

การเจริญเติบโตและผลผลิตสำหรับการใช้สอยของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ที่ปลูกในระบบวนเกษตรบนที่ดินเสื่อมโทรม

GROWTH AND YIELD FOR VARIOUS USES OF

EUCALYPTUS CAMALDULENSIS DEHNH.

PLANTED IN AN AGROFORESTRY SYSTEM

ON THE DEGRADED LAND

พงษ์ศักดิ์ สหุนา¹

ปรีชา ธรรมานนท์¹

บัวเรศ ประไชโย²

กนิต ม่วงนิล³

Pongsak Sahunlu

Pricha Dhanmanonda

Buared Prachaiyo

Kanit Muangnil

ABSTRACT

This study was conducted at Somdet district, Kalasin province where the degraded land was a lowland shifting cultivation for a continuous cropping of cassava for about 12 years. The land was subjected to various soil treatments included; plowing, fertilization (compost and chemical fertilizer), intercropping with some agronomic crops, mixed planting with some leguminous tree species and *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. was grown as a test tree species. Growth and yield of trees and crops were monitored for about 5 years. The study showed that satisfactory results of growth and yield of *E. camaldulensis* were obtained and it's yield could be used for various purposes in forms of chipwood, wood for charcoal and firewood making and large amount of tree and crop residues from both monocropping and intercropping plots (residues of groundnut and sorghum included). Crop yields in the intercropping plots were comparatively lower than in the monocropping plots with different soil treatments but the total production and uses of tree and crops especially the groundnut and *E. camaldulensis* were promising. The study was also attempted to relate the yield of both plants aiming to explain the interspecific competitive interactions and explore some adverse effects of this kind of tree on crop. The results revealed that the significantly reduced yield of crop was mainly due to the increasing yield of tree and no particular adverse effect was observed.

¹ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10903

² สำนักงานป่าไม้เขตขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

³ ส่วนแผนงานและสถิติ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ กรุงเทพฯ 10100

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องนี้ได้ดำเนินการที่อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งเป็นที่ดินเสื่อมโทรมภายหลังการทำไร่เลื่อนลอยในที่ต่ำเพื่อปลูกมันสำปะหลังติดต่อกัน มาเป็นเวลา 12 ปี โดยการใช้มาตรการต่าง ๆ ต่อคืนทั้งการไถพรวน ใส่ปุ๋ย (ปุ๋ยหมักและปุ๋ยเคมี) ปลูกพืชเกษตรควบปลูกพรรณไม้ตระกูลถั่วบางชนิดควบ และทดลองปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ได้ติดตามการเจริญเติบโตและประมาณผลผลิตของต้นไม้และของพืชเกษตรต่อเนื่องกันเป็นเวลาประมาณ 5 ปี พบว่า การเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิสอยู่ในเกณฑ์ที่ได้ผลผลิตสูงอย่างน่าพอใจและมีผลผลิตที่สามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ทั้งในรูปเนื้อไม้ที่เป็นไม้สำหรับทำไม้สับ ไม้ทำถ่าน ไม้ทำฟืนและรูปของเศษไม้ปลายไม้ได้ปริมาณมาก ทั้งจากต้นไม้ที่ปลูกเดี่ยว ๆ และปลูกควบกับพืชเกษตร (ถั่วลิสงและข้าวฟ่าง) สำหรับผลผลิตของพืชเกษตรนั้น แม้จะได้ผลผลิตต่ำเมื่อปลูกควบกับต้นไม้เมื่อเทียบกับการปลูกเดี่ยว ๆ โดยใช้มาตรการต่าง ๆ ต่อคืนแล้วก็ตาม แต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตและการใช้สอยรวมกัน โดยเฉพาะการปลูกถั่วลิสงควบกับไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส การศึกษานี้ได้ทดลองหาความสัมพันธ์ของผลผลิตพืชเกษตรกับผลผลิตของต้นไม้ ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดในรูปของการแก่งแย่งระหว่างชนิดและได้วิเคราะห์ถึงผลกระทบบางประการที่อาจจะเกิดขึ้นจากต้นไม้ที่มีต่อพืชเกษตรด้วย แต่ไม่พบว่ามียูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส จะมีผลกระทบต่อดัชนีในทางลบแต่อย่างใด

คำนำ

วนเกษตร (agroforestry) นั้น ได้รับการแนะนำและส่งเสริมให้เข้าไปใช้ในโซนร้อน โดยเฉพาะในที่ดินที่เสื่อมโทรม หรือ degraded land (Wiersum, 1988 ; Vergara, 1987 ; Huxley, 1983 และ Yong, 1987 a,b) โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะฟื้นฟูสภาพเสื่อมโทรมของป่าไม้ในโซนร้อนและเพื่อให้ได้ทั้งผลผลิตทั้งจากพืชป่าไม้พืชเกษตร และ/หรือสัตว์เลี้ยง ในขณะที่เดียวกันก็เพื่อที่จะปรับปรุงสภาวะแวดล้อมไปด้วย ในประเทศไทยนั้นป่าเสื่อมโทรมมีอยู่ทุกภูมิภาคของประเทศ ซึ่งอาจจะเกิดจากการตัดไม้ทำลายป่า เพื่อทำไร่เลื่อนลอย ตัดไม้เกินกำลังของป่า ทำเหมืองแร่และอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการนำระบบวนเกษตรไปใช้ในประเทศไทยก็ยังไม่กว้างขวางเท่าที่ควร

ในระหว่างปี 2527-2533 คณะวิจัยไทย-ญี่ปุ่น ได้ร่วมมือกันทำการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงผลผลิต ทางชีวภาพของที่ดินรกร้างในประเทศ (Im-

provement of biological productivity of tropical wastelands in Thailand, Yoda และ Sahunlu, 1991) โดยดำเนินการวิจัยอยู่ในท้องที่ที่มีสภาพของที่ดินเสื่อมโทรม 3 สภาพใน 4 ท้องที่และสองในสี่ท้องที่นั้นเป็นที่ดินรกร้างหรือที่ดินเสื่อมโทรมอันเนื่องมาจากการทำไร่เลื่อนลอย ในการวิจัยเรื่องนี้ได้รวมเอาการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีการทางวนเกษตรเข้าไปด้วยรายงานการวิจัยเรื่องนี้เป็นส่วนหนึ่งของผลการวิจัยทั้งโครงการ ซึ่งเน้นเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทดลองใช้ระบบวนเกษตรแบบวนวัฒนเกษตร (agrosilvicultural system) ในที่ดินเสื่อมโทรมภายหลังการทำไร่เลื่อนลอยโดยเฉพาะในที่ต่ำในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะที่จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งเป็นภูมิภาคที่มีการตัดไม้เผาป่าเพื่อทำไร่มันสำปะหลังเป็นปริมาณมากที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศไทย วัตถุประสงค์ของเรื่องนี้ก็เพื่อประเมินศักยภาพของผลผลิตของไม้ยืนต้น และพืชเกษตรที่ใช้ในการปลูกร่วมกันบนที่ดินรกร้างดัง

กล่าวเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมในการปรับปรุงที่ดินเสื่อมโทรมอันเกิดจากการทำไร่เลื่อนลอยในที่ต่ำที่นิยมปฏิบัติกันอยู่ในภูมิภาคนี้และในขณะเดียวกันเพื่อศึกษาผลผลิตของพืชทั้งสองประเภท โดยการเปรียบเทียบกับการใช้ไม้ยืนต้น (ไม้ป่า) หรือพืชเกษตรอย่างหนึ่งอย่างใดแต่เพียงชนิดเดียวล้วนอย่างเช่นในการปลูกป่า หรือการทำไร่แบบปกติทั่วไป สำหรับผลผลิตของไม้ยืนต้นนั้น ได้ประเมินผลผลิตเพื่อการใช้สอยด้านต่าง ๆ ส่วนการประเมินผลของการใช้วิธีการดังกล่าวในการปรับปรุงสภาพดินนั้น จะได้นำเสนอในโอกาสต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยเรื่องนี้ได้ดำเนินการในท้องที่อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ (103° 40' ตะวันออก, 16° 35' เหนือ และสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 200 เมตร) ในที่ดินที่เคยเป็นป่าเต็งรังผสมกับป่าดิบแล้ง และถูกถางทำไร่มันสำปะหลังมาแล้วไม่ต่ำกว่า 12 ปี โดยปลูกมันสำปะหลัง ติดต่อกันมาทุกปีจนถึงปี 2527 ที่โครงการวิจัยนี้ได้เริ่มขึ้น สภาพของลมฟ้าอากาศ (ซึ่งได้จากสถานีตรวจอากาศห้วยสีทน อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ซึ่งตั้งอยู่ห่างจากพื้นที่ทดลองไปประมาณ 25 กม.) นั้น มีปริมาณฝนตกรายปีอยู่ในระหว่าง 959 มม. ถึง 1,268 มม. และมีช่วงฤดูแล้งค่อนข้างยาวประมาณ 5-7 เดือน อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดในเดือนเมษายน (28°C ถึง 30°C) และต่ำสุดในเดือนธันวาคม หรือ มกราคม (19.7°C ถึง 21.7°C)

