากในแนวนอน

จากผลการศึกษาในตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่ามวลชีวภาพของรากรวมทุกขนาดของต้นดังข้าวและไข่เขียว จะมีค่าสูงสุดที่ระยะทางติดกับโคนต้น และมีค่าน้อยลง เมื่อระยะทางห่างจากโคนต้นมากขึ้น มวลชีวภาพของรากรวมทุกขนาดของพืชทั้งสองในบริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางมีค่ามากกว่ามวลชีวภาพของรากในพื้นที่ลาดชันสูง ซึ่งสอดคล้องกับที่ราตรี ภารา (2535) กล่าวว่า รากยางพารามีการกระจายความหนาแน่นของรากรวมทุกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดที่บริเวณติดกับโคนต้น และมีค่าต่ำสุดที่ระยะห่างจากโคนต้น 150 เซนติเมตร และพบว่าในพื้นที่ลาดชันสูงจะมีความหนาแน่นของรากรวมทุกขนาดน้อยกว่าในพื้นที่ราบ

เมื่อพิจารณาค่ามวลชีวภาพในแนวนอนของรากรวมทุกขนาด ในพื้นที่ลาดชันปานกลาง พบว่าที่บริเวณโคนต้น มวลชีวภาพของรากไข่เขียวจะมีค่าเท่ากับ 117.6 กิโลกรัม / ลูกบาศ์กเมตร ซึ่งมากกว่ามวลชีวภาพของรากดังข้าว (92.977 กิโลกรัม / ลูกบาศ์กเมตร) แต่ที่ระยะห่างจากโคนต้น 100 และ 200 เซนติเมตร รากดังข้าวจะมีค่ามวลชีวภาพมากกว่ารากไข่เขียว ส่วนในพื้นที่ลาดชันสูง พบว่าที่บริเวณติดกับโคนต้นและที่ระยะห่าง 100 เซนติเมตร รากของไข่เขียวจะมีมวลชีวภาพมากกว่ารากดังข้าว แต่ที่ระยะห่างจากโคนต้น 200 เซนติเมตร

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบมวลชีวภาพของรากระหว่างต้นดังข้าว (Ryparosa javanica Bl.) ไข่เขียว (Parashorea stellata Kurz.) และยางพารา (Hevea brasiliensis L.) ในพื้นที่ลาดชันปานกลาง

	ดังข้าว	ไข่เขียว	ยางพารา
เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น (cm)	43.5	52.5	18.1
มวลชีวภาพรวมของราก (ton/ha)	387.11	441.42	44
80 % ของมวลชีวภาพของราก กระจายอยู่ที่ระดับความลึก (cm)	0-40	0-50	0-20
มวลชีวภาพในแนวนอน (kg/m^3)			
ที่ระยะ 0 cm	92.9	117.6	13.9
ที่ระยะ 100 cm	15.8	11.1	0.5
รูปแบบของราก	H-type	H-type	M-type
ค่าความต้านแรงดึงของราก (MPa)	58.2	28.0	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รากของดังข้าวจะมีค่ามวลชีวภาพมากกว่ารากไข่เขียว แสดงว่ารากดังข้าวสามารถเจริญไปในแนวนอนได้ดีกว่ารากของไข่เขียว

ในพื้นที่ลาดชันปานกลาง (ความลาดชัน 15 องศา) ต้นดังข้าวจะมีค่ามวลชีวภาพในแนวนอนของรากรวมทุกขนาด ที่ระยะทางห่างจากโคนต้น 0 และ 100 เซนติเมตร เท่ากับ 92.977 และ 15.787 กิโลกรัม / ลูกบาศ์กเมตร ส่วนไข่เขียวจะมีค่ามวลชีวภาพในแนวนอนของรากรวมทุกขนาด ที่ระยะทางห่างจากโคนต้น 0 และ 100 เซนติเมตร เท่ากับ 117.6 และ 11.139 กิโลกรัม/ ลูกบาศ์กเมตร ซึ่งเมื่อเทียบกับยางพาราแล้ว จะเห็นว่าพืชทั้งสองชนิดมีค่ามวลชีวภาพในแนวนอนของรากสูงกว่ายางพาราที่ปลูกในพื้นที่ลาดชันเดียวกัน ที่มีค่ามวลชีวภาพในแนวนอนของรากรวมทุกขนาด ที่ระยะทางห่างจากโคนต้น 0 และ 100 เซนติเมตร เท่ากับ 13.975 และ 0.504 กิโลกรัม / ลูกบาศ์กเมตร (ราตรี ภารา, 2535)

Komiyama และคณะ (1987) ศึกษามวลชีวภาพในแนวนอนของรากโกงกางใบเล็ก (Rhizophora apiculata) และลำแพน (Sonneratia alba) ที่ระยะทางติดกับโคนต้น และห่างจากโคนต้น 100 เซนติเมตร พบว่ามีค่าเท่ากับ 126.36 , 25.98 และ 59.34 , 3.78 กิโลกรัม / ลูกบาศ์กเมตร

เมื่อพิจารณามวลชีวภาพในแนวนอนของรากขนาด 0-0.2 เซนติเมตร พบว่าทั้งรากดังข้าวและไข่เขียวจะมีค่ามวลชีวภาพสูงที่บริเวณโคนต้น และมีค่าน้อยลง เมื่อระยะห่างจากโคนต้นเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่ามวลชีวภาพในแนวนอนของรากขนาด 0-0.2 เซนติเมตร ระหว่างดังข้าวและไข่เขียวที่ความลาดชันเดียวกัน พบว่ามวลชีวภาพของพืชทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทุก ๆ ระยะทางที่ห่างจากโคนต้น ทั้งในพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง

มวลชีวภาพในแนวนอนของรากขนาด 0.2-0.5 , 0.5-2.0 และ 2.0-5.0 เซนติเมตร ของดังข้าวบริเวณพื้นที่ลาดชันทั้งสอง มีการกระจายในแนวนอนเช่นเดียวกันกับรากรวมทุกขนาด คือมวลชีวภาพมีค่าน้อยลง เมื่อระยะห่างจากโคนต้นมากขึ้น ส่วนมวลชีวภาพในแนวนอนของรากขนาด 0.2-0.5 , 0.5-2.0 และ 2.0-5.0 เซนติเมตร ของไข่เขียว บริเวณพื้นที่ลาดชันทั้งสองนั้นมีค่าค่อนข้างแปรปรวน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่รากไข่เขียวมีค่ามวลชีวภาพมาก และมีการกระจายของรากขนาดกลางแบบกระจัดกระจาย

มวลชีวภาพในแนวนอนของรากที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 5 เซนติเมตร ของดังข้าวและไข่เขียวในพื้นที่ลาดชันปานกลางมีค่าสูงกว่าในพื้นที่ลาดชันสูง และมวลชีวภาพของรากจะมีค่าลดลง เมื่อระยะทางห่างจากโคนต้นมีค่ามากขึ้น และมีค่าเท่ากับ 0 ที่ระยะห่าง

200 เซนติเมตรจากโคนต้น ยกเว้นรากของดังข้าวในพื้นที่ลาดชันปานกลางที่มีค่ามวลชีวภาพที่ระยะทาง 200 เซนติเมตรจากโคนต้น เท่ากับ 5.181 กิโลกรัม / ลูกบาศ์กเมตร

เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพในแนวนอนของรากที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 5 เซนติเมตร ระหว่างดังข้าวและไข่เขียว บริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลาง พบว่าที่บริเวณโคนต้นรากของไข่เขียวจะมีค่ามวลชีวภาพเท่ากับ 114.36 กิโลกรัม / ลูกบาศ์กเมตร ซึ่งมากกว่ารากดังข้าว (85.637 กิโลกรัม/ ลูกบาศ์กเมตร) แต่เมื่อระยะห่างจากโคนต้นมากขึ้น รากของดังข้าวจะมีมวลชีวภาพมากกว่ารากไข่เขียว คือที่ระยะ 100 และ 200 เซนติเมตรจากโคนต้น รากดังข้าวจะมีมวลชีวภาพเท่ากับ 10.754 และ 5.181 กิโลกรัม / ลูกบาศ์กเมตร ส่วนรากของไข่เขียวจะมีมวลชีวภาพเท่ากับ 4.445 และ 0 กิโลกรัม / ลูกบาศ์กเมตร ตามลำดับ แสดงว่ารากขนาดใหญ่ของดังข้าวสามารถเจริญไปในแนวนอนได้ไกลกว่ารากไข่เขียว ส่วนในพื้นที่ลาดชันสูง ที่บริเวณโคนต้นและที่ระยะทาง 100 เซนติเมตร พบว่ารากไข่เขียวจะมีค่ามวลชีวภาพมากกว่ารากดังข้าว ส่วนที่ระยะทาง 200 เซนติเมตรนั้นมวลชีวภาพของรากพืชทั้งสองชนิดจะมีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากในพื้นที่ลาดชันสูง มีหินแกรนิตผุโผล่ขึ้นมา ประกอบกับพื้นที่มีความลาดชันสูง จึงเป็นอุปสรรคต่อการเจริญของรากทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน

4. <u>ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของราก ความลึกของดิน และระยะทางห่างจากโคนต้น</u>

การวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของราก ความลึกของดิน และระยะทางห่างจากโคนต้นของดังข้าว และไข่เขียว โดยใช้สมการ Multiple Linear Regression พบว่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นเส้นตรงแบบ Log Linear pattern ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Davidson , Kapustka และ Koch (1989) ที่กล่าวว่าความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของรากไม้ยืนต้นกับความลึกของดิน มีลักษณะที่เป็นแบบ Log Linear pattern

สำหรับข้อมูลของมวลชีวภาพที่นำมาวิเคราะห์นั้นต้องนำมาทำการ Probit Transformation ในรูปของ Log Transformation และบวกด้วย 1 ก่อน เนื่องจากข้อมูลบางค่ามีค่าเท่ากับศูนย์

$$\text{Log } (1+W_r^{1/2}) = a - b \log Dp - c\, Ds$$

แสดงว่ามวลชีวภาพของรากขนาด 0-0.2 เซนติเมตร และรากรวมทุกขนาดจะมีค่ามาก เมื่อความลึก และระยะทางห่างจากโคนต้นมีค่าน้อย และมวลชีวภาพของรากจะมีค่าน้อย เมื่อความลึก และระยะทางห่างจากโคนต้นมีค่ามาก

การที่ค่า P (2 TAIL) ของ logDp และ Ds ของทุกสมการมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามวลชีวภาพของรากขนาด 0-0.2 เซนติเมตร และรากรวมทุกขนาด ของต้นดังข้าวและไข่เขียว มีความสัมพันธ์กับความลึกของดิน และระยะทางห่างจากโคนต้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่า R^2 ในตารางที่ 4.9 และ 4.10 คือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในสมการ และความถูกต้องในการใช้สมการถดถอยนั้น ๆ อธิบายผลการศึกษา ตัวอย่างเช่น สมการที่อธิบายความสัมพันธ์ของมวลชีวภาพของรากต้นดังข้าว ขนาด 0-0.2 เซนติเมตร บริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลาง คือ

$$\text{Log } (1+W_{r1}{}^{1/2}) = 0.560 - 0.102 \text{ logDp} - 0.000 \text{ Ds}$$

ค่า R^2 เท่ากับ 0.755 แสดงว่า สมการถดถอยนี้สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของค่ามวลชีวภาพได้ 75.5 % นั่นคือ ความลึกของดิน และระยะทางห่างจากโคนต้นจะมีอิทธิพลมวลชีวภาพของรากขนาด 0-0.2 เซนติเมตร เท่ากับ 75.5 % และปัจจัยอื่น ๆ จะมีผลต่อมวลชีวภาพของราก 24.5 %

ส่วนค่า Standard Error of Estimation คือค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่ามวลชีวภาพของราก โดยตัวแปรคือความลึก และระยะทางห่างจากโคนต้น ถ้าค่า Standard Error มีค่าน้อย เข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าสมการที่ใช้ประมาณนี้มีความเหมาะสมมาก

การศึกษาของ Menzel , Aitken , Dowling และ Simpson (1990) เรื่องการกระจายความหนาแน่นของรากลิ้นจี่ (Litchi chinensis cv. Tai So) ในดินที่เป็นกรด เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของราก กับความลึกของดิน ในรูป Multiple Linear Regression แล้วพบว่ามีความสัมพันธ์กันในลักษณะที่เป็นเส้นตรง ที่มีค่า R^2 เท่ากับ 0.62

5. ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของราก ความลึกของดิน ระยะทางห่างจากโคนต้น และความลาดชันของพื้นที่

สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของรากขนาด 0-0.2 เซนติเมตร ของต้นดังข้าวและไข่เขียว ตามความลึกของดิน ระยะทางห่างจากโคนต้น และความลาดชันของพื้นที่ (ตารางที่ 4.10) มีรูปแบบดังนี้

$$\text{Log } (1+W_{r1}{}^{1/2}) = 0.568 - 0.107 \text{ logDp} - 0.000 \text{ Ds} + 0.003 \text{ S}$$
$$\text{Log } (1+W_{r1}{}^{1/2}) = 0.477 - 0.087 \text{ logDp} - 0.000 \text{ Ds} + 0.004 \text{ S}$$

ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.652 และ 0.502 ตามลำดับ ส่วน P (2 TAIL) ของ log Dp และ Ds ของสมการทั้งสองมีค่าน้อยกว่า 0.05 แต่ค่า P (2 TAIL) ของ S มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่ามวลชีวภาพของรากขนาด 0-0.2 เซนติเมตรของดังข้าวและไข่เขียว มีความสัมพันธ์กับความลึก และระยะทางห่างจากโคนต้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับความลาดชันของพื้นที่ หรือกล่าวได้ว่ามวลชีวภาพของรากขนาด 0-0.2 เซนติเมตรของพืชทั้งสองชนิดจะมีค่ามาก เมื่อความลึก และระยะทางห่างจากโคนต้นมีค่าน้อย และมวลชีวภาพของรากจะมีค่าน้อย เมื่อความลึก และระยะทางห่างจากโคนต้นมีค่ามาก แต่มวลชีวภาพของรากขนาด 0-0.2 เซนติเมตรของพืชทั้งสองชนิด ในพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของรากรวมทุกขนาด ของดังข้าวและไข่เขียว ตามความลึกของดิน ระยะทางห่างจากโคนต้น และความลาดชันของพื้นที่ มีรูปแบบดังนี้

$$\text{Log } (1+W_{rT}{}^{1/2}) = 2.481 - 0.404 \text{ logDp} - 0.002 \text{ Ds} - 0.134 \text{ S}$$
$$\text{Log } (1+W_{rT}{}^{1/2}) = 2.091 - 0.301 \text{ logDp} - 0.004 \text{ Ds} - 0.005 \text{ S}$$

ค่า R^2 เท่ากับ 0.577 และ 0.498 ตามลำดับ ส่วนค่า P (2 TAIL) ของ logDp , Ds และ S ของทุกสมการมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามวลชีวภาพของรากรวมทุกขนาดของต้นดังข้าวและไข่เขียว มีความสัมพันธ์กับความลึกของดิน ระยะทางห่างจากโคนต้น และความ

ลาดชันของพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % หรือกล่าวได้ว่า มวลชีวภาพของรากรวมทุกขนาดของดังข้าวและไข่เขียวจะมีค่ามาก เมื่อความลึก ระยะทางห่างจากโคนต้น และความลาดชันของพื้นที่มีค่าน้อย และมวลชีวภาพของรากรวมทุกขนาดของพืชทั้งสองชนิดจะมีค่าน้อย เมื่อความลึก ระยะทางห่างจากโคนต้น และความลาดชันของพื้นที่มีค่ามาก

ความต้านแรงดึงของราก

1. ความต้านแรงดึงของรากดังข้าวและไข่เขียว

ในขณะที่เกิดแผ่นดินถล่ม รากพืชจะถูกแรงดึง (tension) มากระทำให้ขาดหรือแยกออกจากกัน มากกว่าแรงที่มากระทำในแนวเฉือน (shear) ดังนั้นการศึกษาเรื่องความแข็งแกร่งของรากพืช จึงนิยมศึกษาในรูปของค่า tensile strength มากกว่า shear strength

ความต้านแรงดึงของรากเป็นค่าที่แสดงถึงความแข็งแกร่งของราก และความสามารถในการยึดดินของราก ซึ่งจะมีค่าต่างกันไปขึ้นกับชนิดของพืช และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของราก (O' Loughlin, 1981)

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาในตารางที่ 5.2 พบว่ารากของดังข้าวและไข่เขียวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากัน (0.22 เซนติเมตร) จะมีค่าความต้านแรงดึงเท่ากับ 58.2 และ 28.0 MPa ตามลำดับ และรากดังข้าวมีค่าความต้านแรงดึงมากกว่ารากของไข่เขียวประมาณ 2 เท่า แสดงให้เห็นว่ารากของดังข้าวมีความแข็งแกร่งกว่ารากของไข่เขียว และน่าจะช่วยในการยึดดินได้ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตามการที่จะกล่าวว่า รากของพืชชนิดหนึ่งมีความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของพื้นที่ลาดชันได้ดีกว่าพืชอีกชนิดหนึ่งนั้น นอกจากจะพิจารณาในเรื่องของความต้านแรงดึงของรากแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น มวลชีวภาพของราก และรูปแบบการกระจายความหนาแน่นของราก เป็นต้น (O' Loughlin and Watson, 1979)