ลักษณะของดินในที่เสื่อมโทรมแห่งนี้ เป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ในดินชั้น A และดินเนื้อละเอียดในดินชั้น B และดินจะแน่นแข็งในฤดูแล้ง มีอินทรียวัตถุค่อนข้างน้อย (0.19-1.41% ในดินล่างและดินผิวตามลำดับ) มี N (available) P (exchangeable) และ K (exchangeable) ประมาณ

13,3 และ 10 ppm ตามลำดับตลอดชั้นดิน ดินมีสภาพเป็นกรด (pH5) ในดินผิว และเป็นกรดจัด (pH4.5) ในดินชั้นล่าง (Sakurai และคณะ, 1991 a,b) ลักษณะเด่นอีกอย่างหนึ่งของท้องที่นี้คือมีวัชพืชจำพวกหญ้าจรจบ (*Penisetum pedicellatum*) ขึ้นช้ำหนาแน่นมากที่สุดแห่งหนึ่งในภูมิภาคนี้

ได้เลือกพื้นที่ดินภายหลังการทำไร่เลื่อนลอย (ไร่มันสำปะหลัง) ประมาณ 2 เฮกตาร์ ที่ค่อนข้างราบ (ลาดเอียงประมาณ 1.4° ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้) และแบ่งเป็นแปลงขนาด 20 × 40 ตารางเมตร จำนวน 15 แปลง สำหรับการทดลองเกี่ยวกับไม้ยืนต้นและขนาด 20 × 40 ตารางเมตร จำนวน 5 แปลง สำหรับการทดลองเกี่ยวกับพืชเกษตรในจำนวน 15 แปลง นี้ได้ใช้มาตรการต่าง ๆ ต่อแปลงทดลองเพื่อปรับปรุงดินสำหรับต้นไม้อายุ 5 แปลงหลังได้แบ่งเป็นแปลงย่อย ๆ ขนาด 10 × 20 ตารางเมตร สำหรับใช้มาตรการต่าง ๆ ต่อแปลงทดลองเพื่อปรับปรุงดินสำหรับปลูกชนิดพืชเกษตรชนิดต่าง ๆ (ดู Yoda และ Sahunulu, 1991) ในที่นี้แปลงที่ใช้ในการทดลองทางด้านวนเกษตรมี 2 แปลง และใช้ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis*, Dehnh.) เป็นไม้ทดลองปลูกด้วยระยะปลูก 2 × 4 เมตร ส่วนแปลงอื่น ๆ ปลูกด้วยระยะปลูก 2 × 2 เมตร และบางแปลงมีปลูกไม้ยืนต้นควบด้วย สำหรับพืชเกษตรที่เลือกใช้ปลูกควบในแปลงดังกล่าวคือ ถั่วลิสง (groundnut) และข้าวฟ่าง (sorghum) ในขณะเดียวกันพืชเกษตรทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวนี้ก็ทดลองปลูกในแปลงทดลองเกี่ยวกับพืชเกษตรเช่นเดียวกับพืชเกษตรชนิดอื่น ๆ ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส นั้นปลูกจากกล้าไม้อายุ 6 เดือน เตรียมจากเมล็ดซึ่งเก็บจากสวนป่าสมเด็จพระองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และ พืชเกษตรทั้ง 2 ชนิด ใช้เมล็ดซึ่งมีขายในท้องตลาดสำหรับถั่วลิสง

ส่วนเมล็ดข้าวฟ่างได้จากสถานีทดลองห้วยสีทน จังหวัดกาฬสินธุ์ ก่อนปลูกได้ทำการไถพรวนดินด้วยแทรกเตอร์อย่างทั่วทั้งแปลงแล้วขุดหลุมปลูกไม้ยูคาลิปตัส ขนาด 30 × 30 × 30 ซม. จำนวนต้นแตกต่างกันไปแล้วแต่ระยะปลูก และยกร่องสูงประมาณ 30 ซม. ห่างกัน 50 ซม. ระหว่างแถวของต้นไม้อายุสำหรับหยอดเมล็ดถั่วลิสงห่างกันหลุมละ 50 ซม. ส่วนแปลงปลูกข้าวฟ่างใช้เมล็ดโปรยตามร่องไถห่างกัน 50 ซม. ต่อจุดและร่องห่างกัน 50 ซม. พืชเกษตรที่อยู่ใกล้แถวของต้นไม้อายุจะห่างจากต้นไม้อายุ 50 ซม. ทุกแถว ก่อนการหยอดเมล็ดถั่วลิสงได้ใช้ปูนขาวคลุกตามร่องที่ขุดขึ้นด้วย ในปี 2531 นั้นเนื่องจากพบว่าการปลูกข้าวฟ่างได้ผลผลิตค่อนข้างต่ำลงมาก ประกอบกับฝนทิ้งช่วงค่อนข้างยาว จึงได้ทดลองเปลี่ยนชนิดพืชเกษตรใหม่เป็นปอกระเจา (kenaf) ซึ่งเป็นพืชเกษตรที่นิยมปลูกโดยเกษตรกรอย่างกว้างขวางแทน ส่วนถั่วลิสงได้ปลูกซ้ำอีกเป็นครั้งที่ 4 ภายหลังจากปลูกไม้ยืนต้นและพืชเกษตรไปแล้วทำการตัดและถอนวัชพืชปีละครั้ง หลังจากปลูกพืชเกษตรได้ประมาณ 2-3 เดือนทุกปี

ทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นไม้ที่ระดับชิดดิน (Do) ที่ระดับ 30 ซม. เหนือพื้นดิน (D30) ที่ระดับ 1.30 ม. เหนือพื้นดิน (D) และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (H) ทุกต้นในแปลง โดยวัด 1 หรือ 2 ครั้งต่อปี ตั้งแต่ปี 2528 ถึง 2532 รวม 8 ครั้ง และคำนวณปริมาณมวลชีวภาพ (ต้น กิ่ง ใบ ราก ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินและทั้งหมด) จากสมการแอลโลเมตรีที่ได้จากการศึกษาในช่วงดังกล่าว และรายงานไว้ในเอกสารของ Yoda และ Sahunulu (1991)

สำหรับปริมาณผลผลิตของต้นไม้อายุสำหรับการใช้สอยซึ่งแยกเป็นไม้สำหรับทำไม้สับเพื่อทำเชื้อกระดาษ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ปลายท่อน 4.8 ซม. ทั้งกิ่งและลำต้น) ไม้สำหรับทำถ่าน (ขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลางที่ปลายท่อน 2 ซม.) และไม้สำหรับทำฟืน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ปลายท่อน 1 ซม.) นั้นได้ประเมินจากไม้ตัวอย่างที่ตัดลงในปี 2534 (เมื่อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสมีอายุได้ 6 ปี) และเป็นค่าเฉลี่ย และประมาณหาปริมาณเศษไม้ปลายไม้มวมทั้งใบที่จะต้องทิ้งเมื่อมีการทำไม้ด้วยการศึกษาส่วนนี้จะเสนอรายละเอียดในโอกาสต่อไป

สำหรับผลผลิตของพืชเกษตรนั้นได้ทำการเก็บเกี่ยวปีละครั้งเมื่อปลูกไปได้ประมาณ 4-5 เดือน (ทั้งสองชนิด) โดยปลูกประมาณเดือนพฤษภาคมของทุกปีและเก็บเกี่ยวประมาณเดือนตุลาคมของทุกปีจนกว่าจะปลูกไม่ได้ผล โดยคิดปริมาณผลผลิตในรูปมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ (ต้น ใบ ราก ผัก และทุกส่วนรวมกันยกเว้นรากของข้าวฟ่าง) จากการเก็บเกี่ยวหมดทั้งแปลง

ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินในระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ผิวถึงระดับความลึก 130 ซม. ในตอนเริ่มต้นการทดลองในบริเวณแปลงทดลองและเก็บเฉพาะดินผิว (ลึก 0-10 ซม.) กับดินล่าง (20-30 ซม.) ภายหลังจากดำเนินการปลูกพืชไปแล้วเป็นระยะ ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเก็บดินก่อนการเก็บเกี่ยวพืชเกษตรและภายหลังจากการเตรียมที่ดินก่อนการปลูกพืชเกษตรด้วย และนำดินไปวิเคราะห์ทั้งทางฟิสิกส์และทางเคมี บางแปลงตัวอย่างได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในดินด้วย แต่การศึกษาส่วนนี้จะนำเสนอในโอกาสอื่น

ผลและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกพืชเกษตรควบและปลูกด้วยการปรับปรุงดินโดยใช้มาตรการต่าง ๆ

จากการใช้มาตรการต่าง ๆ ในการปรับปรุงดินในดินที่เสื่อมโทรมภายหลังการทำไร่เลื่อนลอย (ในที่ต่ำ) และทดลองปลูกต้นไม้อายุ (ยูคาลิปตัส คามาล-

ดูเลนซีต) และปลูกพืชเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งถั่วลิสงและข้าวฟ่าง ทั้งการปลูกเดี่ยว ๆ และการปลูกควบคู่กันไม้ และทำการเก็บเกี่ยวทั้งหมด 4 ครั้ง ในช่วง 4 ปีนั้น พบว่า ผลผลิตของต้นไม้ทั้งที่ปลูกเดี่ยว ๆ และปลูกพืชเกษตรควบคู่กันนั้นได้ผลผลิตสูงอย่างน่าพอใจ และพืชเกษตรที่ปลูกควบคู่กันก็ไม่ได้ทำให้ต้นไม้ชะงักงันการเจริญเติบโตแต่อย่างใด ปริมาณการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส ในทุกแปลงรายงานไว้โดย Kanzaki และคณะ (1991) และผลผลิตของพืชเกษตรชนิดต่าง ๆ รายงานไว้โดย Sakurai และคณะ (1991c) จากการทดสอบอัตราการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัสในทุกแปลงพบว่าอัตราการเจริญเติบโต ตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งมีอายุได้ 4 ปี 5 เดือน นั้นจะมีอัตราการเจริญเติบโตซึ่งคำนวณจากการปรับสมการ (fit) เข้ากับข้อมูลของการเจริญเติบโตในรูปมวลชีวภาพทั้งหมด (เหนือพื้นดินรวมกับรากด้วย) โดยใช้ Gompertz growth model

คือ $y^* = e^{-e^{-kt}}$ หรือ $\ln(\ln 1/y^*) = a - kt$ โดยที่ y^* คือปริมาณมวลชีวภาพรวมทั้งหมดหารด้วย 100 ($y^* = y/100, t, ha^{-1}$) t คืออายุของต้นไม้ในแต่ละแปลง (yr) a และ k เป็นค่าคงที่ ซึ่งในที่นี้ค่า a คือค่า $\ln(\ln 1/y^*)$ เมื่อ $t = 0$ และค่า k คือค่า gradient ของความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(\ln 1/y^*)$ กับ t หรือ k เป็นค่าอัตราการเจริญเติบโตทางมวลชีวภาพรายปีโดยเฉลี่ยเมื่อให้ปริมาณชีวภาพอยู่ในรูปของ $\ln(\ln 1/y^*)$ ดังกล่าวแล้วดังผลการศึกษที่แสดงไว้ใน Table 1 ซึ่งจะเห็นว่าการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีตทุกแปลงมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพรายปีอยู่ในระดับประมาณ 0.5 ถึง 0.7 (เฉลี่ย 0.6) ซึ่งใกล้เคียงกันมากถึงแม้จะใช้มาตรการใด ๆ ต่อดินก็ตามและ/หรือปลูกโดยการปลูกควบคู่กับพืชเกษตร (SE-5, 6) หรือปลูกเดี่ยว ๆ หรือปลูกควบคู่กับไม้ป่าชนิดอื่น (SE-1 ปลูกควบคู่กับ *Acacia mangium* SE-2 และ 10 ปลูก

Table 1 The relationships between total stand biomass production and age of *Eucalyptus camaldulensis* expressed as $y^* = e^{-e^{-kt}}$ in different planting patterns^{1/}

Plot code ^{2/}	Planting patterns	Equations	r ²
SE-1	Mixed planting	$\ln(\ln 1/y^*) = 2.128 - 0.591t$	0.9682
SE-2	Mixed planting	$\ln(\ln 1/y^*) = 2.140 - 0.595t$	0.9686
SE-4	Monoculture	$\ln(\ln 1/y^*) = 2.123 - 0.719t$	0.8859
SE-5	Intercropping with groundnut	$\ln(\ln 1/y^*) = 2.068 - 0.551t$	0.9390
SE-6	Intercropping with sorghum ^{3/}	$\ln(\ln 1/y^*) = 2.137 - 0.549t$	0.9526
SE-9	Monoculture	$\ln(\ln 1/y^*) = 1.941 - 0.714t$	0.9604
SE-10	Mixed planting	$\ln(\ln 1/y^*) = 2.070 - 0.643t$	0.9567
SE-11	Monoculture	$\ln(\ln 1/y^*) = 1.867 - 0.673t$	0.9577
All plot average ^{4/}	—	$\ln(\ln 1/y^*) = 2.060 - 0.641t$	0.9622

^{1/} $y^* = y/100$, where y = total biomass (t, ha^{-1})
 t = age (yr)

^{2/} for detail of planting spaces and plot treatments see Kanzaki *et al* (1991)

^{3/} changed into kenaf in the fourth cropping period

^{4/} Average of total biomass of all plot in each period (y , t, ha^{-1})

Table 2 Tree size, survival and relative growth rate (RGR) of total stand biomass of 4.4 – year old *Eucalyptus camaldulensis* planted in different soil treatment and patterns^{1/}

Plot code ^{2/}	Average		Survival (%)	RGR ($t, t^{-1} \cdot yr^{-1}$)
	DBH (cm)	H (m)		
SE-1	9.31	12.39	94	2.122
SE-2	9.21	12.15	96	2.124
SE-4	8.47	12.43	90	2.093
SE-5	8.94	11.40	97	2.087
SE-6	8.50	11.10	100	2.075
SE-9	8.52	12.65	85	2.059
SE-10	10.27	12.95	96	2.167
SE-11	7.95	11.76	98	2.053
All plot average	8.90	12.07	94.5	2.096

^{1/} $RGR = (\ln y_2 - \ln y_1)/(t_2 - t_1)$ where y_1 and y_2 are total stand biomass (t, ha^{-1}) at t_1 and t_2 respectively and $t_2 - t_1 = 4.4$ yr

^{2/} for detail of planting spaces and plot treatments see Kanzaki *et al* (1991)

ควบคู่กัน) แต่มีส่วน แตกต่างกันอยู่บ้างก็ตรงที่มีการปลูกโดยใช้ระยะปลูกหรือระดับความหนาแน่นต่างกัน ทั้งนี้เพื่อที่จะใช้ที่ว่างในระหว่างแถวของต้นไม้ยูคาลิปตัส เพื่อปลูกพืชเกษตรหรือต้นไม้อื่นควบและถ้าหากปลูกเดี่ยว ๆ (SE-4, 9 และ 11) จะเห็นว่ามีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพค่อนข้างสูง (0.7) นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับปริมาณมวลชีวภาพของกล้าไม้ต่อพื้นที่ที่เริ่มปลูกด้วย ดังนั้นเมื่อศึกษาการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate ; RGR, $t, t^{-1} \cdot yr^{-1}$) แล้วจะพบว่าทุกแปลงมี RGR ไม่แตกต่างกันมากนัก (Table 2) แม้จะมีขนาดความโต ความสูง และอัตราการรอดตายต่างกันก็ตาม คือ ปริมาณ 2.06 ถึง 2.17 (เฉลี่ย $2.10 t, t^{-1} \cdot yr^{-1}$) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีตนั้นจะเพิ่มปริมาณมวลชีวภาพได้ 2 เท่าตัวต่อปีจากปริมาณมวลชีวภาพเดิม ซึ่งเป็นไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็วมากชนิดหนึ่ง