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาครั้งนี้กับไม้ยืนต้นชนิดอื่น พบว่ารากของต้นดังข้าวมีค่าความต้านแรงดึงเฉลี่ยสูงกว่ารากของ Manuka (Leptospermum scoparium J.R. et G. Forst) (34.2 MPa) , สน (Pinus radiata D.Don) (17.6 MPa) , Nothofagus spp. (32.5 MPa) และ Metrosideros spp. (50.8 MPa) ส่วนไข่เขียวนั้นมีค่าความต้านแรงดึงเฉลี่ยน้อยกว่า Manuka , Nothofagus spp. และ Metrosideros spp. แต่มีค่ามากกว่ารากของสน (ตารางที่ 5.2)

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความต้านแรงดึงของรากไม้ที่มีชีวิตของ Manuka (Leptospermum scoparium J.R. et G Forst) , สน (Pinus radiata D.Don) , Nothofagus spp. , Metrosideros spp. , ดังข้าว (Ryparosa javanica Bl.) และไข่เขียว (Parashorea stellata Kurz.)

	N	Mean		Max.		Min.	
		TS (MPa)	Dia. (cm)	TS (MPa)	Dia. (cm)	TS (MPa)	Dia. (cm)
Leptospermum scoparium J.R. et G Forst[1]	62	34.2	0.49	89.9	0.99	9.6	0.15
Pinus radiata D.Don[2]	188	17.6	0.53	37.5	1.39	7.7	0.13
Nothofagus spp.[3]	97	32.5	0.38	82.9	0.84	8.4	0.11
Metrosideros spp.[4]	57	50.8	0.46	139.9	1.01	10.6	0.11
Ryparosa javanica Bl.	413	58.2	0.22	138.5	1.34	37.4	0.10
Parashorea stellata Kurz.	339	28.0	0.22	71.1	0.75	15.6	0.10

[1] Watson and O' Loughlin (1985)

[2] O' Loughlin and Watson (1979)

[3] O' Loughlin and Watson (1981)

[4] Watson (unpubl. data)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Commandeur และ Pyles (1991) ศึกษาเรื่องความต้านแรงดึงของรากสนพวก Douglas fir (Pseudotsuga menziesii) และกล่าวว่ารากของพืชมีสมบัติคล้ายกับวัตถุในเรื่องของความยืดหยุ่น เมื่อมีแรงดึงมากระทำต่อราก เส้นใยภายในเนื้อไม้จะเกิดแรงต่อต้านการยืดตัวนั้น ทำให้เกิดความต้านแรงดึงขึ้น และความต้านแรงดึงเฉลี่ยของราก Douglas fir มีค่าเท่ากับ 17 MPa

การศึกษาของ Davidson , Kapustka และ Koch (1989) พบว่ารากของไม้เบิกนำกลุ่มที่มีอายุมาก (advanced successional species) จะมีความแข็งแกร่งกว่ารากของไม้เบิกนำกลุ่มที่มีอายุน้อย (early successional species) และสามารถช่วยป้องกันการพังทลายของดินได้ดีกว่าทั้งแบบที่พังทลายบริเวณผิวหน้าดินและแบบร่องลึก

ค่าความต้านแรงดึงของรากที่ต้นถูกตัดฟันแล้วจะมีค่าน้อยกว่ารากของต้นที่มีชีวิตอยู่ การศึกษาของ O' Loughlin and Watson (1979) พบว่าความต้านแรงดึงของรากพวกสน (Pinus radiata D.Don) ที่ต้นถูกตัดฟันแล้วจะมีค่าน้อยกว่าความต้านแรงดึงของรากที่มีชีวิต อัตราการลดลงของค่าความต้านแรงดึงเฉลี่ยจะอยู่ในรูปของเอ็กโปเนนเชียล ที่มีอัตราการลดลงประมาณ 500 kPa ต่อเดือน และพบว่าความต้านแรงดึงของรากไม้สนที่ถูกตัดแล้ว 14 เดือน จะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของความต้านแรงดึงของรากที่มีชีวิตอยู่

การศึกษาถึงความต้านแรงดึงของราก Nothofagus fusca Hook.f. และ N. truncata Col. ในประเทศนิวซีแลนด์ พบว่าความต้านแรงดึงของรากหลังจากต้นถูกตัดแล้ว 44 เดือน จะมีค่าเท่ากับ 12.208 kPa ซึ่งน้อยกว่าความต้านแรงดึงของรากที่มีชีวิต (32.571 kPa) และอัตราการลดลงของค่าความต้านแรงดึงของรากเท่ากับ 460 kPa ต่อเดือน (O' Loughlin and Watson, 1981)

2. ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงดึง และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของราก

การวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงดึง และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากดังข้าวและไข่เขียว โดยใช้สมการ Simple Linear Regression พบว่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นเส้นตรงแบบ Log Linear pattern ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Davidson , Kapustka และ Koch (1989) ที่กล่าวว่ากราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Log tensile strength กับ Log root diameter จะมีลักษณะที่เป็นเส้นตรง