มีรายงานการศึกษาถึงการเจริญเติบโตของไม้ยูคา-

ลิดัส คามาลดูเลนซีต ที่ปลูกในระบบวนเกษตร โดยปลูกพืชเกษตรชนิดต่าง ๆ ควบแล้วทำการเจริญเติบโตของไม้ชนิดนี้ดีขึ้นเช่น ผลการศึกษาของพิทยา และจักรพล (2528) ที่จังหวัดศรีสะเกษ แต่ในการศึกษานี้ได้ปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีตขึ้นในที่ดินที่เสื่อมโทรมอันเนื่องมาจากการใช้ในการปลูกมันสำปะหลังมาแล้วเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 12 ปี ดังนั้นการเจริญเติบโตของต้นไม้จึงอาจจะน้อย และแม้จะใช้มาตรการต่าง ๆ ช่วยทั้งการไถพรวนดิน ใส่ปุ๋ยและปลูกไม้ยืนต้นตระกูลถั่ว (*A. mangium* และประดู่) และพืชเกษตรที่เป็นพืชตระกูลถั่ว (ถั่วลิสง) เป็นพืชควบก็ตาม

สำหรับผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีต ที่ปลูกควบคู่กับถั่วลิสง และข้าวฟ่าง (SE-5, 6) นั้นแสดงไว้ใน Fig.1 ซึ่งในแปลงที่ปลูกข้าวฟ่างควบคู่กัน ในปีแรกปลูกไม้ได้ผลเนื่องจากมีช่วงแล้งยาวนานและมีฝนตกชุกในปลายฤดูเก็บเกี่ยวทำให้

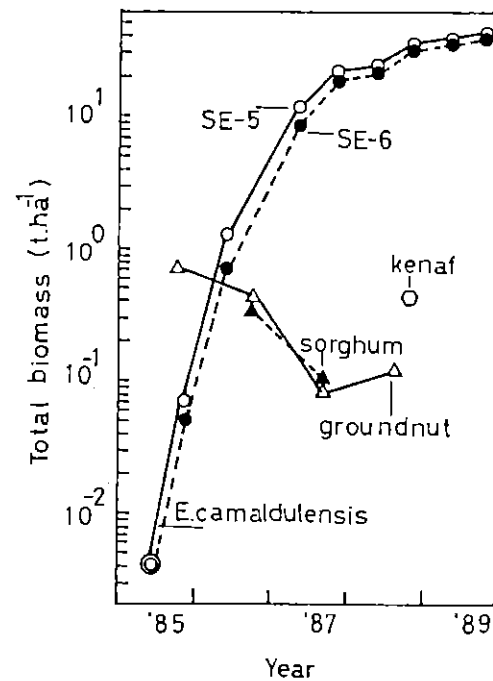


Figure 1 Biomass production of *Eucalyptus camaldulensis* planted with groundnut (SE-5) and sorghum (SE-6) and crop productions. Kenaf was replaced the sorghum in the fourth cropping period in SE-6. For plot code and treatments see Kanzaki et al (1991)

ข้าวฟ่างได้รับอันตรายจากเชื้อราต่อมาได้เปลี่ยนพืชเกษตรไปปลูกปอกระเจา (kenaf) แทนซึ่งจะเห็นว่าปอกระเจานั้นถึงแม้ว่าต้นไม้มันจะโตและมีเรือนยอดปกคลุม (ในปีที่ 4) ก่อนข้างมากแล้วก็ตามแต่ยังมีโอกาสที่จะปลูกควบกับไม้ยูคาลิปตัสได้อยู่ หากมีการปลูกควบแต่ปีแรก คาดว่าจะได้ผลผลิตไม่น้อยกว่าในปีที่ 4 แต่อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ชัดจากการปลูกถั่วลิสงควบ (SE-5) นั้นในปีแรกจะได้ผลผลิตสูงใกล้เคียงกับปอกระเจาซึ่งปลูกควบในปีที่ 4 เพราะว่าไม้ยูคาลิปตัส ทั้ง 2 แปลงมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันมากนัก (Table 1, 2) อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของถั่วลิสงก็จะลดลงในปีถัด ๆ มา (Fig. 1) ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเกิดการแก่งแย่งขึ้นระหว่าง

ต้นไม้มักพืชเกษตรที่ปลูกควบ เช่นเดียวกับการปลูกพืชเกษตรควบกับไม้อื่น ๆ เช่น มันสำปะหลังกับไม้เลื้อย (พวงหรีด และ คณะ, 2524) เป็นต้น

2. ผลผลิตของพืชเกษตรที่ปลูกควบกับไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันและปลูกด้วยการปรับปรุงดินโดยใช้มาตรการต่าง ๆ

จากปริมาณผลผลิตของถั่วลิสง และข้าวฟ่างที่เก็บเกี่ยวได้ 4 ครั้ง และ 2 ครั้ง ตามลำดับ (Fig. 2) นั้น ผลผลิตของพืชเกษตรทั้ง 2 ชนิดที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดจะผันแปรมากในแต่ละครั้งของการเก็บเกี่ยวและผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละมาตรการของการปรับปรุงดิน ตลอดทั้งผลผลิตที่ได้จากการปลูกควบกับไม้ยูคาลิปตัส จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 3, 4) โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลผลิตของถั่วลิสงมีแนวโน้มลดลงในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 เป็นต้นไป ยกเว้นบางมาตรการที่ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 เช่น ในดินที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีด้วยปริมาณ 1/4 (CFQ) ของแปลงที่ใช้ปุ๋ยเคมีปรกติ (NPK 15:15:15, 0.25 t.ha⁻¹.yr⁻¹) และในดินที่มีการไถพรวนแต่อย่างเดียว (P) ส่วนผลผลิตของข้าวฟ่างจะเพิ่มขึ้นในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 เฉพาะในแปลงที่ใช้ปุ๋ยเคมี (CF) และแปลงที่ใช้ปุ๋ยเคมีผสมปุ๋ยหมัก (C + CF) อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของพืชเกษตรทั้ง 2 ชนิดนี้จะเก็บเกี่ยวได้น้อยที่สุดในแปลงที่ปลูกควบกับไม้ยูคาลิปตัส (เฉลี่ย 0.33 t.ha⁻¹ สำหรับถั่วลิสง และเฉลี่ย 0.21 t.ha⁻¹ สำหรับข้าวฟ่าง) แต่ที่น่าสังเกตก็คือผลผลิตของถั่วลิสงจะค่อนข้างสูงในแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยใด ๆ เลยยกเว้นแต่ที่มีการไถพรวนดินเท่านั้น (P) คือเฉลี่ย 1.47 t.ha⁻¹ (Table 3) สำหรับผลผลิตของถั่วลิสงที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 4 ในแปลงที่ปลูกควบกับไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยนั้นอาจจะเป็นเพราะว่าที่ดินได้รับการปรับปรุงให้มีสภาพดีขึ้นบ้างแล้วก็ได้ เพราะว่าได้ปลูกถั่วลิสงควบ

Table 3 Variations of groundnut yield (total biomass, t.ha⁻¹) in different soil treatments and in the intercropping plot according to the harvest times^{1/}
(1) ANOVA

SOV	DF	SS	MS	F	F – table	
					P 0.05	P 0.01
Harvest times	3	4.542	1.513	10.583**	3.29	5.42
Treatments	5	3.598	0.720	5.030**	2.90	4.56
Error	15	2.150	0.143			
Total	23	10.290				

(2) Duncan new multiple range test

Treatments ^{2/}	INT.	CF	CFQ	C + CF	C	P	unit
Mean ^{3/}	0.33 ^b	1.19 ^a	1.28 ^a	1.37 ^a	1.39 ^a	1.47 ^a	t.ha ⁻¹
Harvest times	4	3	2	1			
Mean ^{3/}	0.65 ^b	0.84 ^b	1.52 ^a	1.68 ^a			t.ha ⁻¹

^{1/} For treatments and harvest & times see Sakurai et al (1991c)

^{2/} INT. = Intercropping, CF = Chemical fertilizer (N P K 15 : 15 : 15, 0.25 t.ha⁻¹ · yr⁻¹)
CFQ = 1/4 of chemical fertilizer used in CF plot, C = Compost (Bangkok compost No. 1, 1 t.ha⁻¹ · yr⁻¹), C + CF = mixed compost and chemical fertilizer, P = Plowing by tractor.

^{3/} Figures with the same character are non – significant difference (P 0.05)

** = highly significance

Table 4 Variations of sorghum yield (total biomass, t.ha⁻¹) in different soil treatments and in the intercropping plot according to the harvest times^{1/}
(1) ANOVA

SOV	DF	SS	MS	F	F – table	
					P 0.05	P 0.01
Harvest times	1	0.046	0.046	0.317 ^{ns}	6.61	16.26
Treatments	5	8.894	1.779	12.268**	5.05	10.97
Error	5	0.726	0.145			
Total	11	9.666				

(2) Duncan new multiple range test

Treatments ^{2/}	INT.	CFQ	C	CF	P	C + CF	unit
Mean ^{3/}	0.21 ^c	1.38 ^b	1.69 ^b	1.80 ^{ab}	1.92 ^{ab}	2.77 ^a	t.ha ⁻¹

^{1/} For treatments and harvest times see Sakurai et al (1991c)

^{2/} For abbreviations see table 3.

^{3/} Figures with the same character are non-significant difference (P 0.05)

** = highly significance, NS = non-significance

กับไม้ยูคาลิปตัสมาเป็นเวลา 3 ปีแล้วซึ่งทั้งเศษเหลือของถั่วลิสงและซากพืชจากไม้ยูคาลิปตัสจะช่วยให้อาหารได้เวียนกลับสู่ดินไม่มากนักน้อย แต่สำหรับข้าวฟ่างนั้นจะได้ผลผลิตสูงในแปลงที่ใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดผสมกันแต่ก็ไม่ต่างไปจากแปลงที่มีการไถพรวนดินอย่างเดียวแต่อย่างใด (Table 4) ในกรณีเช่นนี้ดินเสื่อมโทรมภายหลังการทำไร่เลื่อนลอยโดยการปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันหลายปีนั้นค่อนข้างจะยากต่อการปรับปรุงดินเพื่อการเกษตรโดยเฉพาะเพราะจำเป็นต้องลงทุนค่อนข้างสูงในการเตรียมพื้นที่และใช้ปุ๋ยเป็นปริมาณที่ค่อนข้างมาก ผลผลิตในด้านชีวภาพที่ได้ก็ไม่สูงจนเป็นที่น่าพอใจซึ่งต่างจากการปลูกต้นไม้ ซึ่งจะเห็นว่าได้ผลผลิตด้านชีว-

ภาพสูงหลายเท่าตัวในเวลาเท่ากัน (Fig. 1) และการปลูกพืชเกษตรควบในระยะเวลาที่ดินไม้ยังเล็กอยู่ก็น่าจะได้ประโยชน์ทั้งทางด้านการเกษตร และการป่าไม้ควบคู่กันไปในที่ดินผืนเดียวกัน ซึ่งเป็นจุดสำคัญของระบบวนเกษตร

3. ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของต้นไม้กับพืชเกษตรที่ปลูกควบในระบบวนเกษตร

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตของพืชเกษตรอันเกิดจากการปลูกควบกับต้นไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส ซึ่งเป็นที่กล่าวขวัญถึงพืชภัยอันอาจจะเกิดจาก allelopathy effect นั้นจาก Fig. 1 จะเห็นได้ว่าผลผลิตของพืชเกษตรทั้งสองชนิดจะลดลงเมื่อผลผลิต

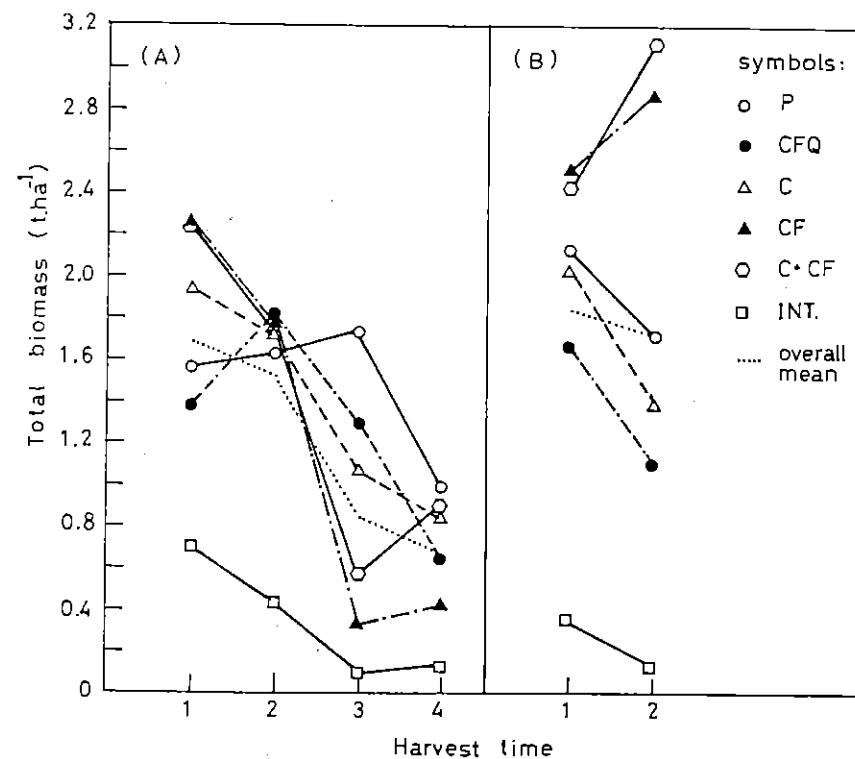


Figure 2 Total biomass yield of groundnut (A) and sorghum (B) grown in different soil treatments and in the intercropping plots (SE-5, 6,) in the 4 cropping periods. For abbreviations see table 3.

ของไม้ยูคาลิปตัสเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในขณะเดียวกันในแปลงซึ่งเคยปลูกข้าวฟ่างควบมาก่อนแล้ว 3 ครั้ง (SE-6) แล้วเปลี่ยนไปเป็นพืชชนิดอื่น เช่น ปอกระเจานั้นก็จะยังคงทำให้สามารถปลูกปอกระเจาได้ผลผลิตไม่น้อยกว่าถั่วลิสงในการเก็บเกี่ยวได้ครั้งแรก หากไม้ยูคาลิปตัสมีผลในทางยับยั้งพืชชนิดอื่นแบบเป็นพิษก็น่าจะทำให้ปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดนี้ไม่ได้ผลเลยไม่ว่าจะเป็นในช่วงปีใด และเมื่อพิจารณาจากการลดลงของผลผลิตพืชเกษตรทั้งถั่วลิสง และข้าวฟ่างแล้วจะเห็นว่า ผลผลิตนั้นลดลงอย่างค่อนข้างสม่ำเสมอ ไม่เหมือนกับการผันแปรของผลผลิตของพืชทั้งสองชนิดที่ปลูกเดี่ยว ๆ (Fig. 2) ซึ่งแม้จะมีการใช้มาตรการต่าง ๆ ต่อดินอย่างดีแล้วก็ตามก็ไม่อาจคาดการณ์ผลผลิตในรอบต่อ ๆ ไปได้อีกประการหนึ่งอาการของพืชเกษตรที่ได้รับพิษหากจะเกิดจากไม้ยูคาลิปตัสโดยตรงก็ควรจะมีการตายของพืชเกษตรที่ปลูกอย่างใกล้ชิดกับต้นไม้ หรือเกิดการตายอย่างกว้างขวางทั่วทั้งแปลง แต่เหตุการณ์ไม่ได้เป็นไปอย่างที่ว่ากล่าวกลับมีผลผลิตของพืชเกษตรที่เก็บเกี่ยวได้ เพียงแต่ว่ามีผลผลิตลดลงอย่างสม่ำเสมอตามการเพิ่มขึ้นของผลผลิตของต้นไม้ซึ่งเกิดขึ้นควบคู่ไปกับการกำบังแสงจากเรือนยอดของต้นไม้ที่โตมากขึ้นและมีเรือนรากแผ่ขยายไปในบริเวณกว้างขวางขึ้นเรียกว่าเกิด interspecific competitive interactions เพื่อยืนยันเหตุผลดังกล่าว Fig. 3 ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส ในแต่ละปี (เมื่ออายุครบปี) กับปริมาณผลผลิตของพืชเกษตรที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งในรอบปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของถั่วลิสงนั้นความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้แสดงได้ด้วยสมการ $y = 1 - e^{-1.036 + 0.031x}$ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดที่สุด ($r^2 = 0.820$) ส่วนกรณีของข้าวฟ่างนั้นเนื่องจากมีข้อมูลน้อยได้ประมาณการด้วยตา (เส้นประ) ซึ่งจะเห็นว่าการลดลง

ของผลผลิตพืชเกษตรนั้นเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและค่อย ๆ ลดลงเช่นเดียวกับในกรณีของผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกควบกับไม้เลื้อย (พวงหรีด และคณะ, 2524) ซึ่งเป็นลักษณะของการแก่งแย่งระหว่างพืชทั้ง 2 ชนิดมากกว่าจะเป็นการกำจัดซึ่งกันและกัน ถ้าเป็นดังนี้ก็สมารถจะประมาณการได้ว่าในกรณีของการปลูกไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส (โดยใช้ระยะปลูก 2×4 เมตร) ควบกับถั่วลิสงนั้นจะปลูกถั่วลิสงไม่ได้อีก (ผลผลิตเป็น 0) เมื่อมวลชีวภาพของไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิสสูงขึ้นถึง 33.42