เมื่อพิจารณาสมการแบบ Simple Linear Regression ระหว่างความต้านแรงดึงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากดังข้าว และไผ่เขียว (ตารางที่ 4.11) จะเห็นว่ารูปแบบของสมการถดถอยเป็นดังนี้

$$\text{Log TS} = a + b \log D$$

แสดงว่าค่าความต้านแรงดึงของรากดังข้าวและไผ่เขียว จะแปรผันตรงกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของราก กล่าวคือรากขนาดเล็กจะมีค่าความต้านแรงดึงน้อย รากขนาดใหญ่จะมีค่าความต้านแรงดึงมาก และเมื่อพิจารณาค่า R^2 จากตารางที่ 4.11 จะเห็นว่าค่า R^2 ของสมการทั้งสี่มีค่าสูงมาก แสดงว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากพืช มีอิทธิพลต่อความต้านแรงดึงของรากมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่า P (2 TAIL) ของ Log D ของทุกสมการที่มีค่าเท่ากับ 0.000 แสดงว่าความต้านแรงดึงของรากดังข้าวและไผ่เขียว มีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5.2 จะพบว่ารากของดังข้าวจะมีค่าความต้านแรงดึงเฉลี่ยสูงกว่ารากไผ่เขียว ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากันประมาณ 2 เท่า อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์ หรือค่า slope ของสมการในตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าอัตราการเพิ่มของค่าความต้านแรงดึงของรากไผ่เขียวจะมากกว่าดังข้าวเล็กน้อย

การศึกษาของ Abe และ Iwamoto (1986) พบว่าค่าความต้านแรงดึงของรากสนญี่ปุ่น (Cryptomeria japonica Don.) จะเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของราก และรากของสนญี่ปุ่นที่อายุ 8 ปี จะมีค่าความต้านแรงดึงของรากมากกว่ารากของสน (Pinus densiflora) และสนพวก Douglas fir (Pseudotsuga menzisii) ที่มาจากเทือกเขาร็อคกี้ นอกจากนั้นยังกล่าวว่าคุณสมบัติในเรื่องความต้านแรงดึงของรากพืช เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยป้องกันการเกิดแผ่นดินถล่มได้

3. <u>ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงดึง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของราก และความลาดชันของพื้นที่</u>

จากตารางที่ 4.12 สมการแสดงความสัมพันธ์แบบ Multiple Linear Regression ระหว่างความต้านแรงดึง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของราก และความลาดชันของพื้นที่ มีรูปแบบของสมการถดถอยเป็นดังนี้ คือ

$$\text{Log TS} = a + b \log D + c S$$

เมื่อพิจารณาค่า P (2 TAIL) ของ Log D ของทุกสมการที่มีค่าเท่ากับ 0.000 และของ S ของทุกสมการที่มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าความต้านแรงดึงของรากดังข้าวและไข่เขียว มีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับความลาดชันของพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % หรืออีกนัยหนึ่งคือค่าความต้านแรงดึงของรากในพื้นที่ลาดชันปานกลางและพื้นที่ลาดชันสูง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สมบัติของดิน

1. <u>ลักษณะเนื้อดิน</u> (soil texture)

ลักษณะเนื้อดินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการไหลซึมของน้ำที่จะลงไปในดิน และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความยากง่ายในการพังทลายของดิน ดินที่มีอนุภาคทราย (sand particle) สูงจะเกิดการพังทลายได้ง่ายกว่า ดินที่มีปริมาณอนุภาคทรายแป้ง (silt particle) หรืออนุภาคดินเหนียว (clay particle) สูง

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดินของป่าธรรมชาติ บริเวณน้ำตกท่าแพ จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าในพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูงจะมีลักษณะเนื้อดินคล้ายคลึงกัน คือดินชั้นบน (ความลึกประมาณ 20 เซนติเมตร) จะเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) เนื้อดินบริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางจะประกอบด้วยอนุภาคทราย 61.63 - 79.24 % อนุภาคทรายแป้ง 3.72 - 6.47 % และอนุภาคดินเหนียว 15.76 - 33.57 % ส่วนเนื้อดินบริเวณพื้นที่ลาดชันสูง ประกอบด้วยอนุภาคทราย 61.32 - 78.20 % อนุภาคทรายแป้ง 3.72 - 7.75 % และ อนุภาคดินเหนียว 15.33 - 33.41 % นอกจากนั้นในพื้นที่ที่ศึกษายังพบก้อนกรวดหรือหินขนาดเล็กปะปนอยู่กับดิน และในบางแห่งจะพบหินแกรนิตผุขนาดใหญ่ปนกับดินชั้นล่าง หรือโผล่ขึ้นมาบนผิวดิน

การศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2533) พบว่าลักษณะดินบริเวณที่เกิดแผ่นดินถล่ม ในบางแห่งของเทือกเขาหลวง มีเนื้อดินชั้นบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคทราย 50 - 65 % อนุภาคทรายแป้ง

10 - 25 % และอนุภาคดินเหนียว 20 - 25 % หนาประมาณ 15 - 20 เซนติเมตร ส่วนดินชั้นล่างถัดไปมีลักษณะเป็นดินเหนียวปนทราย (sandy clay) หรือดินเหนียวที่มีทรายปะปน (clay with gritty sand) ประกอบด้วยอนุภาคทราย 30 - 45 % อนุภาคทรายแป้ง 10 - 15 % และอนุภาคดินเหนียว 40 - 52 % ในขณะเดียวกันยังมีก้อนกรวดปะปนอยู่กับดินชั้นล่าง บางแห่งพบหินแกรนิตขนาดใหญ่ปนกับดินชั้นล่าง หรือโผล่พ้นผิวดินขึ้นมา ความหนาของชั้นดินเฉลี่ยประมาณ 1 - 2 เมตร ถัดลงไปเป็นชั้นหินพื้น (bed rock)

เมื่อพิจารณาหาความสัมพันธ์แบบ Multiple Linear Regression ระหว่างปริมาณอนุภาคดินเหนียว ความลึก และระยะทางห่างจากโคนต้น ของพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง พบว่าปริมาณอนุภาคดินเหนียวมีความสัมพันธ์กับความลึกอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระยะทางห่างจากโคนต้น นั่นคือเมื่อความลึกของดินเพิ่มปริมาณอนุภาคดินเหนียวก็จะเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่ระยะใกล้หรือไกลจากโคนต้นจะไม่แตกต่างกัน นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณอนุภาคดินเหนียวของพื้นที่ลาดชันทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.15)

2. ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้สมการแบบ Multiple Linear Regression ระหว่างความหนาแน่นรวมของดิน ความลึก และระยะทางห่างจากโคนต้น บริเวณพื้นที่ลาดชันทั้งสอง พบว่าความหนาแน่นรวมของดินมีความสัมพันธ์กับความลึกอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระยะทางห่างจากโคนต้น (ตารางที่ 4.13 และ 4.14) หรือกล่าวได้ว่าความหนาแน่นรวมของดินจะมีค่าน้อย เมื่ออยู่ใกล้ผิวดิน และมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความลึกของดินเพิ่ม แต่จะไม่เกี่ยวข้องกับระยะห่างจากโคนต้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวถือว่าเป็นลักษณะปกติของดินทั่วไป (ดุสิต มานะจุติ, 2535) นอกจากนี้ยังพบว่าความหนาแน่นรวมของดินบริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.15)

ความหนาแน่นรวมของดินบริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง มีค่าประมาณ 1.14 - 1.37 และ 0.99 - 1.41 กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับดินบริเวณเทือกเขาหลวงที่เคยเกิดแผ่นดินถล่ม ที่มีค่าความหนาแน่นรวมของดินประมาณ 1.2 - 1.4 กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ , 2533) ดุสิต มานะจุติ (2535) กล่าวว่า ดินโดยทั่วไปมีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ระหว่าง 1.0 - 1.6 กรัม /

ลูกบาศ์กเซนติเมตร ซึ่งจากผลการศึกษาครั้งนี้ก็มีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในช่วงของดินทั่วไป

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาครั้งนี้กับการศึกษาของวิชาญ ดันนุกิจ (2516) ที่ศึกษาถึงสมบัติของดินกับความลาดชัน บริเวณป่าดิบเขาดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าความลาดชันไม่มีอิทธิพลอย่างเด่นชัดต่อความหนาแน่นรวมของดิน ที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร และความหนาแน่นรวมของดินในป่าธรรมชาติมีค่าไม่เกิน 1.0 คืออยู่ระหว่าง 0.74 - 0.84 กรัม / ลูกบาศ์กเซนติเมตร จึงอาจกล่าวได้ว่าความหนาแน่นรวมของดินที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะดินบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา มีกรวดและหินแกรนิตผุปะปนอยู่ในชั้นดินที่ลึกลงไป (โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงความลึกประมาณ 40-100 เซนติเมตร) ดังนั้นเมื่อนำดินมาวิเคราะห์ปริมาณกรวดและหินผุที่ปนมาด้วยนี้ จะทำให้ได้ค่าความหนาแน่นรวมของดินค่อนข้างสูง

เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของดินดังกล่าว อาจทำนายได้ว่าเมื่อมีฝนตกลงมาช่องว่างระหว่างเม็ดดินจะอิ่มตัวไปด้วยน้ำอย่างรวดเร็ว ทำให้แรงยึดเกาะ (shear strength) ระหว่างอนุภาคดินมีน้อย ประกอบการที่มีเศษกรวดหรือหินผุปะปนอยู่กับเนื้อดิน ก็จะยิ่งทำให้อนุภาคดินมีแรงยึดเกาะน้อยลงไปอีก ความคงทนของดินก็จะลดลง จึงเกิดการพังทลายได้ง่าย นอกจากนั้นเมื่อน้ำตามช่องว่างของเม็ดดินเต็ม น้ำส่วนเกินจะไม่สามารถซึมลงไปได้อีก จึงเกิดเป็นน้ำไหลบ่าไปตามผิวหน้าดิน ดังนั้นดินที่มีค่าความหนาแน่นรวมของดินสูงจะเกิดการพังทลายได้ง่ายกว่าดินที่มีความหนาแน่นรวมของดินต่ำ เพราะความคงทนของดินมีค่าน้อย และดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีความหนาแน่นรวมของดินต่ำกว่าดินเนื้อหยาบ

Abbott , Fraley และ Reynolds (1991) ศึกษาความหนาแน่นรวมของดิน บริเวณลุ่มแม่น้ำ Snake ใน Idaho พบว่าความหนาแน่นรวมของดินที่ความลึก 20 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 1.34 - 1.56 กรัม / ลูกบาศ์กเซนติเมตร ในดินที่ถูกรบกวน และเท่ากับ 1.42 - 1.58 กรัม / ลูกบาศ์กเซนติเมตร ในดินที่ไม่ถูกรบกวน

Menzel และคณะ (1990) พบว่าความหนาแน่นรวมของดินกรดที่ปลูกต้นลิ้นจี่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.97 - 1.65 กรัม / ลูกบาศ์กเซนติเมตร และความหนาแน่นรวมของดินจะเพิ่มขึ้นโดยสัมพันธ์กับความลึกของดิน

3. ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter)

อินทรียวัตถุในดินมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อความคงทนของดิน โดยจะทำหน้าที่เชื่อมอนุภาคดินเข้าด้วยกัน ทำให้โครงสร้างของดินเสถียร และช่วยเพิ่มความสามารถในการซาบซึมน้ำของดิน ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงจะมีความคงทนต่อการพังทลายมากกว่าดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในรูปของ Multiple Linear Regression ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุ ความลึก และระยะทางห่างจากโคนต้น บริเวณพื้นที่ลาดชันทั้งสอง พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุมีความสัมพันธ์กับความลึกอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่เป็นความสัมพันธ์ในลักษณะที่แปรผกผันกัน และพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระยะทางห่างจากโคนต้น (ตารางที่ 4.13 และ 4.14) หรืออีกนัยหนึ่งคือปริมาณอินทรียวัตถุจะมีค่ามาก เมื่ออยู่ใกล้ผิวดิน แต่เมื่อความลึกของดินเพิ่มขึ้น ปริมาณอินทรียวัตถุก็จะน้อยลง ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุที่ระยะใกล้หรือไกลจากโคนต้นนั้น ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเอิบ เขียวรื่นรมย์ (2533) ที่พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินของประเทศไทยจะมีค่าสูงสุดที่บริเวณผิวดิน และจะลดลงเรื่อย ๆ ตามระดับความลึกของดินที่เพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดิน กับความลาดชันของพื้นที่ พบว่าความลาดชันไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดินอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) หรือกล่าวได้ว่าปริมาณอินทรียวัตถุของดิน บริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.15)