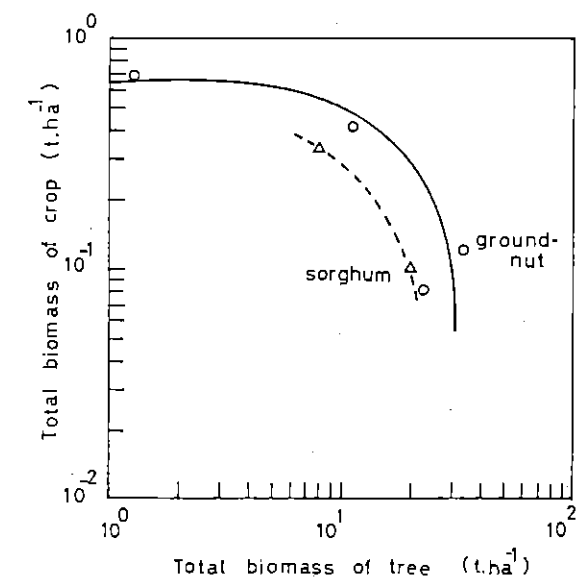


Figure 3 The relationships between yields of groundnut and *Eucalyptus camaldulensis* in the intercropping plot. Tick line indicates the correlation between groundnut yield (y) and tree yield (x) fitted by $y = 1 - e^{-1.036 + 0.031x}$ ($r^2 = 0.820$) Dash line is an approximation for sorghum yield. Both pairs of data are in logarithmic scale.

t.ha⁻¹ นั่นคือเมื่อปลูกไม้ยูคาลิปตัสไปได้ประมาณ 3.6 ปี (คำนวณจากสมการใน Table 1) และในทำนองเดียวกันจะได้ผลผลิตของถั่วลิสงสูงสุดในปีแรกเมื่อต้นไม้ยังเล็กอยู่ แต่ผลผลิตของถั่วลิสงนี้จะไม่สูงไปกว่าการปลูกแบบปลูกเดี่ยว ๆ เมื่อเทียบกับในแปลง P. (เฉลี่ย 1.47 t.ha⁻¹, Table 3) ซึ่งมีการไถพรวนอย่างเดียวกันเช่นเดียวกับในแปลงปลูกควบ แต่การปลูกพืชเกษตรชนิดเดียวกัน ๆ นั้นได้ผลผลิตต่ำเมื่อเทียบกับผลผลิตรวมของพืชเกษตรควบกับต้นไม้ และมีความผันแปรของผลผลิตในการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งค่อนข้างมากและนี่คือข้อบ่งชี้ถึงข้อดี (merit) ของระบบวนเกษตรที่นำมาใช้กับที่ดินเสื่อมโทรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และถ้าต้องการรักษาระดับผลผลิตของทั้งต้นไม้และพืชเกษตรนี้ให้ยั่งยืน (sustainability) ต่อไปก็จำเป็นต้องมีการจัดการกับต้นไม้ให้เหมาะสมเช่นการลิดกิ่งหรือการตัดสาขายาระยะ (พงษ์ศักดิ์, 2535)

เพื่อเป็นการยืนยันถึงผลของการปลูกถั่วลิสงควบกับไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส ว่าไม่มีผลในทางลบ (ด้านพิษภัย) ของไม้ชนิดนี้ต่อถั่วลิสงเป็นประการที่สอง ได้ทำการเปรียบเทียบสัดส่วนต่าง ๆ ของถั่วลิสง (% ของลำต้น ใบ ผล และราก ต่อน้ำหนักแห้งรวม) ที่ปลูกเดี่ยว ๆ ในแปลงที่มีแต่การไถพรวนอย่างเดียว (P) กับ แปลงที่ปลูกควบกับไม้ยูคาลิปตัส (INT) ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวทั้งหมด 4 ครั้ง โดยมีสมมติฐานว่าถ้าหากว่าการปลูกถั่วลิสงควบกับไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส แล้วต้นไม้ไม่มีผลทางลบต่อพืชเกษตรก็น่าจะทำให้อัตราส่วนของผลผลิตของส่วนต่าง ๆ เหล่านั้นผิดแผกไปจากพืชเกษตรที่ปลูกเดี่ยว ๆ โดยมีมาตรการคอดินอย่างเดียวกัน จากการทดสอบทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างดังกล่าว (Table 5) แล้วพบว่าสัดส่วนของลำต้น ของใบ และของผล นั้นไม่แตกต่างกันในระหว่างแปลงที่ปลูกพืชเกษตรเดี่ยว ๆ กับแปลงที่

ปลูกควบกับไม้ยูคาลิปตัส แต่รากของถั่วลิสงจะมีสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์สูงในแปลงที่ปลูกควบกว่าในแปลงที่ปลูกเดี่ยว ส่วนความผันแปรในแต่ละช่วงเวลาของการเก็บเกี่ยวนั้นจะเห็นว่าสัดส่วนของใบและผลจะไม่แตกต่างกันเลย ยกเว้น ลำต้น กับราก ซึ่งมีลำต้นน้อยในการเก็บเกี่ยวครั้งแรกและมีรากมากขึ้นในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ความผันแปรดังกล่าวนี้คาดว่าไม่ใช่เป็นเพราะผลกระทบในด้านลบ (แบบเป็นพิษ) แต่อย่างใด เพราะผลผลิตส่วนที่ใช้ทำสินค้าได้ (ผล) และส่วนที่เป็นใบนั้นก็ยังคงใกล้เคียงกันทั้ง 4 ครั้งของการเก็บเกี่ยว (Table 5) และไม่ใช่เป็นเพราะมาตรการที่ใช้ การที่ถั่วลิสงมีเปอร์เซ็นต์ของรากมากในแปลงที่ปลูกควบนั้นคงจะเป็นผลมาจากการปรับตัวของถั่วลิสง และพบว่าจะมีรากเป็นสัดส่วนสูง ตั้งแต่การปลูกครั้งแรกแม้ไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกควบจะยังเล็กอยู่ก็ตาม จึงมีผลทำให้สัดส่วนของรากถั่วลิสงในแปลงที่ปลูกควบสูงกว่าในแปลงที่ปลูกเดี่ยวและการมีรากมากก็จะช่วยในการยึดเกาะเนื้อดินได้ดีขึ้นตลอดทั้งอาจจะผลิตจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้อาศัยอยู่ตามรากมากขึ้นตามไปด้วยเพราะถั่วลิสงเป็นพืชตระกูลถั่ว

4. ผลผลิตของต้นไม้และพืชเกษตรจากระบบวนเกษตรเพื่อการใช้สอยด้านต่าง ๆ

เพื่อประเมินถึงประโยชน์ของการใช้ที่ดินรกร้าง (เสื่อมโทรม) ในการผลิตพืชเพื่อการใช้สอยด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะในการนาระบบวนเกษตรไปประยุกต์นั้น ได้ทำการประเมินผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส เมื่อมีอายุ 4 ปี ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สุดที่จะนำไม้ไปใช้ประโยชน์ได้หลังจากปลูก และเป็นช่วงที่หากจะทำการปลูกพืชเกษตรควบต่อไปก็จะได้ผลผลิตต่ำมากโดยการประมาณหาปริมาณเนื้อไม้ สำหรับทำไม้สับ (chipwood) เพื่อการแปรรูปเป็นเยื่อกระดาษ (pulp) ไม้สำหรับ

ทำถ่าน (charcoal) และไม้สำหรับทำฟืน (firewood) โดยใช้เกณฑ์การจำแนกตามระบบที่มีการทำไม้ออกในสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้จากการประเมินเบื้องต้นพบว่าไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส เมื่อมีอายุ 6 ปี (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2535) มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 87.29 กก./ต้น สามารถใช้ทำไม้สับได้เฉลี่ย 81.6% สำหรับใช้ทำถ่านได้ 8.5% ไม้สำหรับใช้ทำฟืนได้ 2.3% และเป็นเศษไม้ปลายไม้ (รวมทั้งใบด้วย) 7.7% ของปริมาณชีวภาพเหนือพื้นดิน (น้ำหนักแห้ง) ประกอบกับผลผลิตของพืชเกษตรที่จะใช้เป็นสินค้าได้คือถั่วลิสงและรวงข้าวฟ่างนั้นได้ศึกษาแยกไว้ด้วยแล้ว ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงสามารถประมาณผลผลิตของต้นไม้เพื่อการใช้สอยด้านต่าง ๆ และเศษไม้ปลายไม้รวมกับเศษพืชเกษตร (ลำต้น ใบ และราก) ซึ่งได้จากการเก็บเกี่ยวได้ดังแสดงไว้ใน Table 6 อย่างไรก็ตามผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส เมื่ออายุ 4 ปี ที่ได้จากการศึกษานี้มีผลผลิตทั้งหมดต่อพื้นที่แตกต่างกันไปตามระยะปลูกและมาตรการที่ใช้กับดิน แต่จะเห็นได้ชัดเจนว่าการปลูกไม้ยูคาลิปตัส บนที่ดินเสื่อมโทรมแห่งนี้ โดยทำการไถพรวนแต่อย่างเดียว (SE-4) นั้นได้ผลผลิตค่อนข้างสูง (ระยะปลูก 2 x 2 เมตร) และใกล้เคียงกับที่ Thoranisoru และคณะ (1990) รายงานไว้สำหรับการทดลองปลูกไม้ชนิดนี้ด้วยระดับความหนาแน่นต่าง ๆ กัน ที่สมเด็จเมื่อมีอายุเท่ากัน (56.24 t.ha⁻¹ เนื้อพื้นดินทั้งหมด) และสูงกว่าที่ราชบุรีซึ่งทดลองปลูกบนที่ดินลูกรัง (37.53 t.ha⁻¹ เนื้อพื้นดินทั้งหมด) ซึ่งรายงานโดย พงษ์ศักดิ์ และคณะ (2533) ส่วนในแปลงที่ปลูกพืชเกษตรควบซึ่งใช้ระยะปลูก 2 x 4 เมตร (SE-5, 6) นั้นจะได้ผลผลิตค่อนข้างต่ำกว่าที่ทดลองปลูกด้วยระยะเท่ากันและใช้ระบบอย่างเดียวกันที่ศรีสะเกษ (75.52 t.ha⁻¹ เนื้อพื้นดินทั้งหมด) ซึ่งรายงานโดยพงษ์ศักดิ์ และ

คณะ (2530) แต่ในการศึกษาในอดีตนั้นไม่ได้พิจารณาถึงการใช้สอยเนื้อไม้ในรูปต่าง ๆ ยกเว้นแต่การประมาณผลผลิตไม้ฟืน เช่น งานของสรายุทธ (2532) และของพงษ์ศักดิ์ และคณะ (2530) เท่านั้น ในการศึกษาครั้งนี้จะเห็นว่าผลผลิตเพื่อการใช้สอยนั้นไม่ได้แต่เฉพาะส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้เท่านั้น แต่มีผลผลิตของพืชที่เป็นเศษเหลือสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของดินต่อไปเมื่อมีการจัดการที่เหมาะสม เพราะว่าสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการนำกลับไปใช้ในหมู่ (recycle) ธาตุอาหารที่เก็บสะสมในส่วนต่าง ๆ ของทั้งพืชเกษตรและต้นไม้ก็จะถูกนำกลับไปสู่ระบบดินต่อไป ในการศึกษาที่ผลผลิตของต้นไม้สำหรับการใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ จะแตกต่างกันบ้างตามวิธีการ ที่ใช้ในการปรับปรุงดินเพื่อปลูกต้นไม้รวมทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นไม้เอง และเศษไม้ปลายไม้นี้ไม่ได้รวมเอาซากพืช (litterfall) ซึ่งเกิดจากการตายของกิ่งไม้ ใบไม้ และเปลือก ตลอดจนซากพืชที่เกิดการตายลงตลอดช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งถึงระยะตัดฟันด้วย และยังเป็นสวนป่าที่มีพืชเกษตรปลูกควบด้วย โดยเฉพาะถ้าเป็นพืชตระกูลถั่วด้วยแล้วก็จะยิ่งได้ประโยชน์ทางอ้อมนี้มากยิ่งขึ้น นอกเหนือจากผลผลิตที่ทำเป็นสินค้าได้ของทั้งต้นไม้และพืชเกษตร ซึ่งเป็นข้อดีอีกข้อหนึ่งของการประยุกต์ระบบวนเกษตรในการนำที่ดินซึ่งเสื่อมโทรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อทางเศรษฐกิจ และปรับปรุงสภาวะแวดล้อม สำหรับการวิเคราะห์ผลดีทางเศรษฐกิจดูตัวอย่างการศึกษาจาก พิทยา และจักรพล (2528)

ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวพืชเกษตรแล้วนั้น โดยปกติจะต้องทิ้งที่ดินไว้ไม่ต่ำกว่า 6 เดือน จึงจะเริ่มปลูกพืชเกษตรรุ่นใหม่ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่สมเด็จนั้นจะมีหญ้าจรจบขึ้นมากปกคลุมที่ดินเป็นปริมาณมากซึ่งทำให้ที่ดินสูญเสียความสมบูรณ์ไป แต่ในกรณีที่มีการปลูกต้นไม้ควบกับพืชเกษตรด้วย

นั้น ที่ดินจะถูกปกคลุมโดยต้นไม้ตลอดเวลาจนกระทั่งถึงระยะเวลาการตัดต้นไม้ออกจึงไม่มีปัญหาในการกำจัดวัชพืชออกไปเท่าใดนัก ดังนั้นจึงเป็นการเปลี่ยนที่ดินที่เสื่อมโทรมไร้ค่าให้มีค่าขึ้นมาโดยการปลูกไม้ยืนต้นขึ้น

สำหรับส่วนของรากของต้นไม้ยูคาลิปตัสก็คือส่วนของลำต้นตรงที่มีติดอยู่ โดยปรกติแล้วจะแตกหน่อมาใหม่ได้ดี (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2533) จึงไม่ใช่เป็นเศษไม้ปลายไม้ (residues) ที่ทิ้งเปล่า หากได้รับการจัดการที่ดีก็จะกลายเป็นไม้รุ่นต่อไปที่จะนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ได้โดยไม่จำเป็นต้องปลูกต้นไม้ขึ้นมาใหม่อีก

สรุป

การศึกษาเรื่องนี้ สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1. ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกบนที่ดินเสื่อมโทรมภายหลังการทำให้รื้อถอนลอย (ในที่ต่ำ) จากการตัดไม้เผาป่าและปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันมาเป็นเวลา 12 ปีนั้น ไม่ว่าจะใช้มาตรการในการปรับปรุงดินอย่างไรก็ตาม มีการเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ที่ดีใกล้เคียงกันทั้งในรูปของอัตราการเจริญเติบโตรายปีและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ โดยจะมีค่า k จากลักษณะการเจริญเติบโตตามรูปแบบ Gompertz growth model อยู่ระหว่าง 0.5–0.7 (เฉลี่ย 0.6) และมีค่าอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ระหว่าง 2.06–2.17 (เฉลี่ย 2.10 $t.t^{-1}.yr^{-1}$)

2. ผลผลิตของพืชเกษตรโดยเฉพาะถั่วลิสงและข้าวฟ่างที่ปลูกควบกับไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในระบบวนเกษตรนั้นจะน้อยกว่าผลผลิตที่ได้จากการปลูกเดี่ยว ๆ โดยใช้มาตรการปรับปรุงดินต่าง ๆ และปริมาณผลผลิตจะลดลงอย่างสม่ำเสมอเมื่อผลผลิตมวลชีวภาพของต้นไม้เพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตของพืชเกษตรที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งจะผันแปรมาก ในการปลูกแบบเดี่ยว ๆ แม้จะให้ผล

ผลิตมากกว่าในการปลูกควบกับต้นไม้ก็ตามแต่ต้องมีมาตรการในการปรับปรุงดินหลายอย่างเช่นต้องใช้ปุ๋ยเป็นปริมาณมากและต้องทิ้งที่ดินให้ว่างเปล่าเป็นเวลานาน ทำให้วัชพืชรุกรานอย่างรุนแรง

3. จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตของต้นไม้กับพืชเกษตรในการปลูกพืชเกษตรควบกับต้นไม้พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดเมื่อผลผลิตของต้นไม้เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลผลิตของพืชเกษตรค่อย ๆ ลดลง ซึ่งแสดงถึงการแย่งแย่งมากกว่าจะเป็นเพราะสาเหตุอื่นและในสภาพของการทดลองครั้งนี้สามารถจะประมาณผลผลิตของพืชเกษตรโดยเฉพาะถั่วลิสงได้จากปริมาณผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกในท้องที่อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ ด้วยระบบปลูก 2×2 เมตร ได้ว่า เมื่อต้นไม้มีมวลชีวภาพสูงถึง 33.42 $t.ha^{-1}$ หรือมีอายุได้ 3.6 ปี จะปลูกพืชเกษตรควบกับไม้ได้ผลแต่จะได้ผลสูงในปีแรก เมื่อต้นไม้ยังเล็กอยู่ (มีมวลชีวภาพต้นไม้มีน้อยอยู่) และไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ไม่ให้ผลกระทบในทางลบต่อถั่วลิสงแต่อย่างใดจากการศึกษาถึงสัดส่วนต่าง ๆ ของถั่วลิสงเปรียบเทียบกับระหว่างแปลงที่ปลูกเดี่ยว ๆ และแปลงที่ปลูกควบโดยมีมาตรการที่ใช้กับดินอย่างเดียวกัน

4. ผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สำหรับใช้สอยในด้านต่าง ๆ เมื่อมีอายุ 4 ปี ทั้งในรูปที่ทำเป็นสินค้าได้ (ไม้สำหรับทำไม้สับ ไม้สำหรับทำถ่าน และไม้สำหรับทำฟืน) นั้นจะอยู่ในช่วง 21–46, 2.2–4.8 และ 0.6–1.3 $t.ha^{-1}$ สำหรับไม้สับไม้ทำถ่านและไม้ฟืนตามลำดับ และในรูปที่เป็นเศษไม้ปลายไม้ที่รวมเฉพาะของต้นไม้ และรวมกับซากเหลือของพืชเกษตรอยู่ในช่วง 2.4–4.4 $t.ha^{-1}$ สำหรับส่วนที่เหลืออยู่เหนือพื้นดินและ 8.7–18.8 $t.ha^{-1}$ เมื่อรวมส่วนที่อยู่ใต้ดิน (รากของต้นไม้) ด้วยทั้งนี้ยังไม่ได้รวมซากพืช (litterfall) ของไม้

ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เข้าไปด้วยซึ่งจะแตกต่างกันไปแล้วแต่มาตรการที่ใช้ในการปรับปรุงดินเพื่อปลูกต้นไม้และพืชเกษตร และรูปแบบของการปลูกแต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ และชี้ให้เห็นถึงผลดีของระบบการปลูกต้นไม้ร่วมกับพืชเกษตร (วนเกษตร) ซึ่งจะได้ผลทั้งทางด้านเศรษฐกิจและทางด้านการปรับปรุงสภาวะแวดล้อมที่เสื่อมโทรมไปด้วย

คำนิยาม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทีมงานโครงการวิจัยร่วมมือ ไทย-ญี่ปุ่น เกี่ยวกับ wasteland ทั้งฝ่ายไทยและฝ่ายญี่ปุ่นที่อนุญาตให้ใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยทุกส่วนมาวิเคราะห์ในครั้งนี้อย่างดีและขอขอบคุณรัฐบาลญี่ปุ่นและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนโครงการใหญ่ทั้งหมดในระหว่างปี 2527–2533

เอกสารอ้างอิง

- พิทยา เพชรหมาก และจักรพล จักรพลวรฤทธิ์. 2528. การปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยระบบวนเกษตร. รายงานการสัมมนา ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 125–141.
- พงษ์ศักดิ์ สหุนาฟู ปรีชา ธรรมานนท์ วิสุทธิ์ สุวรรณภินันท์ และบัวเรศ ประไชโย. 2524. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิของสวนป่าในระบบวนวัฒน - เกษตรในประเทศไทย. I. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของสวนป่าไม้เถื่อนที่ปลูกควบกับมันสำปะหลัง ที่สมเด็จพระเทพฯ. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 78. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- พงษ์ศักดิ์ สหุนาฟู พิทยา เพชรหมาก จักรพล จักรพลวรฤทธิ์ และปรีชา ธรรมานนท์. 2530. ผลของความหนาแน่นของการปลูกป่าต่อผล

ผลิตของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกเพื่อการประยุตระบบวนเกษตร. วารสารวนศาสตร์ 6 (3) : 213–238.

พงษ์ศักดิ์ สหุนาฟู บุญฤทธิ์ ภูริยากร ปรีชา ธรรมานนท์ และพิทยา หิรัญพันธ์. 2533. ผลผลิตของไม้พืชนานาเล็อกจากการตัดสาขายาระยะสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์ 24 (3) : 306–319.

พงษ์ศักดิ์ สหุนาฟู. 2535. การประยุตหลักการพัฒนาแนววิทยาศาสตร์ ป่าโซนร้อนกับการพัฒนาระบบวนเกษตร. เอกสารประกอบการบรรยายในการฝึกอบรมหลักสูตร “การปลูกสร้างสวนป่าและวนเกษตร” รุ่นที่ 3. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 23 หน้า.

พงษ์ศักดิ์ สหุนาฟู ปรีชา ธรรมานนท์ บัวเรศ ประไชโย และสำราญ พงษ์โคกกรวด. 2535. ผลผลิตของไม้สำหรับใช้สอยจากการปลูกป่าโดยการใช้อนุมาตรการต่าง ๆ. (ยังไม่ได้ตีพิมพ์)

สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน. 2532. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิส่วนเหนือพื้นดิน ผลผลิตไม้ฟืนและคุณสมบัติของถ่านของพันธุ์ไม้ 5 ชนิด. วารสารวนศาสตร์ 8 (1) : 60–69.

Huxley, P.A. (ed.). 1983. Plant research and agroforestry. ICRAF, Nairobi, Kenya. 617 pp.

Kanzaki, M., K. Kimura, H. Kawaguchi, P. Sahunulu, P. Dhanmanonda, V. Tanpibal, B. Prachaiyo, B. Puriyakorn, K. Muangnil, P. Preechapanya, S. Throani-sorn, T. Yoneda, H. Sato and K. Yoda. 1991. Biomass production and survival of trees planted in tropical wastelands in Thailand. In : Improvement of Biological Productivity of Tropical Wastelands in

- Thailand. ed. by K.Yoda and P. Sahunalu. Dept. of Biology, Osaka City University. 49-92.
- Sakurai, K., B. Puriyakorn, P. Preechapanya, V. Tanpibal, K. Muangnil, T. Attanandana, T. Naganawa and B. Prachaiyo. 1991 a. Soil profile descriptions and its physical properties. In : Improvement of Biological Productivity of Tropical Wastelands in Thailand. ed. by K. Yoda and P. Sahunalu. Dept. of Biology, Osaka City University. 215-248.
- Sakurai, K., T. Attanandana, V. Tanpibal, B. Puriyakorn, K. Muangnil and B. Prachaiyo. 1991 b. Distribution of soil organic matter and heavy metals. In : Improvement of Biological Productivity of Tropical Wastelands in Thailand. ed. by K. Yoda and P. Sahunalu. Dept. of Biology, Osaka City University. 249-266.
- Sakurai, K. T. Attanandana, V. Tanpibal, B. Puriyakorn, K. Muangnil, P. Preechapanya, S. Araki, T. Naganawa, G. Iwatsubo and P. Prachaiyo. 1991 c. Changes in soil chemical characteristics and crop yield. In : Improvement of Biological Productivity of Tropical Wastelands in Thailand. ed. by K. Yoda and P. Sahunalu. Dept. of Biology, Osaka City University. 281-320.
- Thoranisorn, S., P. Sahunalu and K. Yoda. 1990. Density effects and self - thinning in even - aged pure stands of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Bot. Mag. Tokyo. 103 : 283-295.
- Vergara, N. T. 1987. Agroforestry : a sustainable land use for fragile ecosystems in the humid tropics. In : Agroforestry : realities, possibilities and potentials. ed. by H. L. Gholz. Martinus Nijhoff Publishers with ICRAF. 7-19.
- Wiersum, K. F. 1988. Viewpoints on agroforestry. 2nd renewed edition. Agricultural University Wageningen, The Netherlands. 256 pp.
- Yoda, K. and P. Sahunalu. (eds). 1991. Improvement of Biological Productivity of Tropical Wastelands in Thailand. A report of the Thailand - Japan Cooperative research. Dept. of Biology, Osaka City University. Japan. 350 pp.
- Young, A. 1989 a. Agroforestry for soil conservation. CAB International and ICRAF. Nairobi, Kenya. 276 pp.
- Young, A. 1989 b. The environmental basis of agroforestry. In ; Meteorology and agroforestry. ed. by W. S. Reifsnyder and T. O. Darnhofer, ICRAF. Nairobi, Kenya. 29-48.