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินของพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูงมีค่าระหว่าง 1.03 - 3.95 และ 1.21 - 3.73 เปอร์เซนต์ ซึ่งนับว่ามีค่าน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณอินทรียวัตถุในดินของป่าดิบเขา จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีค่าประมาณ 11 เปอร์เซนต์ (วิชาญ ตันนุกิจ, 2516)

4. ความเป็นกรดด่างของดิน (pH)

ความเป็นกรดด่างของดินมีผลต่อความสามารถในการละลายของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในรูปของ Multiple Linear Regression ระหว่างความเป็นกรดด่างของดิน ความลึก และระยะทางห่างจากโคนต้น บริเวณพื้นที่ลาดชันทั้งสอง พบว่าความเป็นกรดด่างของดินไม่มีความสัมพันธ์กับความลึก และระยะทางห่างจาก

โคนต้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.13 และ 4.14) และไม่มีความสัมพันธ์กับความลาดชันของพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (ตารางที่ 4.15) นั่นคือความเป็นกรดด่างของดินในพื้นที่ที่ศึกษาแห่งนี้ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความลึกต่าง ๆ หรือที่ระยะใกล้ไกลจากโคนต้น รวมทั้งไม่มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของราตรี ภารา (2535) ที่พบว่าความเป็นกรดด่างของดินในบริเวณพื้นที่ที่ศึกษาทั้ง 4 พื้นที่ไม่มีความแตกต่างกัน และการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่างของดินตามความลึก และระยะห่างจากโคนต้นก็ไม่เด่นชัด

ความเป็นกรดด่างของดินบริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูงมีค่าอยู่ระหว่าง 4.33 - 4.87 และ 4.33 - 4.93 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าอยู่ในช่วง pH ที่เป็นกรด ทั้งนี้เนื่องจากดินบริเวณพื้นที่ที่ศึกษามีเหล็กเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ซึ่งสังเกตได้จากการที่ดินมีสีน้ำตาลแดง เมื่อเหล็กถูกออกซิไดซ์ (Oxidize) ก็จะกลายเป็นเฟอริกซัลเฟต ($Fe_2 (SO_4)_3$) และเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ ก็จะได้กรดกำมะถัน ทำให้ดินบริเวณนี้มีสภาพเป็นกรด (สุรชัย หมื่นสังข์, 2534)

จากการศึกษาของวิชาญ ตันนุกิจ (2516) พบว่าดินบริเวณป่าดิบเขาดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ มีค่าความเป็นกรดด่างของดินอยู่ในช่วงที่เป็นกรด คือมีค่าอยู่ระหว่าง 4.93 - 5.27

โดยทั่วไปแล้วดินที่มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 5.5 - 7.0 จะเป็นดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจาก pH ในช่วงนี้จะเป็นช่วงที่ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในรูปที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ของพืช ส่วนดินที่มีค่า pH น้อยกว่า 5 พืชบางอย่างจะมีการเจริญเติบโตได้ไม่ดีนัก แต่ก็มีพืชอีกหลายชนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 4 - 8 (Menzel et al., 1990)

5. <u>ความสามารถในการดูดยึดน้ำของดิน</u> (water holding capacity)

ความสามารถในการดูดยึดน้ำของดินเกี่ยวข้องกับความพรุนของดิน และการกระจายของช่องว่างในดิน ซึ่งจะมีผลต่อการซาบซึมน้ำของดิน (infiltration) การกักเก็บน้ำ (storage) และการระบาย (drainage) ของน้ำในดิน

น้ำที่อยู่ในดินสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ ประเภทแรกเรียกว่า Hygroscopic water จะมีลักษณะเป็นชั้นน้ำบาง ๆ คล้ายแผ่นฟิลม์อยู่บนผิวหน้าของอนุภาคดิน ประเภทที่สองคือ Capillary water จะเป็นน้ำที่อยู่ในช่องว่างเล็ก ๆ ในดิน ซึ่งพืชสามารถนำมา

ใช้ประโยชน์ได้ ประเภทสุดท้ายคือ Gravitational water เป็นน้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่ในดิน และไหลลงไปสู่ดินชั้นล่างตามแรงดึงดูดของโลก การหาค่าความสามารถในการดูดยึดน้ำของดิน ก็คือการหาปริมาณน้ำในรูปของ Gravitational water และ บางส่วนของ Capillary water (Kumlung , Takeda , Tomatsu , Tanaka and Sakurai , 1991)

จากผลการศึกษาครั้งนี้ เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ในรูปของ Multiple Linear Regression ระหว่างความสามารถในการดูดยึดน้ำของดิน ความลึก และระยะทางห่างจากโคนต้น บริเวณพื้นที่ลาดชันทั้งสอง พบว่าความสามารถในการดูดยึดน้ำของดินมีความสัมพันธ์กับความลึกอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระยะทางห่างจากโคนต้น ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.13 และ 4.14) นั่นคือเมื่อความลึกของดินเพิ่ม ความสามารถในการดูดยึดน้ำของดินก็เพิ่มขึ้นด้วย แต่จะไม่ขึ้นกับระยะใกล้หรือไกลจากโคนต้น และยังพบว่าความสามารถในการดูดยึดน้ำของดินบริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.15)

ความสามารถในการดูดยึดน้ำของดินบริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูงมีค่าอยู่ระหว่าง 17.81 - 31.17 และ 17.21 - 30.76 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก ซึ่งกล่าวได้ว่ามีค่าน้อยเมื่อเทียบกับการศึกษาของราตรี ภารา (2535) ที่พบว่าความสามารถในการดูดยึดน้ำของดินในสวนยางพารา บริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง มีค่าระหว่าง 32.31 - 39.46 และ 40.66 - 46.77 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องจากดินในบริเวณพื้นที่ที่ศึกษาครั้งนี้มีปริมาณของอนุภาคทรายปนอยู่ค่อนข้างสูง แต่มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวและอนุภาคทรายแป้งน้อย

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์แบบ Pearson Correlation ระหว่างความสามารถในการดูดยึดน้ำของดิน กับปริมาณอนุภาคดินเหนียว พบว่ามีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง กล่าวคือ ความสามารถในการดูดยึดน้ำของดินจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kumlung และคณะ (1991) ที่กล่าวว่าเมื่อปริมาณอนุภาคขนาดเล็ก หรืออนุภาคดินเหนียวมากขึ้น ความพรุนของดินจะเพิ่ม ส่งผลให้ความสามารถในการดูดยึดน้ำของดินเพิ่มขึ้นด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของรากและสมบัติของดิน

จากผลการศึกษาสมบัติของดินในเรื่องของเนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ความเป็นกรดด่างของดิน และความสามารถในการดูดยึดน้ำของดิน พบว่าลักษณะสมบัติทั้งหมดของดินที่กล่าวมานั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูง นั่นแสดงว่าสมบัติของดินไม่ได้เป็นตัวแปรในการทำให้มวลชีวภาพของรากดังข้าวและไข่เขียว ในบริเวณพื้นที่ลาดชันทั้งสองแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ในรูปของ Multiple Linear Regression ระหว่างมวลชีวภาพของรากรวมทุกขนาดของดังข้าวและไข่เขียว บริเวณพื้นที่ลาดชันทั้งสอง กับสมบัติของดิน พบว่าความหนาแน่นรวมของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ความเป็นกรดด่างของดิน ความสามารถในการดูดยึดน้ำของดิน และปริมาณอนุภาคดินเหนียว ไม่มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพรวมของรากดังข้าวและไข่เขียว บริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและสูงอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.16) แต่มวลชีวภาพรวมของรากดังข้าวและไข่เขียว จะมีความสัมพันธ์กับความลึก ระยะทางห่างจากโคนต้น และความลาดชันของพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4.17) นั่นคือมวลชีวภาพรวมของรากดังข้าวและไข่เขียวจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับความลึกของดิน ระยะทางห่างจากโคนต้น และความลาดชันของพื้นที่ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสมบัติของดิน

Menzel และคณะ (1991) กล่าวว่าการที่จะอธิบายผลในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของรากกับสมบัติของดินเป็นเรื่องยาก เนื่องจากโดยธรรมชาติแล้วมวลชีวภาพของรากจะลดลงตามความลึกของดิน และสมบัติบางประการของดินก็เปลี่ยนแปลงไป ตามความลึก ดังนั้นในการที่จะแยกอธิบายถึงผลของความลึกและสมบัติของดิน ที่มีต่อค่ามวลชีวภาพของรากเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก

จากการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของรากลิ้นจี่ กับสมบัติของดิน Menzel และคณะ (1991) พบว่าความหนาแน่นของรากลิ้นจี่มีความสัมพันธ์กับค่า pH ของดินน้อยมาก และพบว่าปริมาณ Ca saturation , Al saturation รวมทั้งปริมาณของ N , P , K ในดิน ก็ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของรากลิ้นจี่อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นผลการศึกษาที่ขัดแย้งกับที่ Strong และ La Roi (1985) พบว่า ปริมาณ N , P , K ของดินในป่าจะมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของราก และที่ Kimmins และ Hawkes (1978) กล่าวว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของราก พืชจะมีระบบรากตื้นถ้าอยู่ในดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์

ในเรื่องของความหนาแน่นรวมของดินที่มีผลต่อความหนาแน่นของรากนั้น ได้เคยมีผู้ศึกษาเรื่องนี้หลายท่าน เช่น Penkov และคณะ (1979) พบว่าการเจริญเติบโตของรากอ่อนจะลดลงอย่างมาก ถ้าดินมีความหนาแน่นรวมเกิน 1.5 กรัม / ลูกบาศ์กเซนติเมตร ส่วนในมะเขือเทศนั้นพบว่าความลึกที่รากสามารถหยั่งลงไปในดินได้จะลดลง เมื่อความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มจาก 1.32 ไปเป็น 1.76 กรัม / ลูกบาศ์กเซนติเมตร (Rickman et al , 1965) ส่วน Strong และ La Roi (1985) พบว่าการเจริญเติบโตของรากพืชในป่าธรรมชาติมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นรวมของดินน้อยมาก แต่ปัจจัยที่มีความสำคัญกว่าก็คือปริมาณ P และ Al ในดิน แต่การศึกษาของ Menzel และคณะ (1991) พบว่าความหนาแน่นรวมของดินไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของรากลิ้นจี่อย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาของ Atkinson (1980) พบว่าลักษณะเนื้อดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากไม้ยืนต้น และมวลชีวภาพโดยรวมของรากจะมีค่าสูงในดินที่มีเนื้อละเอียด แต่จากการศึกษาของ Menzel และคณะ (1991) พบว่าลักษณะเนื้อดินไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของรากลิ้นจี่อย่างมีนัยสำคัญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย